El Futuro de la Ingeniería Industrial: Retos Oportunidades en un contexto de Inflexión Global

XVº Congreso Internacional de Ingeniería Industrial

Libro de Actas

COINI 2022

aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Universidad Nacional de Mar del Plata

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata | Noviembre 2022

Información Editorial

Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines -AACINI
Actas del XV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial y Afines : el futuro de la Ingeniería Industrial: retos y oportunidades en un contexto de inflexión global / Compilación de Antonio Oscar Morcela ... [et al.]. - 1a ed - Mar del Plata : Universidad Nacional de Mar del Plata, 2024.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-811-163-6

1. Ingeniería. 2. Ingeniería Industrial. I. Morcela, Antonio Oscar, comp. II. Título.
CDD 620.007

ISBN 978-987-811-163-6

CC BY NC ND

Universidad Nacional de Mar del Plata
Rector: CPN Alfredo LAZZERETTI
Vicerrectora: Ab. Silvia BERARDO

Facultad de Ingeniería
Decana: Esp Ing. Ana del Valle SANCHEZ
Vicedecano: Esp. Ing. Francisco José ALVAREZ
Secretario Académico: Dr. Omar Gustavo ZABALETA
Secretaría de Investigación y Posgrado: Dr. Claudio Marcelo GONZÁLEZ
Director Departamento de Ingeniería Industrial: Mg.Ing. Oscar Antonio MORCELA

Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial
Presidente: Esp. Arq. Miguel Ángel Rissetto
Vicepresidente: Ing. Jorge A. Mohamad

Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata (Eudem)

Comité Editorial

Mg. Ing. Antonio Morcela (UNMDP)
Mg. Ing. Iván Barón (FRSR)
Esp. Arq. Miguel Rissetto (AACINI)
Ing. Juan Ignacio Sáenz (FRSR)
Mg. Ing. María Victoria D'Onofrio (UNMDP)
Ing. Jacqueline Andrea Bounoure (UNMDP)
Armado, diagramación y Diseño Editorial: Esp. Lic. Jimena Lloret (FRSR)

Queda hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723
© Eudem, 2022
Jujuy 1731 Mar del Plata Buenos Aires, República Argentina
Publicado Argentina - Published in Argentina

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Índice General

	Enlace
Portada	01
Información Editorial	02
Índice General	03
Autoridades	04
Palabras de Bienvenida	06
Agenda	09
Historia del Departamento Anfitrión	14
Álbum Fotográfico	16
Trabajos Completos por Áreas	**Enlace**
Área A: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial y Responsabilidad Social Empresaria	28
Área B: Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional	186
Área C: Gestión de Operaciones y Logística	382
Área D: Gestión Económica	593
Área E: Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial	631
Área F: La Educación en la Ingeniería Industrial	804
Área G: Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento	953

AUTORIDADES

XV COINI 2022 – FI UNMDP - AACINI

CPN Alfredo Lazzeretti Rector UNMDP	Presidente Honorario
Esp. Ing. Ana Del Valle Sánchez Decana FI-UNMDP	Vice-Presidenta Honoraria
Mg. Ing. Antonio Morcela Director Ing. Industrial -FI-UNMDP	Presidente COINI
Esp. Miguel Ángel Rissetto Presidente AACINI	Vice-Presidente COINI
Mg. Ing. María Victoria D´Onofrio Vice-Directora Ing. Industrial FI-UNMDP	Secretaria COINI
Ing. Jacqueline Bounoure FI – UNMDP	Prosecretaria COINI

Coordinación General

Mg. Ing. Antonio Morcela omorcela@fi.mdp.edu.ar	FI-UNMDP
Esp. Miguel Rissetto miguelrissetto@gmail.com	AACINI / UTN

Comité Científico

Mg. Iván Barón	AACINI / UTN FRSR
Dr. Mario Lurbe	AACINI / UTN FRSC
Esp. Miguel A. Rissetto	AACINI / UTN
Mg. Ing. Antonio Morcela	AACINI /UNMDP
Dr. Fernando Salazar Arieta	REDICECIA / PUJ - Colombia
Mg. Sabrina Seltzer	Tecnológico de Monterrey - México
Lic. Carlos Rico	1°CI3 / FI-UNMDP
Ing. Nora Lucía Lladser	AACINI / JIM / UNPSJB

Comité Organizador | Temática Académica

Esp. Ing. Alejandra Esteban	FI - UNMDP
Esp. Ing. Betina Berardi	FI - UNMDP
Mg. Ing. Claudia Zárate	FI - UNMDP
Mg. Ing. María Victoria D´Onofrio	FI - UNMDP
Dra. María Velia Artigas	FI - UNMDP
Ing. Mariela Ambrústolo	FI - UNMDP
Lic. Mauricio Mackenzie	FI - UNMDP
Esp. Ing. Verónica Mortara	FI - UNMDP
Esp. Ing. Luciana Tabone	FI - UNMDP
Sra. Pía Basualdo	Personal universitario / FI - UNMDP
Srta. Natalia Schiopetto	Estudiante / FI - UNMDP
Srta. María Paula Rearte Zurlo	Estudiante / FI - UNMDP
Srta. Catalina Fregonese	Estudiante / FI - UNMDP
Sr. Santiago Mendivil Grassi	Estudiante / AArEII / FI - UNMDP

Relaciones Institucionales

Ing. Jacqueline Bounoure	FI - UNMDP
Mg. Ing. María Victoria D´Onofrio	FI - UNMDP
Esp. Miguel Rissetto	AACINI / UTN

Comunicación e Imagen

Ing. Mariela Ambrústolo	FI - UNMDP
Esp. Miguel Rissetto	AACINI / UTN

Infraestructura y Presupuesto

Esp. Ing. Marina Migueles	FI - UNMDP
Dr. Ing. Adolfo Onaine	FI - UNMDP
Esp. Ing. Betina Berardi	FI - UNMDP
Ing. León Horowicz	FI-UBA/FI-UCA/ AACINI
Esp. Miguel Rissetto	AACINI / UTN

Comité de Evaluaciones

Mg. Ing. Iván Barón | AACINI / UTN FRSR	Director General
Ing. Juan Sáenz | AACINI / UTN FRSR	Coordinador General
Ing. Javier Giunchi | UTN FRSR	Co-Coordinador General

Áreas Temáticas y Coordinadores

A: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria.	Mg. Ing. Edgardo Boschín
B: Gestión de las Organizaciones y el Conocimiento Organizacional	Ing. Jesica Romero
C: Gestión de Operaciones y Logística	Mg. Ing. Ariel Morbidelli
D: Gestión Económica	Ing. Bruno Romani
E: Innovación, Gestión de Productos, Emprendedorismo e Ingeniería Industrial	Ing. Jacqueline Bounoure
F: La Educación en la Ingeniería Industrial	Ing. Lucas Pietrelli

Moderadores y Moderadoras:

Ing. Mariela Ambrústolo
Dra. Lic. María Velia Artigas
Ing. María Betina Berardi
Ing. Jacqueline Bounoure
Ing. Guillermo Carrizo
Esp. Alejandra María Esteban
Lic. María Laura Gallegos
Esp. Marina Migueles
Mg. Alejandro Mohamad
Mg. Antonio Morcela
Esp. Verónica Mortara
Dr. Adolfo Onaine
Esp. Miguel Rissetto
Dr. Fernando Salazar Arieta
Esp.Luciana Tabone
Mg. Ing. Claudia Zarate

Presentadores y Presentadoras

Mg. Leticia Arcusin
Dra. María Velia Artigas
Ing. Mercedes Augspach
Mg. María Victoria D´Onofrio
Esp. Alejandra Esteban
Lic. María Laura Gallegos
Lic. Mauricio Mackenzie
Ing. Evelin Martínez
Mg. Antonio Morcela
Dra. Lucrecia Moro
Ing. Joaquín Negri
Ing. José Ignacio Nicolao García
Lic. Carlos Rico
Esp. Miguel Rissetto
Mg. Ing. Claudia Zárate

Palabras de Bienvenida

Mg. Ing. Antonio Morcela
Presidente COINI
Director Ing. Industrial -FI-UNMDP

En este año de festejos para nuestro Departamento, donde la carrera de Ingeniería Industrial cumple sus primeros 20 años de vida en la Universidad Nacional de Mar del Plata, nos propusimos organizar este XV COINI, que será una fiesta del reencuentro después de dos años críticos que signaron el quehacer de las universidades y de la sociedad toda.

La experiencia de la virtualidad nos dejó un claro mandato que impulsó la necesidad de realizar el congreso en forma bimodal. La excelencia académica está asegurada con los más de 50 panelistas y conferencistas nacionales e internacionales, que engalanarán el evento, como así también por los más de 100 trabajos presentados por 255 investigadores e investigadoras de toda la Iberoamérica.

Tendremos un espacio especialmente destinado a las 3° Jornadas Internacionales de la Mujer en la ingeniería industrial que reunirá a referentes disciplinares de siete países, y también podremos disfrutar del Primer Conversatorio de Ingeniería Industrial e Informática (1°CI3) que se desarrollará en forma virtual.

Como en todos los COINI, tendremos espacio para realizar la Reunión de Directores y Directoras de Ingeniería Industrial y Afines de Argentina, que en esta oportunidad tendrá como anfitrión al Centro y Colegio de Ingenieros de Mar del Plata, que desde hace casi 90 años agrupa a los y las profesionales de la ingeniería local. Asimismo, realizaremos en conjunto con la AArEII, la primera Reunión de Delegados Estudiantiles en el marco de un COINI, con la convicción de que esta iniciativa será sostenida en adelante como otra oportunidad de trabajo conjunto entre docentes y estudiantes de la carrera.

Estamos convencidos de que no hay un escenario mejor que la ciudad de Mar del Plata, por su hospitalidad, su belleza, y por la calidad de su gente. El equipo de trabajo se ha esmerado, y ya todo está listo, para el disfrute y la camaradería.

Les doy la bienvenida en nombre de este gran equipo y deseo que tengamos un hermoso y fructífero reencuentro

Mg. Ing. Antonio Morcela
Director del Departamento de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería – UNMDP
Presidente del XV COINI 2022

Palabras de Bienvenida

Arq. Miguel Angel Risetto

Presidente AACINI
Vice-Presidente COINI

Tengo el orgullo de hacer este prólogo para la nueva edición Libro de Memorias del XV COINI 2022, nuestro tradicional Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, organizado por la AACINI, Asociación Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial y Afines y por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Para quienes no nos conocen, la AACINI es la única Red de Ingeniería Industrial, que nuclea a todas las carreras de la especialidad del país, más de 60, tanto de universidades públicas como privadas. Comenzamos a trabajar hace ya casi 20 años -en el año 2006- organizando el 1er COINI, con mucha humildad y expectativas. Y hoy llevamos ya más de 12 años como representantes formales y referentes ante el CONFEDI, el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

Nuestro primer objetivo en aquellas épocas fue brindar un espacio que favorezca la producción y difusión de conocimiento, siempre dentro de un ámbito de camaradería y afecto.

Así llegamos a este 2022 con: 15 Congresos Internacionales realizados (el de 2020 -Virtual en pandemia-, premiado por la UNI del Perú como el mejor en su tipo), más de 1500 trabajos publicados en nuestros libros (favoreciendo las acreditaciones de carreras e investigaciones, tanto nacionales como extranjeras), 9 ediciones de la Revista AACINI-Riii, doblemente indexada, 3 Jornadas Internacionales de la Mujer en Ingeniería Industrial, y gran cantidad de reuniones de Directores de Carrera y de Investigación a nivel nacional e internacional, entre tantas otras acciones concretadas.

En cuanto al XV COINI 2022, se realizó en modalidad híbrida, lo cual permitió que muchos países de América Latina (e incluso España) pudieran participar presencialmente y además interactuar sincrónica y asincrónicamente.

El encuentro presencial nos permitió –luego de dos años de virtualidad obligada por el Covid19-, volver a compartir momentos de amistad y cordialidad que nos caracterizan y que jamás podrán reemplazarse por una imagen digital.

Así, se desarrollaron en el congreso cantidad de actividades, tales como conferencias, paneles, entrevistas y talleres excepcionales, el Encuentro de Vinculación Internacional AACINI-COINI-REDICECIA, la III JIM, Jornada Internacional de la Mujer y la tradicional Reunión de Directores de Carrera de la República Argentina. Además, por primera vez en el marco del COINI, se realizó el "Encuentro de Representantes de AArEII" de la Asociación de Estudiantes de Ingeniería Industrial y Afines.

Y como corolario, este gran Libro de Memorias - con Registro ISBN, como todos los que editamos-, incluye los resúmenes y trabajos que se presentaron durante los 6 días en que se desarrolló el COINI 2022.

Podrán disfrutar aquí de una demostración científica y académica de excepción, con temas de gestión, innovación, técnicos y de economía, emprendedorismo, educación, y otros que hacen de estos un material de lectura apasionante.

Para ir concluyendo, este XV COINI 2022 cierra una etapa inolvidable de mi vida, ya que me despido como Presidente de la AACINI, función que desempeñé desde su fundación.

Es por ello que quiero agradecer a todos sus miembros –la gran Comisión Directiva y los excelentes Directores de carrera que me acompañaron y ayudaron durante tanto tiempo- por su dedicación, compromiso, sensibilidad y apoyo incondicional. Sin su colaboración, no habríamos podido alcanzar nuestros objetivos– cada vez más ambiciosos y renovados- llevando a cabo proyectos tan significativos para nuestra comunidad.

Aquí debo destacar que la AACINI no solo dedicó sus esfuerzos a cuestiones de índole académico, científico o profesional, sino también de contribución a la sociedad.

Y en tal sentido no puedo dejar de mencionar a nuestro programa de Formación del Saber SER, presentado al CONFEDI y plasmado, por ejemplo, en el "Curso de Formación en Liderazgo y Emprendedorismo para Jóvenes reclusos", desarrollado en Bogotá, Colombia, junto a la Fundación Monarca, para ayudar en la reinserción de internos a la sociedad.

Sé que el nuevo Presidente de la AACINI, el querido Dr. Ing. Mario Lurbé, hará un gran trabajo, acompañado de nuestra valiosa Comisión Directiva y de los apreciados Directores de Carrera.

Juntos, conseguiremos nuevos logros contribuyendo al crecimiento y desarrollo de nuestra comunidad y a su vez al éxito de la AACINI.

Por último, no alcanzan las palabras para agradecer a mi querida AACINI por haberme distinguido con la designación de Presidente Honorario de la Asociación, y al Mg. Ing. Antonio Morcela, que como Director de la UNMdP y gran anfitrión del XV COINI 2022, me entregó un hermoso presente, que recordaré y guardaré por siempre.

Entonces…

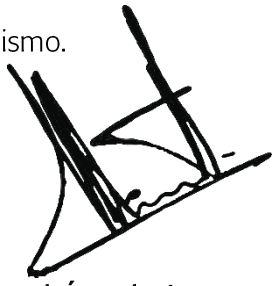
Sigamos trabajando juntos por una ingeniería y educación mejor, para tener profesionales creativos y emprendedores…

Pero no olvidemos que, además de formar buenos ingenieros, debemos fundamentalmente formar buenas personas!

Y tengamos muy presente que en estos tiempos en donde la tecnología avanza tan abrumadoramente, ganando cada vez más espacio por sobre las personas, el verdadero SER HUMANO, con virtudes éticas y morales, es el único que puede resguardar el futuro de la sociedad tal y como la conocemos.

Recordemos, siempre y por sobre todo, en amar al prójimo como a uno mismo.

.



Miguel Ángel Rissetto
Presidente AACINI (2011-2022)
Profesor Titular-Investigador
Especialista Arquitecto

Agradecimientos:

A los autores de los trabajos que integran este Libro de Memorias del COINI, por haber confiado en nuestra publicación.
A los Directores de Carrera de Ingeniería Industrial de la República Argentina, al CONFEDI y demás Auspiciantes nacionales e internacionales del COINI y a Virtual Ed por apoyar siempre con tan buena disposición a la Red AACINI y sus eventos.
A los estudiantes miembros de AArEII por su entusiasmo en participar de nuestro COINI.
A los asistentes en general -investigadores, docentes, alumnos, autoridades, funcionarios, conferencistas y expositores- argentinos y de los países hermanos de Latinoamérica y España por su participación en el COINI 2022.
A la Facultad de Ingeniería de la UNMDP y autoridades por ser sede del evento.
A los Coordinadores, evaluadores e integrantes del Comité Científico y Editorial del COINI/AACINI y los más de 100 evaluadores.
Al equipo de trabajo del Departamento de Ingeniería Industrial y a su Director Antonio Morcela por la gran organización del evento y por la publicación de este libro.
A todos y cada uno de los integrantes de la Comisión Directiva AACINI por su visión y generosidad de tantos años puestos desinteresadamente al servicio de la ingeniería industrial y de la educación toda.

AGENDA

HORA	LUNES 7 DE NOVIEMBRE		
10:30 a 11:00	**Acto de Apertura COINI (virtual)** CPN Alfredo Lazzeretti (Rector UNMDP), Ing. Ana Del Valle Sánchez (Decana FI-UNMDP), Ing. Antonio Morcela (Presidente XV COINI) y Arq. Miguel Ángel Rissetto (Presidente AACINI)		
11:00 a 12:30	ENCUENTRO DE VINCULACIÓN INTERNACIONAL AACINI - COINI *Armado y Formalización de la "Red Internacional de Ingeniería Industrial y Afines"*		*Moderan:* Esp. Miguel Rissetto Mg. Alejandro Mohamad Ing. María Laura Gallego Dr. Fernando Salazar Arieta Mg. Antonio Morcela
12:30 a 13:10	Conferencia *"El impacto de la ciencia y la tecnología en la educación (Laboratorios remotos y virtuales – Ciencias de datos)"* **Mg. Sabrina Seltzer** – Directora de Transferencia y Emprendimiento del Instituto para el Futuro de la Educación - Instituto Tecnológico de Monterrey (México)		*Presenta*: Dra. Lucrecia Moro (UNMDP – Argentina)
13:10 a 14:00	Break		
14:00 a 15:00	Panel – *El mar como motor de Desarrollo Local* **Ing. Valentina Sánchez** – QM Equipment (Mar del Plata) **Ing. Carlos Ordano** (Camarón Brujo – Mar del Plata)		*Modera*: Ing. Guillermo Carrizo (INTI / UNMDP – Argentina)
15:00 a 15:30	Panel – *Perfiles ingenieriles para la industria tecnológica* *- Ing. Leandro Perversi (Accenture)* *- Ing. Johi Kugler (Accenture)* *- Ing. Nicolas Della Roca (Accenture)*		*Presenta*: Lic. Mauricio Mackenzie (UNMDP – Argentina)
15:30 a 17:30 Talleres Interactivos	Taller **Impacto de la aplicación de Kanban y Flujo en un proceso simulado** María Belén Montaldo y Constanza Torres Sanmarco (SAMECO)	Taller **Odoo como solución de negocios** Ing. Gabriel Mammoli e Ing. Iván Rojas (Empresa Nybble Group)	Taller **Introducción al Aprendizaje Supervisado en Orange** Dra. Ma. Loecelia Ruvalcaba (México)

Hora	Martes 8 de noviembre	
9:00 a 10:30	**Presentación de Trabajos** – Salas simultaneas	
10:30 A 11:00	Conferencia **"La Inteligencia Arti"** **Ing. Juan José López Murphy** (Globant)	*Presenta*: Esp. Alejandra Esteban (UNMDP – Arg.)
11:00 a 11:30	Panel – ***Energía para transformar el futuro*** **Ing. Luciana Rodríguez** (Secretaría de Energía – M.E. de la Nación) **Ing. Francisco Grosse** (Tecpetrol)	*Modera*: Ing. Mariela Ambrústolo (UNMDP – Argentina)
11:30 a 12:00	Entrevista – ***Contra viento y marea: un ingeniero Industrial liderando una PyME familiar*** **Ing. Lautaro Godoy** (Astilleros TPA – Mar del Plata)	*Presenta*: Mg. Antonio Morcela (UNMDP - Argentina)
12:00 a 14:00	**Presentación de Trabajos** – Salas simultaneas	
14:00 a 15:00	Break	
15:00 a 15:10	**Apertura JIM**	
15:10 a 15:40	Entrevista – ***Innovación Sustentable*** **Ing. Ángela de Moura Ferreira Danilevicz** (Brasil)	*Presenta*: Mg. Leticia Arcusin (UNL - Argentina)
15:40 a 16:10	Entrevista – ***Tecnología y cambio climático*** **Ing. Gloria Touchard** (Gerente de Comercialización Global – Nokia)	*Presenta:* Ing. Mercedes Augspach (Universidad Austral - Argentina)
16:10 a 17:40	Panel de debate internacional Iberoamericano - ***El perfil de ingeniería Industrial para el ejercicio libre de la profesión*** Ing. Luz Marina Patiño (Colombia); Ing. Inmaculada González Alonso (España); Ing. Clara Almada (Paraguay); Dra. Ma. Loecelia Ruvalcaba (México); Dra. Gloria Esther Valdivia Camacho (Perú); Ing. Ángela de Moura Ferreira Danilevicz (Brasil); y Mg. Leticia Arcusin (Argentina)	*Presenta:* Ing. Evelin Martínez (UNPSJB - Argentina)

1° Conversatorio de Ing. Industrial e Informática – 1° CI3

Hora	Miércoles 9 de noviembre	
12:30 a 12:45	Apertura	
12:45 a 13:30	Presentación del **Programa de Seguridad Informática**	*Presenta*: Lic. Carlos Rico
13:30 a 14:00	Presentación de experiencia: **Proyecto final conjunto entre Ing. Industrial e Informática** Ing. Ind. Nicolás Zunda – Ings. Inf. Mauricio Lima y Fernando Navarro	*Presenta*: Ing. José Ignacio Nicolao García
14:00 a 14:30	Conferencia - **IoT y su impacto en la vida contemporánea** Ing. Hernán Hinojal (UNMDP)	
14:30 a 14:50	Disertación - **Planeamiento Estratégico: desde las ideas a la realidad** Dr. Grover E. Villanueva Sánchez (Universidad Nacional de Trujillo; Colegio de Ingenieros – Perú)	PANEL INTERDISCIPLINARIO
14:50 a 15:10	Disertación - **I4.0: del presente al futuro** Ing. René J. Teseyra (Universidad Católica de Santiago del Estero; Equipo COIN (miembro), Universidad Nacional de Luján - Argentina)	
15:10 a 15:30	Disertación - **Analítica, puentes múltiples entre la Inteligencia Artificial, la Matemática y la Investigación de Operaciones** Lic. Jorge E. Sagula (Departamento Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Argentina; Equipo COIN (Director)	
15:30 a 16:00	Espacio de intercambio en el panel interdisciplinar	
16:00 a 16:30	Conferencia - **Resolver implica Interdisciplinariedad, en permanente búsqueda de la Transdisciplinariedad** Lic. Jorge E. Sagula (Departamento Ciencias Básicas, Universidad Nacional de Luján, Argentina; Equipo COIN (Director)	
16:45	Cierre 1° CI3	

Hora	Jueves 10 de noviembre	
8:30 a 10:00	Acreditaciones + Coffee Break	
10:00 a 10:20	**Apertura COINI Presencial** CPN Alfredo Lazzeretti (Rector UNMDP), Esp. Ana Del Valle Sánchez (Decana FI-UNMDP), Mg. Antonio Morcela (Presidente XV COINI) y Esp. Miguel Ángel Rissetto (Presidente AACINI)	
10:20 a 11:00	Conferencia *"El futuro de la Ingeniería Industrial: retos y oportunidades en un contexto de inflexión global" - Ing. Néstor Braidot*	*Presenta*: Esp. Miguel Rissetto (AACINI)
11:00 a 12:30	Panel – *Perspectivas curriculares para la Ing. Industrial del 2030* **Dr. Mario Lurbe** (Presidente entrante AACINI) **Luciano Jesús Martínez** (Presidente AAREII) **Ing. Ana Del Valle Sánchez** (Decana de Ing. MDP)	*Modera*: Mg. Antonio Morcela (UNMDP – Argentina)
12:30 a 14:00	Pausa	
14:00 a 16:00	**Presentación de Trabajos** - Salas simultáneas	
15:00 a 15:30	Entrevista – *Economía circular y ODS desde la visión de una ing. Industrial: vehículos de alto desempeño* Dra. Alejandra Efron (UADE / Vicepresidente del Foro Internacional de Tecnología de Transporte Carretero)	*Presenta*: Mg. Claudia Zárate (UNMDP - Argentina)
15:30 a 16:00	Entrevista - *Rol del Ing. Industrial como partner estratégico para el crecimiento de las empresas* Ing. Eugenia Lucía Lazzaroni Garat (Ingeniera de Desarrollo - PepsiCo)	*Presenta:* Mg. Leticia Arcusin (UNL - Argentina)
16:00 a 16:30	Entrevista – *Desarrollo y puesta en valor de los Start Up universitarios* Dra. Gloria Esther Valdivia Camacho (Perú)	*Presenta:* Ing. María Laura Gallegos (UTN-FRSN - Argentina)
16:30 a 17:00	Entrevista - *Formadores de formadores* Ing. Inmaculada González Alonso (España)	*Presenta:* Ing. Evelin Martínez (UNPSJB – Arg.)
17:00 a 17:30	Break	
17:30 a 18:10	Conferencia – *Ciencia, Tecnología y Sociedad: cómo pensar fuera de la caja en el Sistema Científico argentino* **Dra. Vera Álvarez** (CONICET / UNMDP / Presidenta de la Fundación Argentina de Nanotecnología - FAN)	*Presenta:* Mg. María Victoria D´Onofrio (UNMDP – Argentina)
18:10 a 18:30	**Cierre JIM**	

Hora	Reunión de Directores	Lugar
12:30 a 15:00	Agenda a confirmar	Centro de Ingenieros Mar del Plata
21:00 a 23:00	Cena de Camaradería:	Cervecería **OGHAM**

HORA	VIERNES 11 DE NOVIEMBRE		
9:00 a 10:30	Presentación de Trabajos – Salas simultáneas	Taller de **Gamificación en el proceso de transferencia de conocimiento** Marianela Lígori / Nehuén Gramigna (INTI)	
10:30 a 11:00	Conferencia: ***Cómo enseñar el Saber Ser en Ingeniería Industrial*** Arq. Miguel Risseto y Ing. Federico Mendizábal		*Presenta:* Dra. María Velia Artigas (UNMDP – Argentina)
11:00 a 11:30	Cofee break		
11:30 a 12:00	Panel – *El cuidado del Mar como estrategia de desarrollo urbano sostenible* **Ing. Marcelo Scagliola** (Obras Sanitarias Sociedad de Estado - OSSE)		*Presenta*: Ing. Joaquín Negri (OSSE / UNMDP – Argentina)
12:00 a 12:45	Panel - *Mirando al cielo: la industria satelital* - **Ing. Ignacio Pintos Paladea** (Start Up InnovaSpace) - **Tec. Luca Uriarte** (Emprededor de la EET 3) - **Neutrón** (Aceleradora)		*Modera*: Ing. Jacqueline Bounoure (UNMDP – Argentina)
12:45 a 14:00	Pausa		
14:00 a 15:30	**Presentación de Trabajos** - Salas simultáneas	Taller de **Saber Ser** Ing. Federico Mendizabal / Esp. Miguel Rissetto	
15:30 a 16:00	Cofee break		
16:00 a 16:45	Panel: *Con los pies en la tierra: Economía del conocimiento para el Desarrollo local* - **Mg. Cintia Hernández** (Ministerio de Producción – Directora para la Generación de Nuevas empresas de la Economía del Conocimiento) - **Dr. Matías Mancini** (Min. de Producción – PBA - Dirección de Promoción Científico-Tecnológica) - **Ing. Bernardo Martínez Sáenz** (Presidente de la Asociación de Tecnologías de la Información y la Comunicación de Mar del Plata y Zona - ATICMA)		*Modera*: Mg. Antonio Morcela (UNMDP – Argentina)
17:30 a 17:45	Primera Jornada de Galardones: **PREMIOS ARGENTUM 2022 a las Buenas Prácticas de la Ingeniería Industrial** Esp. Miguel Rissetto (AACINI); Mg. Antonio Morcela (Presidente XV COINI); Ing. Pedro Basara (Sec. Gral AACINI)		
17:45 a 18:00	**Clausura COINI 2022** / Premiaciones Esp. Miguel Rissetto (AACINI); Mg. Antonio Morcela (Presidente XV COINI); Esp. Ana Del Valle Sánchez (Decana de Ingeniería – Mar del Plata)		

HORA	SÁBADO 12 DE NOVIEMBRE
10:00 a 13:00	Visita Técnica: Centro de Abastecimiento "Ing. Cosme Evans" | Torre Tanque (OSSE) Charla a cargo del Ing. Joaquín Negri (OSSE) Paseo y visita a sitios turísticos de Mar del Plata

Historia del Departamento de Ingeniería Industrial. UNMDP

El 27 de marzo de 1990, por OCA 394/90 se crea el Departamento de Gestión Industrial, sucediendo al Departamento de Economía Organización y Legal. Los objetivos fueron fortalecer el Área de Gestión Industrial, brindando servicios de extensión y divulgación en los temas de su competencia. En tal sentido, el Departamento desarrolla una oferta educativa compuesta por asignaturas tradicionales obligatorias y nuevas asignaturas creadas de carácter optativo, abordando en general contenidos complementarios de los planes de estudio de las distintas carreras de Ingeniería que se dictaban en esta Facultad. A mediados del mismo año, se crea el Laboratorio de Análisis y Ensayos Textiles mediante OCA 670/90 y en 1992 la asignatura Introducción a la Calidad Textil. El propósito de la asignatura era que el estudiante tenga un concepto preciso de la problemática, terminología y variables características de la Industria Textil, facilitando esta forma la inserción de los futuros egresados en el sector. Además, se ofrece como curso de extensión para aquellos profesionales que trabajan en empresas textiles y desean capacitarse, siendo ésta la única formación específica ofrecida en el país. En 1995, ante la falta de requisitos de servicios por parte de la Industria Textil, el Laboratorio de Análisis y Ensayos Textiles fue desmantelado y la asignatura dejó de dictarse.

Desde el año 1983 hasta el año 1996 se dictó el Curso de Perfeccionamiento en Higiene y Seguridad en el Trabajo destinado a Ingenieros (excepto Ing. Agrónomos), ante la demanda de contar con expertos en el tema ya que el progreso científico-tecnológico comenzó a significar no solo un desarrollo en sí mismo, sino que trajo aparejado la implementación de acciones tendientes a proteger el medio ambiente. En 1999, mediante la OCS 1726/99 se creó la carrera de posgrado Especialista en Higiene y Seguridad en el Trabajo destinado a Ingenieros (excepto Ing. Agrónomos) y Licenciados en Química. Esta carrera cuenta con la acreditación de la CONEAU mediante Resolución 093/01. Su primer egresado es Rubén Enrique Quatrocchio (11/10/2000). Los fundamentos para su creación fueron: que una correcta gestión ambiental sería la variable de aceptación en los principales mercados, que el surgimiento de legislaciones cada vez más exigentes obligan a las empresas a controlar el impacto ambiental de todas las actividades que perjudiquen al ecosistema, que la creciente competitividad existente entre las empresas exige a tomar verdadera conciencia de la importancia en el aumento de la productividad y que condiciones laborales adecuadas proporcionan seguridad al trabajador.

En 1996 se crea el primer Grupo de Investigación y/o Extensión con dependencia del Departamento (OCA 198/96), denominado Ingeniería Económica, Calidad e Investigación Operativa, el cual cambia de nombre en el año 1999 por Gestión Industrial, que se mantiene hasta la fecha (OCA 189/99). Este grupo concentró todas las actividades de investigación y extensión hasta el año 2007, que se crea el segundo Grupo de Investigación y/o Extensión nombrado Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente (OCA 1358/07), ambos vigentes hasta la actualidad.

En 1999, mediante OCS 1725/99, se aprueba la carrera de Ingeniería Industrial como segundo título, la cual cuenta con el reconocimiento oficial del Ministerio de Educación a través de la Resolución 104/2000. El primer graduado Ingeniero Industrial de segundo título es el Ingeniero Sergio Company (18/10/2002). En ese mismo año, el 28/10/2002 se aprueba el primer plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial, como título de grado dentro del ámbito de la Facultad de Ingeniería de la UNMDP. (OCA 121/02 - OCS 1228/02 - Res. CONEAU 612/07). Su primer egresado es el Ingeniero Industrial Bernardo Martínez Saenz (17/07/2007). En consonancia con la nueva oferta académica, el Departamento cambia su denominación por la de Departamento de Ingeniería Industrial.

En el marco del Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos GTEC 2008 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) junto a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) presentaron un Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos. Así surgió la carrera de Especialización en Gestión de la Tecnología y la Innovación (OCA-570/09 - OCS 005/09 - Res. CONEAU 1049/10), contando con su primer egresado en el año 2013, el Especialista Roberto Giordano Lerena (28/10/2013). La planta docente del

Departamento se ha incrementado en función de las necesidades presentadas a través de los años, también se ha incrementado en formación, contando en la actualidad con Doctores, Magísteres, Especialistas y Diplomados en las diferentes áreas que lo componen.

A través de los Proyectos de Mejoramiento de la Enseñanza en Ingeniería (PROMEI, 2005) y de la Ingeniería Industrial (PROMEII, 2007) se llevaron a cabo acciones tendientes a consolidar la carrera tanto desde el punto de vista académico como así también desde la infraestructura. Se incorporaron nuevos cargos docentes en número y dedicación a los efectos de garantizar las actividades programadas de docencia, investigación y vinculación con el medio. Se adquirieron licencias de Software para las clases y bibliografía. También se planificó la creación de tres laboratorios: de Usos Múltiples para Asignaturas de Ingeniería Industrial, de Simulación de Procesos Productivos, y de Higiene y Seguridad Laboral.

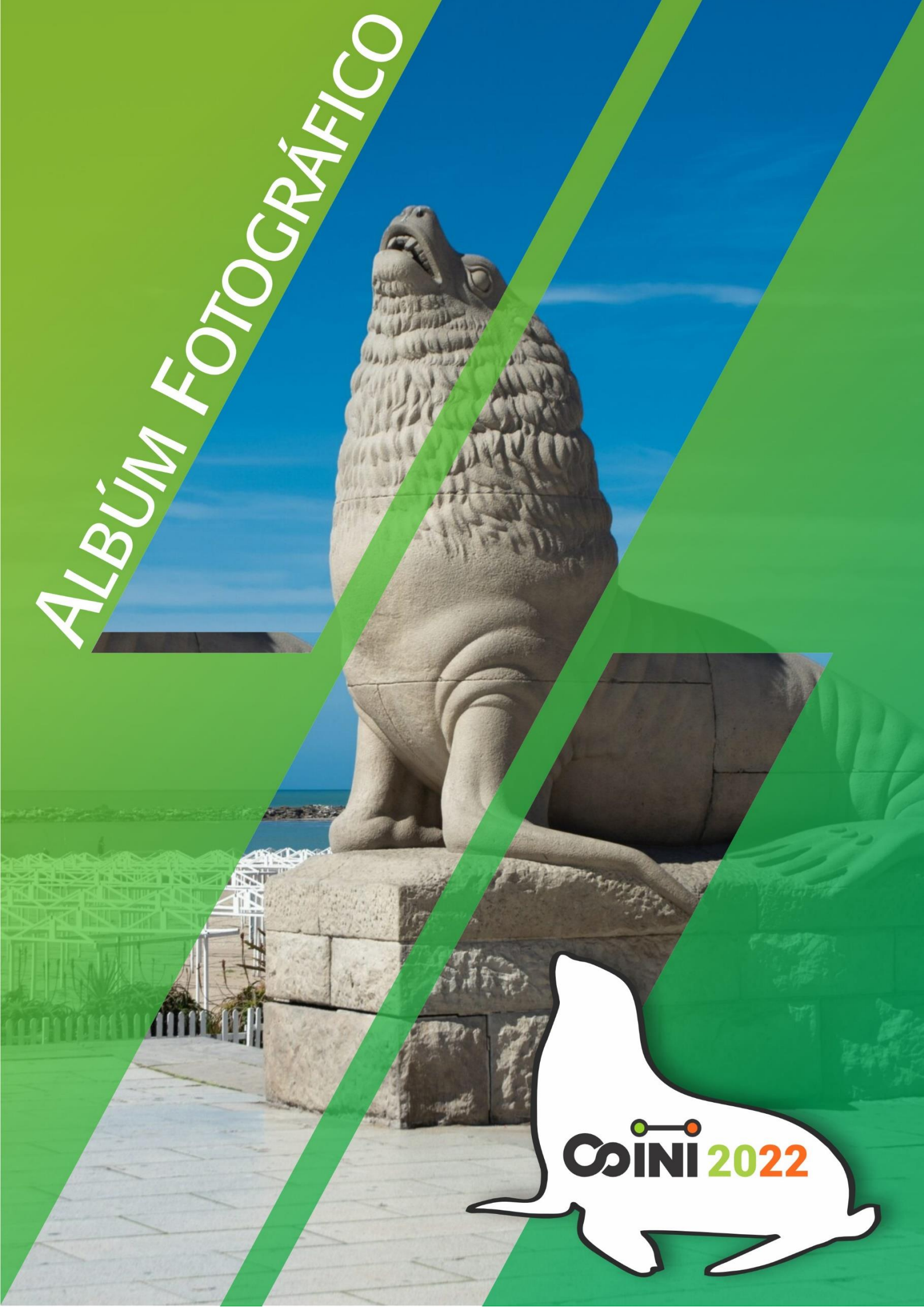
Como parte del PROMEI II se crea en 2008 el Observatorio Tecnológico (OTEC), dependiente del Departamento de Ingeniería Industrial (RD 1/2008). Su creación facilitó establecer el marco organizativo e institucional para las actividades relacionadas con el "Desarrollo de herramientas de apoyo a la Gestión de la Innovación Tecnológica (GIT)", las que se inscriben en la consolidación de un modelo de universidad innovadora, caracterizada por su compromiso con el desarrollo de su territorio y como aporte a la construcción de un sistema regional, provincial y nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva. Otro proyecto al que se dio inicio a través del PROMEII fue el de "Consultoría en psicología del trabajo para el mejoramiento de la inserción laboral de los jóvenes graduados de las carreras de ingeniería", que se denomina desde el 2009 Proyecto S.O.L. El Proyecto S.O.L. (Servicio de Orientación Laboral) es un servicio gratuito de consultoría profesional para todos los estudiantes próximos a graduarse de la Facultad de Ingeniería, para orientarlos en su presentación a entrevistas de trabajo. A partir del año 2012 se brinda para el personal de las empresas el taller "Programa Despertar", a cargo del grupo de Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente. La finalidad es que los participantes comprendan e integren en su desempeño laboral principios y herramientas de las 5S de calidad, mejorando su disciplina y motivación para lograr un ambiente de trabajo ordenado y eficiente para mejorar la productividad.

En 2020 se crea el Grupo de Investigación en Gestión de la Innovación Tecnológica y la Economía del Conocimiento (OCA 1482/2020) que tiene como objetivo general estudiar el impacto de los sistemas y desarrollos tecnológicos en el quehacer de las organizaciones. En 2022 se creó el Programa de Vigilancia e Inteligencia Estratégica de la UNMDP, dependiente de la Secretaría de Transferencia y con la participación activa del Observatorio tecnológico – OTEC, y en el marco de dicho programa se ha conformado el Nodo Territorial VINTEC dedicado a la Nanociencia y Nanotecnología, y se encuentra en proceso de conformación otro Nodo territorial dedicado a las Energías Marinas. También en este 2022 se ha integrado el Laboratorio de Manufactura Integrada – CIM, a la Red Nacional de Laboratorios Remotos, gracias al esfuerzo conjunto de los Departamentos de Ingeniería Industrial, Informática, Mecánica, y Electrónica y Computación.

En los 20 años de implementación de la carrera, se ha consolidado como la segunda terminal con más ingresantes y terminal con más graduados en la Facultad, concentrando el 35% de los graduados de la Facultad en 2021.

El Departamento de Ingeniería Industrial es dinámico y ha crecido a lo largo del tiempo acompañando las necesidades de la industria local y de los lineamientos estratégicos que la impulsan, y cierra este su 20° aniversario con este maravilloso XV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, que recibiremos en Mar del Plata.

ALBÚM FOTOGRÁFICO



OSINI 2022

aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL de MAR DEL PLATA

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Mar del Plata

CoINI 2022

Mar del Plata
7 al 11 de Noviembre
Espacio UNZUE

GRUPO del mar

Cena de Camaradería

CERVECERIA
OGHAM

Diagonal Pueyrredón 2995,
Mar del Plata, Buenos Aires,
Argentina

Mar del Plata
10 de Noviembre
Cervecería OGHAM

III JIM

Jornada Internacional de la Mujer en Ingeniería Industrial y Carreras Afines

"Son nuestras decisiones las que muestran quiénes somos realmente, más que nuestras habilidades"
J. K. Rowling.

Mar del Plata
8 de Noviembre
Espacio UNZUE

Panel de Debate

"El perfil de ingeniería Industrial para el ejercicio libre de la profesión"

Ing. Clara Almada (Paraguay)
Mg. Leticia Arcusin (Argentina)
Ing. Ángela de Moura Ferreira Danilevicz (Brasil)
Ing. Inmaculada González Alonso (España)
Ing. Luz Marina Patiño (Colombia)
Dra. Ma. Loecelia Ruvalcaba (México)
Dra. Gloria Esther Valdivia Camacho (Perú)

Modera: Ing. Evelin Martínez

CENTRO DE INGENIEROS
DE MAR DEL PLATA
Fundado el 31 de julio de 1934

REUNIÓN DE DIRECTORES

Mar del Plata
10 de Noviembre
Centro de Ingenieros

COLEGIO DE INGENIEROS
de la Provincia de Buenos Aires
DISTRITO II

"I Encuentro de Representantes de AArEII en el marco del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial" COINI 2022

En el cierre del XV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial (COINI 2022), fue institucionalizado el "Encuentro de Representantes de AArEII en el marco de los Congresos Internacionales de Ingeniería Industrial", a partir del 2022. Se encontraban presentes el nuevo Presidente de AACINI (Mario Lurbe), miembros de su Comisión Directiva, Directores de Departamento y el Pro Secretario de RRII de AArEII (Luciano Martínez). (11 de Noviembre).

Previamente, el día 9 de noviembre en modalidad virtual, se realizó un encuentro del Presidente y la Secretaria del COINI 2022 (Antonio Morcela y María Victoria D´Onofrio respectivamente) con los y las representantes de AArEII, entre los cuales se encontraba su Vice Presidenta (Mariana Romano) y se acordó la denominación "I Encuentro de Representantes de AArEII en el marco del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial – COINI 2022".

Esta información fue entregada a la Comisión Organizadora del COINI 2023, que se realizará en la UTN Regional San Nicolás, quienes se comprometieron a ponerse en contacto con el Presidente de AArEII.

En el "I Encuentro de Representantes de AArEII en el marco del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial – COINI 2022" se conversó sobre las posibilidades de que AArEII tenga una representación con más influencia dentro de las Unidades Académicas, y que sea convocada cuando se planifican y/o se resuelven temas cruciales para los y las estudiantes de Ingeniería Industrial. Sin embargo, se concluyó que la representación legal de los y las estudiantes en las Universidades está a cargo de las agrupaciones políticas que conforman los Centros de Estudiantes y los Órganos de Gobierno.

A raíz de lo anterior, se buscaron alternativas para que la AArEII ganara espacio dentro del Cuerpo Estudiantil en las Unidades Académicas, sin interferir en las actividades político/gremiales de los representantes legítimos. Las propuestas fueron las siguientes:

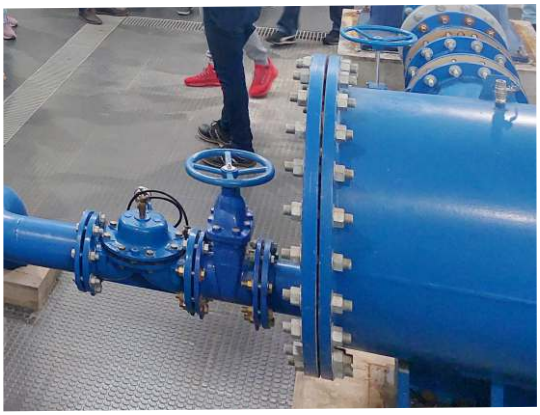
- Que AArEII junto con los Directores de Departamento acuerden una metodología para fomentar el intercambio de estudiantes y facilitar la movilidad.
- Que AArEII junto con los Directores de Departamento acuerden una metodología para fomentar el intercambio de docentes y facilitar la movilidad (también podría ser virtual).

Reunión Virtual
9 de Noviembre
Mar del Plata

Mg. Ing. María Victoria D´Onofrio
Secretaria XV COINI 2022

Visita Técnica:

Centro de Abastecimiento "Ing Cosme Evans"



El Centro de Abastecimiento de Agua **"Cosme Evans"**, ubicado en las calles Tucumán y Almafuerte de la ciudad de Mar del Plata fue inaugurado en el año 2019. Su construcción potenció el servicio de agua potable a 13 barrios de la ciudad. Cuenta con dos cisternas semienterradas y una capacidad total de almacenamiento de 15 millones de litros de agua, lo que posibilita una autonomía de funcionamiento de 10 horas. Asimismo, 10 electrobombas impulsan 6 millones de litros de agua por hora, evidenciando mejoras y mayor fidelidad a todo el sistema. Los equipos cuentan con 400 kilowatts de potencia y funcionalidad automática, por lo que son operados a distancia desde la sede central que OSSE posee en el predio de French al 6700.

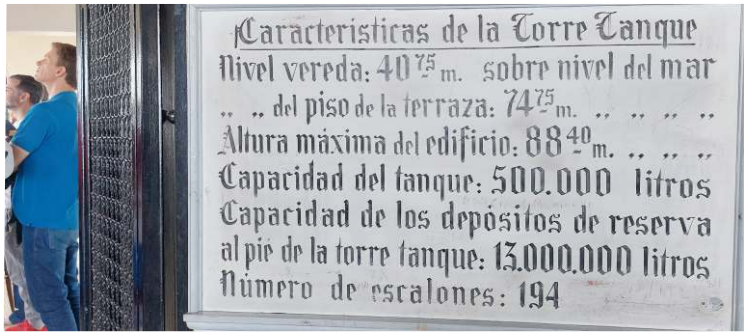
La visita fue guiada por el Esp. Ing. Joaquín Negri, Gerente de Logística Operativa de OSSE y docente de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP.

Visita Técnica:

Torre Tanque - Obras Sanitarias de Mar del Plata (OSSE)

La Torre Tanque fue inaugurada el 30 de enero de 1943. Fue construida por el Arquitecto Cornelio Lange, ganador del concurso de proyectos realizado para tal fin.

Según registros de la época, asistieron al acto de su inauguración quien fuera Presidente de la Nación en ese momento, el Dr. Ramón Castillo, el Gobernador de la Provincia de Buenos Aires Dr. Rodolfo Moreno y el Ministro de Obras Públicas Dr. Salvador Oría, entre otros funcionarios y personalidades que viajaron especialmente.



Construida en el punto más alto de la Loma Stella Maris con estilo tudor, pintoresquista de inspiración nórdica, es una reliquia histórica, símbolo de la llegada del agua corriente a la ciudad de Mar del Plata.

A nivel vereda , su altura es de 40,47 m a nivel del mar. Desde el mirador la altura es 74,75 m y desde la punta del edificio es de 88,40 m. La escalera para acceder al mirador terraza cuenta con 194 escalones.

Para acceder a la parte superior se utiliza un ascensor que combina el estilo arquitectónico de la construcción, el cual atraviesa el tanque, que a su vez tiene forma de anillo. Se complementa la obra con una cisterna dividida en dos partes que con una capacidad de 13 millones de litros, y un tanque elevado con de 500 mil litros. Estos depósitos son de vital importancia para el sistema de abastecimiento de agua potable, ya que brindan el servicio para la parte alta de la ciudad.

OSSE abre las puertas a la comunidad de este magnífico edificio bajo la convicción de la importancia de compartir con los marplatenses y turistas el paseo único de la Torre Tanque, ya que en su interior se sintetiza la historia, la evolución y el actual crecimiento de los servicios sanitarios de la ciudad. La Torre Tanque es un emblema de la prestación del servicio de agua en Mar del Plata.

Durante la visita, una agente de OSSE brindó información sobre el funcionamiento de la Torre Tanque, su historia y operatividad del sistema de abastecimiento en la zona.

Además los asistentes a la visita recibieron una charla sobre el Emisario Submarino de la ciudad de Mar del Plata, a cargo del Esp. Ing. Joaquín Negri, Gerente de Logística Operativa de OSSE y docente de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP.

Paseo:

Villa Victoria

Esta casa fue la casa de veraneo en Mar del Plata de la escritora Victoria Ocampo. Está emplazada en la manzana rodeada por las calles Matheu, Arenales, Quintana y Lamadrid.

Fue adquirida en Inglaterra a la firma Boulton & Paul Ltda. Este edificio de madera (bungalow) era producido por dicha firma proveedora de la corona para sus colonias y empresas en América del Sur. Fue construida en 1912 para Francisca Ocampo de Ocampo, tía abuela y madrina de su futura propietaria. Trasladada en barco y armada totalmente sobre una estructura de hierro, la casa principal tiene un estilo de diseño inglés. El conjunto se completaba con la casa de los caseros, estilo francés y una tercera construcción, estilo italiano, destinada a vivienda para el personal de servicio, con un garaje doble, construidas en 1913 por el Ingeniero Manuel Ocampo, padre de Victoria. Originariamente, el parque tenía dos hectáreas una de las cuales ya no la integra.

Victoria Ocampo la heredó en la década del '20, convirtiéndola en un lugar de puertas abiertas para escritores y amigos, del país y del exterior. Estuvieron en ella: María Rosa Oliver, Enrique Pezzoni, Eduardo Mallea, Jorge Luis Borges, Bioy Casares, Waldo Frank, Roger Callois, Gabriela Mistral, John Saint Perse.

Tanto Villa Victoria como Villa Ocampo (en San Isidro) fueron donadas en vida por su propietaria a la UNESCO. Cuando ella murió, el organismo internacional decidió rematar la residencia veraniega con sus muebles para poder solventar los gastos de la otra (cláusula estipulada en la donación que preveía la venta de Villa Victoria).

A principios de 1981, la Municipalidad de General Pueyrredón la compró y desde entonces en ella funciona el Centro Cultural Victoria Ocampo.

Acto de Cierre

Viernes 11 Noviembre 2022

Entrega de Placa de Reconocimiento a Miguel Risetto

Patrocinador Tecnológico

virtualed.com.ar

VirtualEd
Tecnología en Educación

aacini
ASOCIACION ARGENTINA DE CARRERAS DE INGENIERIA INDUSTRIAL

AACINI.ORG

Miguel Angel Risetto
Presidente
UTN FR Avellaneda - Rectorado

Jorge A. Mohamad
Vicepresidente
UCA CABA

Pedro A. Basara
Secretario General
UTN | UNDAV

Julián Edgardo Vela
Pro Secretario
UTN FRA

León Natalio Horowicz
Tesorero
UBA

Rubén Mario Lurbé
Pro Tesorero
UTN FR SC

Eduardo Juan De Maria
Primer Vocal Titular
UNLaM

Adrián Guillermo Herz
Segundo Vocal Titular
UBA

Federico Menizábal
Cuarto Vocal Titular
U Morón

Diego Gastón Serra
Primer Vocal Suplente
UNLZ

Nora Lucía Lladser
Segunda Vocal Suplente
UNPSJB

Jorge Eduardo Abet
Tercer Vocal Suplente
UTN FRC

Rodolfo Iván Barón
Cuarto Vocal Suplente
UTN FRSR

Graciela Susana Noya
Revisora de Cuentas Titular
UNPSJB

Estela Mónica López
Revisora de Cuentas Suplente
UP

Área A

Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área A
Análisis de Preferencias Declaradas sobre Movilidad Sostenible en la ciudad de Santa Fe	CO22-A01
La disposición final del aceite vegetal utilizado en cocinas comunitarias, su impacto socio-ambiental	CO22-A03
Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires	CO22-A04
Trabajo final evaluación calidad de aire en ambiente (mediciones: material particulado, multigases y calidad ambiental)	CO22-A06
Modelado de KPIs -Indicadores Clave de Desempeño- para Aplicar a Procesos de Mejora Continua en PyMEs	CO22-A08
El enfoque al cliente como factor de institucionalización de la calidad, un estudio en distintos tipos de organizaciones	CO22-A09
Gestión de arbolado urbano del partido de Tandil	CO22-A10
Consumo Sostenible del Agua: Propuestas de eficiencia en el consumo de agua residencial	CO22-A11
RSU de un Hogar Tipo Argentino: Índices de correlación	CO22-A12
Una adaptación del método de la nota técnica de prevención 330 de riesgo para fraude alimentario en la producción de arándano congelado	CO22-A13
Aplicación de tecnologías emergentes en sensores remotos para procesar información almacenada y reducir riesgos ambientales	CO22-A14
Innovación y Gestión de la Mejora en una ONG	CO22-A17
El liderazgo y la participación de las personas en la gestión pública. Un estudio de caso	CO22-A18
Satisfacción con el trabajo y la reducción de los costos de la no calidad. El Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo en el contexto de pos pandemia	CO22-A20
La gestión del agua en las organizaciones	CO22-A21
Enfoque de triple impacto y sustentabilidad. análisis de herramientas de diagnóstico y oportunidades de mejora en PYMES de Argentina	CO22-A24

Área A: Gestión de la Calidad, Calidad Ambiental, Higiene y Seguridad Industrial, Responsabilidad Social Empresaria

Prólogo del Eje por:
Mariela Ambrústolo, Marina Migueles y Betina Berardi

El contexto cada vez más cambiante y exigente implica a las organizaciones la búsqueda de nuevas y mejores maneras de gestión. El enfoque de los sistemas de gestión permite a las organizaciones optimizar recursos, reducir costes, mejorar la productividad y la respuesta al cliente como así también a otras partes interesadas como ventajas fundamentales. Su alcance incluye la gestión de aspectos como la calidad, los aspectos ambientales, la higiene y seguridad entre otros, permitiéndole a las organizaciones el establecimiento de los objetivos de gestión y sus logros.

Los investigadores no se encuentran ajenos a esta realidad y es por ello que buscan de forma sistemática nuevas y mejores herramientas y modelos de generar gestión en las organizaciones abordando temáticas prioritarias: calidad, calidad ambiental, higiene y seguridad industrial, responsabilidad social empresaria y sus interrelaciones. Suman a este enfoque la necesidad de alinear sus investigaciones a una agenda global que incluye la necesidad de dar respuestas y mecanismos al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible identifican metas para los grandes desafíos globales a los que se enfrenta la humanidad: mejorar la pobreza y desigualdad, trabajar en pos de la salud, educación, acceso a agua segura, energías limpias, acción por el clima, la degradación ambiental, el cuidado de los ambientes terrestres y marítimos, logro de la prosperidad, trabajo digno, la paz y la justicia. Así como la producción y el consumo responsable, ciudades y comunidades sostenibles y la búsqueda de alianzas para lograrlo. Siendo las metas del planeta para el año 2030.

Muchos de los trabajos presentados en este congreso y en este eje en particular muestran el compromiso del rol del ingeniero y el investigador con algunas de las metas determinadas en los ODS. En esta instancia es pertinente la invitación a profundizar en cada uno de los aportes presentados desde distintas territorialidades, con diversos enfoques y abordando diferentes problemáticas.

En primer lugar, se pueden mencionar 2 trabajos que presentan diferentes estudios referentes a los sistemas de gestión de la Calidad. En el primero, “El enfoque al cliente como factor de institucionalización de la calidad, un estudio en distintos tipos de organizaciones” de Meretta y Gómez de la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional se aborda el proceso de institucionalización de prácticas de calidad a partir de una tesis doctoral. Revisa la implementación de la norma ISO 9001 y las razones por los cuales muchas organizaciones de la región Económica Local San Nicolás certificaban su sistema de gestión de la calidad, pero no podían sostener esta certificación en el tiempo y su impacto en la cultura organizacional, especialmente en lo que respecta al enfoque al cliente. Se presenta un modelo de análisis en dos casos de estudio que involucran a organizaciones inmersas en diferentes tipos de entornos o contextos. Se enfatiza que el enfoque al cliente es fundamental para una cultura organizacional orientada a la calidad implicando un alto compromiso de la dirección hacia nuevas ideas y tecnología.

Sin lugar a dudas el trabajo “El liderazgo y la participación de las personas en la gestión pública. Un estudio de caso” los mismos autores presentan uno de los aspectos fundamentales para cualquier sistema de gestión, en especial para la aplicación de prácticas de calidad. En el mismo, se describe el caso del Honorable Concejo Deliberante (HCD) de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos como una experiencia pionera en la implementación de prácticas de calidad en el ámbito legislativo. Se destaca que esta iniciativa comenzó en el año 2001 con el objetivo de mejorar los procedimientos de trabajo y la calidad de los servicios públicos ofrecidos por el HCD. Generando una estrategia relevante para mejorar la confianza y la percepción de eficiencia de las instituciones públicas con el objeto de superar la conflictividad y el deterioro de la imagen social de las instituciones públicas en los últimos años.

En esta línea de trabajo se presenta otra ponencia que busca la medición del desempeño industrial: "Satisfacción con el trabajo y la reducción de los costos de la no calidad. El Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo en el contexto de post pandemia" de los autores Anzoise, Medici, Scaraffia, y Cuenca. El artículo destaca la importancia de la industrialización para la calidad de vida en nuestro país. Utiliza el Índice de Desempeño Industrial Competitivo (CIP), utilizado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), para demostrar que el proceso de industrialización está relacionado con una mejor calidad de vida. Los resultados presentados y la validación de los modelos teóricos tienen el potencial de contribuir al campo del capital humano y proporcionar *insights* valiosos para futuras investigaciones y aplicaciones en diferentes contextos organizacionales en Argentina.

El trabajo de un equipo de Investigación de la Universidad del Salvador "Modelado de KPIs - Indicadores Clave de Desempeño- para Aplicar a Procesos de Mejora Continua en PyMEs" de los autores López, Sacco y Cavacini, suma otro enfoque en el abordaje del rendimiento industrial a través de proyectos relacionados con el incremento de la eficiencia, productividad y calidad en el sector productivo. Identifica una problemática común y corrobora que los esfuerzos en los Programas de Mejoras en las PyMEs tienden a decaer antes de alcanzar su madurez propone estudiar, definir y formular un modelo eficiente de Indicadores Clave de Desempeño (KPI *Key Performance Indicator*) que permita verificar el avance de los procesos de Mejora Continua (*Continuous Improvement*) en el ámbito de las PyMEs, tanto en la producción de bienes como en la prestación de servicios.

Otro aspecto fundamental del abordaje de la mejora organizacional implica la gestión del conocimiento que permite generar sustentabilidad de la misma. En el trabajo "Innovación y Gestión de la Mejora en una ONG" de Gallegos, Cinalli, Hetze, Altube y Arotce, muestra que la universidad puede y debe impulsar una articulación multisectorial entre estado, universidad, empresa y sociedad que constituya la clave para impulsar el desarrollo socioeconómico regional y nacional. Abordando una temática que es una preocupación en la actualidad en los diferentes tipos de organizaciones. A través de una experiencia de cooperación, entre el Grupo de Investigación en Gestión, innovación y Mejora Continua- GIMCo, con la participación de docentes y estudiantes becarios y; una ONG local, integrada por sus líderes y voluntarios, se ha trabajado y presentado un plan que aborda el autodiagnóstico y la mejora de sus prácticas diarias revelando la importancia de la formación práctica y por competencias y la generación de una visión compartida que permita la mejora organizacional.

La mejora continua trasciende los aspectos productivos, de calidad y del enfoque al cliente, es por ello que en los siguientes trabajos se presentarán diferentes aspectos relacionados con la evaluación y mejora de los riesgos en la salud como así también de los aspectos ambientales y sociales aportando al desarrollo de los ODS relacionados.

Los autores Chauvet, Bello, Alves y Sánchez Loria presentan el trabajo "Una adaptación del método de la Nota Técnica de Prevención 330 de riesgo para Fraude Alimentario en la producción de arándano congelado" siendo una importante actividad en la región. Esta metodología permitió identificar los riesgos al fraude alimentario, tanto en la materia prima e insumos como en las etapas de proceso productivo estudiado. Utilizando un Método simplificado de evaluación de riesgos y luego, redefiniendo la vulnerabilidad de fraude alimentario permitió generar un método de análisis enfocado a los factores que favorecen la exposición al mismo. El análisis permitió definir nuevos controles a los proveedores y a los procesos efectuando balances de masa que permitan obtener evidencia. Así mismo, se concluye que la metodología es sencilla de aplicar y puede extrapolarse a otras producciones de alimentos.

Otro enfoque de los riesgos aborda la temática ambiental y la búsqueda de mejores formas de estudiarla y abordarla. En el trabajo "Aplicación de tecnologías emergentes en sensores remotos para procesar información almacenada y reducir riesgos ambientales" de Guillermo Andrés Chinni de la Universidad del Salvador se plantea una importante problemática que debe ser discutida con el fin de lograr una nueva concepción en el monitoreo ambiental. El uso de sensores remotos proporciona datos relevantes y administran información fundamental. Pero es fundamental cambiar el paradigma en la forma de uso de los datos obtenidos como plantea este grupo de investigadores que propone pautas que permitirán a los gestores de recursos colaborar más eficazmente para

desarrollar y aplicar la integración de tecnología con aplicaciones en la gestión ambiental. A través de un caso experimental de monitoreo ambiental automatizado para estudiar las variaciones en los frentes de los glaciares patagónicos se pretende desarrollar nuevos enfoques en estas temáticas.

La importancia de este recurso natural ha inspirado a los investigadores Cariello, Gil, Santangelo y Quesada, de la Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional a presentar el trabajo “La gestión del agua en las organizaciones” que trata sobre el valor de la gestión ambiental en las organizaciones y cómo esta puede lograrse a través de la implementación de indicadores medioambientales. Siendo la optimización del consumo y uso del agua en los procesos productivos y la reducción de generación de efluentes y su posterior tratamiento antes de ser vertidos, lo que impacta positivamente en los aspectos ambientales, sociales y económicos a nivel regional. Se destaca que, al identificar y caracterizar el desempeño ambiental de las organizaciones a través de diferentes indicadores relacionados con el recurso hídrico, se puede impulsar políticas públicas y privadas que contribuyan al cumplimiento del Objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que se refiere al "Agua Limpia y Saneamiento" en el marco de la Agenda 2030.

La Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional aborda en su trabajo “Consumo Sostenible del Agua: Propuestas de eficiencia en el consumo de agua residencial” otra arista de la misma problemática. En el mismo busca dar soluciones al gran consumo de agua potable desarrollando un Manual de Buenas Prácticas en Argentina para el mejoramiento del uso de este recurso en la población. Para ello se vio la necesidad de estudiar y definir un hogar típico y teórico como parte de la metodología, del análisis de diferentes tipos de hogares y la búsqueda de alternativas para obtener un consumo más eficiente de acuerdo al costo de implementación. En los resultados se cuantificarán los valores con el fin de estimar potenciales ahorros en todo el país y traducir los mismos a TnCO2eq alineándose con los ODS. Los autores son Moreno, Alfarano, Freytes, Luque Vazquez y Monasterolo.

En otro orden de las cuestiones ambientales planteadas en el congreso, es importante resaltar el trabajo “RSU de un Hogar Tipo Argentino: Índices de correlación” de los autores Moreno, Bacaloni, Carranza, Jara y Mussa Coseano. Su objetivo también es la creación de un Manual de Buenas Prácticas, pero en este caso que pueda brindar alternativas para un consumo residencial sostenible de diferentes recursos con el fin de mejorar la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Para el desarrollo del mismo se utilizó una metodología basada en la aplicación de herramientas de BI para procesar datos y definir un hogar tipo comprendiendo las variables y definiendo índices de correlación. Los índices de correlación brindan información sobre variaciones en este consumo, permiten elaborar las propuestas de mejora y delinear buenas prácticas en función de ellos, alineándose a la necesidad de los abordajes de consumo responsable de los ODS.

Dentro de los ODS también hay varias metas que apuntan a una mejor calidad de aire, el

“Trabajo Final Evaluación de la calidad de aire en ambiente (Mediciones: material particulado, multigases y calidad ambiental” de Glavas J.M., plantea un proyecto en esta línea. El mismo muestra los resultados de la calidad del aire respecto a las cantidades y concentraciones de partículas y multigases en el Campus Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) – Ciudad de Corrientes. El estudio arroja resultados cumplen con la normativa vigente internacional y nacional. La sistematización de estas mediciones permitiría a futuro la identificación de contaminantes del aire y ayudar a determinar acciones para la eliminación o reducción de los mismos.

En esta misma temática se encuentra el trabajo de la “Análisis de Preferencias Declaradas sobre Movilidad Sostenible en la ciudad de Santa Fe”. Ingresando al mismo se encuentra que busca mostrar las preferencias de la ciudad de Santa fe en cuanto a la movilidad sostenible mediante el uso de modelos de elección discreta a partir de encuestas. Y tiene como objetivo posterior que sirva como insumo para generar políticas que permitan fomentar el transporte público (y la bicicleta) brindando beneficios al ambiente y a la calidad de vida de la población. Sus autores son Imaz, Jaurena y Sorba.

En una línea similar al trabajo anterior “Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires” Lucas Damián Herrero de la Universidad de Palermo

propone una metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte que aborda la problemática de la contaminación del aire en la ciudad de Buenos Aires. También, con el fin de promover acciones más sustentables en movilidad y accesibilidad para desarrollar eficientemente sus actividades (socio-cultural, económico, educacional, recreativo, de salud, etc.) en un ambiente sano.

Un aporte para la mejora de la contaminación del aire, la salud y la calidad de vida de los ciudadanos la realizan Bueno y Dos Reis, con el trabajo “Gestión de arbolado urbano del Partido de Tandil”. Este proyecto en ejecución desde un enfoque multidisciplinar realiza un análisis del arbolado urbano resaltando los efectos benéficos para el ambiente y la salud de las personas contemplando las necesidades ambientales, económicas y sociales. En este propósito de aportar al bien común, generan una App web que gestione y articule satisfacer en forma eficiente la gestión de la información y servicios a la ciudadanía. Dentro del mismo se genera una alianza con la Escuela de Educación Media de Cerro Leones y otros actores sociales de Tandil, en la fabricación de briquetas con biomasa que utiliza restos de podas como principal materia prima para una mejor gestión de los recursos.

En la continuidad de proyectos que aborden el desarrollo sostenible se presenta el aporte de la Universidad Nacional de Tucumán junto al Gobierno: “La disposición final del aceite vegetal utilizado en cocinas comunitarias, su impacto socio-ambiental” de Gandur, Migliavacca, Fanjul Torti y Alves. El presente trabajo propone un estudio descriptivo sobre el impacto ambiental del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios de la Provincia de Tucumán con un alcance en primera instancia a los municipios de San Miguel de Tucumán, Yerba Buena y Tafí Viejo. El Programa aborda la problemática de familias con riesgo nutricional. Siendo el objeto de estudio del trabajo el impacto y disposición final del aceite vegetal utilizado en los 16 comedores infantiles (4060 beneficiarios), la cocina comunitaria (190 beneficiarios) y los 10 Centros de Cuidado y Nutrición Infantil (2310 beneficiarios). El valor del estudio es enmarcar el Programa dentro del enfoque de la economía circular y el desarrollo local, con futuras propuestas y análisis de factibilidad para el uso del aceite como materia prima para la elaboración de velas y jabones.

Para concluir la presentación del capítulo se destaca un trabajo que incorpora diversos aspectos abordados en los trabajos anteriormente presentados. La contribución de la Universidad Nacional de La Plata: “Enfoque de triple impacto y sustentabilidad, análisis de herramientas de diagnóstico y oportunidades de mejora en pymes de Argentina” destaca la importancia de adoptar el enfoque de triple impacto en las empresas, incluyendo las Pymes, y la necesidad de contar con herramientas de diagnóstico para evaluar y mejorar su desempeño en términos de sustentabilidad. El mismo señala que, en los últimos años, ha surgido un nuevo paradigma empresarial de triple impacto, que busca redefinir el concepto de éxito del sector privado. Este paradigma implica medir el éxito no solo en términos económicos, sino también en términos de impacto ambiental y social positivo. El estudio plantea como las PYMES argentinas se suman a este cambio y les proporciona una evaluación de la situación actual y una ayuda a identificar oportunidades de mejora para que puedan convertirse en empresas de triple impacto. Los autores son Cibeira, Williams, Pendón y Couselo.

Sin duda este es el camino y el desafío que se plantea a futuro en los diferentes estratos de la sociedad que incluyan una alianza estratégica entre las universidades, el estado, la sociedad y la industria con el fin de generar un desarrollo productivo que integre aspectos relacionados con la calidad, la productividad, el cuidado ambiental, la salud y seguridad de las personas, la responsabilidad social en pro de un desarrollo sostenible.

Análisis de Preferencias Declaradas sobre Movilidad Sostenible en la ciudad de Santa Fe

Imaz, Fernando (1º Autor)*; Jaurena, Juan; Sorba, Iván

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
fimaz@frsf.utn.edu.ar imazfernando@gmail.com

RESUMEN

En las últimas décadas, los cambios del estilo de vida y los modelos urbanos y territoriales han ido generando crecientes dificultades en la movilidad. Estas incluyen: congestión del tráfico, impactos ambientales y sociales que repercuten en la calidad de vida de las personas. Por esta preocupación surge el concepto de movilidad sostenible que promueve un balance entre los beneficios económicos, sociales y ambientales. Para lograr avances en tal sentido se necesitan políticas públicas que fomenten el transporte público, la bicicleta o caminar brindando beneficios al ambiente y a la calidad de vida de la población. Para poder reconocer las tendencias y expectativas de la población de la ciudad de Santa Fe sobre la problemática, resulta necesario el uso de modelos de elección discreta basados en una muestra de individuos a partir de encuestas de preferencias declaradas, considerando los modos de transporte existentes y los potenciales.
El trabajo se incluye en el PID-TVTCBFE0008072TC: “Diseño de estrategias para la promoción de la movilidad sostenible en aglomerados urbanos”, buscando presentar el análisis de las encuestas de preferencias declaradas realizadas en el mes de junio de 2022 a una muestra representativa de personas de la ciudad de Santa Fe donde fueron consultadas acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que le fueron presentadas con la finalidad de establecer la potencialidad de éxito de diferentes políticas de movilidad sostenible.

Palabras Claves: Movilidad Urbana – Encuestas – Preferencias – Sostenibilidad.

ABSTRACT

In recent decades, changes in lifestyle and urban and territorial models have been generating increasing difficulties in mobility. These include: traffic congestion, environmental and social impacts that affect people's quality of life. From this concern arises the concept of sustainable mobility that promotes a balance between economic, social and environmental benefits. To achieve progress in this regard, public policies are needed that promote public transport, cycling or walking, providing benefits to the environment and the quality of life of the population. In order to recognize the trends and expectations of the population of the city of Santa Fe on the problem, it is necessary to use discrete choice models based on a sample of individuals from surveys of declared preferences, considering the existing modes of transport and the potentials.
The work is included in the PID-TVTCBFE0008072TC: "Design of strategies for the promotion of sustainable mobility in urban agglomerates", seeking to present the analysis of the surveys of declared preferences carried out in the month of June 2022 to a representative sample of people of the city of Santa Fe where they were consulted about how they would act in the face of different hypothetical situations that were presented to them in order to establish the potential for success of different sustainable mobility policies.

Keywords: Urban Mobility – Surveys – Preferences – Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolló en el ámbito del Proyecto de Investigación y Desarrollo – PID denominado Diseño de estrategias para la promoción de la movilidad sostenible en aglomerados urbanos - Caso de estudio Gran Santa Fe, el cual es dirigido por el Ing. Fernando Imaz y se desarrolla dentro del Grupo Científico de Estudios de Transporte, Accidentología y Movilidad dependiente del Departamento Ing. Industrial de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional.

La CEPAL[1], en su documento denominado: "Movilidad urbana sostenible: un diálogo interregional sobre la industria y el financiamiento del transporte público colectivo" afirma que "*América Latina camina aún a pasos lentos hacia la movilidad sostenible aun cuando existe consenso sobre su urgencia, importancia y se vislumbren importantes oportunidades asociadas. La introducción de sistemas de transporte público sostenible requiere la comprensión de las condiciones actuales y potenciales de los dos lados de la ecuación: las condiciones de la industria y de las ciudades para financiar esta transición".*

Por otro lado asevera que "*los avances industriales definieron la evolución y desarrollo de las ciudades y, en relación con esto, el transporte a combustión (con énfasis en el auto privado) expandió sin límites ni costos aparentes el tamaño y características de las áreas urbanas y viabilizó los procesos de (sub)urbanización, configurando un modelo que hoy se revela social, económica y ambientalmente insostenible. La industria juega nuevamente un papel fundamental para responder al desafío de introducir sistemas de transporte público sostenibles y de calidad y con ello evitar que los usuarios migren hacia soluciones de transporte individual con enormes costos socio-ambientales*".

Por su parte, León Aravena, Cerda y Albornoz del Valle [2], describen en su documento: Participación ciudadana y movilidad sostenible que "*En un mundo donde casi la mitad de la población habita en espacios urbanos resulta lógico que el crecimiento de las ciudades se haya acompañado de una constante complejización de los fenómenos que allí ocurren. Al respecto, las áreas metropolitanas resultan paradigmáticas dadas sus continuas reestructuraciones territoriales, lo que conlleva alteraciones del entorno material, con consecuencias sobre el hábitat social. Esto ha generado problemáticas tales como: la segregación espacial, el empobrecimiento y deterioro de las relaciones sociales, entre otras. Dichas situaciones de carácter cotidiano repercuten en la calidad de vida de las personas que residen en estos lugares*".

Pero por otra parte plantean que "*la movilidad es un problema multifactorial y que entre sus aspectos figura la subjetividad de los ciudadanos, asociada a percepciones de los problemas que detectan, sensaciones y emociones que les provoca la experiencia de movilidad. Sin embargo, estos elementos, no son apropiadamente considerados en la formulación de los respectivos planes."*

Adriana Stein [3] en su blog denominado: Planificación y diseño de la movilidad urbana sostenible, elabora una serie de directrices para elaborar y aplicar un plan de movilidad urbana sostenible. En ella destaca que "*Al desarrollar un plan de movilidad urbana sostenible (PMUS), nuestro objetivo debe centrarse en las personas y en cómo satisfacer sus necesidades básicas de movilidad. Debemos incorporar todos los modos (público, privado, pasajeros, mercancías, etc.) y formas (motorizadas y no motorizadas) de transporte. Es vital que evaluemos a fondo nuestro rendimiento actual para establecer una base de referencia que permita medir el rendimiento futuro.*"

Un especialista en Planificación del Transporte como lo es Juan de Dios Ortúzar[4], describe una serie de definiciones en su libro: Modelos de demanda de transporte. En este define a las "*técnicas de preferencias declaradas a un conjunto de metodologías que se basan en juicios (datos) declarados por individuos acerca de cómo actuarían frente a diferentes situaciones hipotéticas que le son presentadas y que deben ser lo más aproximadas a la realidad. Estas técnicas utilizan diseños experimentales para construir las alternativas hipotéticas presentadas a los encuestados. A partir de allí se obtienen los datos que permiten estimar las funciones de utilidad con respecto a las alternativas presentes en el experimento. Las alternativas de elección presentadas a los encuestados son descripciones de situaciones o contextos construidos por el investigador que se diferencian a través del valor que toman sus atributos.*"

Dentro de este contexto, la Federación Española de Municipios y Comunas ha desarrollado un documento denominado: Diseño y Elaboración de Encuestas Locales de Movilidad Sostenible [5], en donde se plantean una serie de recomendaciones para obtener información referente al grado de movilidad sostenible en las ciudades como Santa Fe.

Puntualmente propone que "*es necesario indicar que el concepto de Movilidad Sostenible debe romper con la "resistencia al cambio", es decir la capacidad de los usuarios de cambiar, aunque de forma paulatina, sus costumbres a la hora de viajar y elegir el modo de transporte para realizar*

dicho viaje, considerando los impactos que su elección puede tener sobre el resto de los usuarios o sobre las generaciones futuras".

Y dentro de este criterio identifica que "*los tres factores más importantes para poder minimizar la "resistencia al cambio" hacia modos de transporte más sostenibles son: los problemas de carácter cultural (escasa sensibilidad de la población), las carencias operacionales y las carencias infraestructurales"*. Este concepto se observa en la Figura 1.

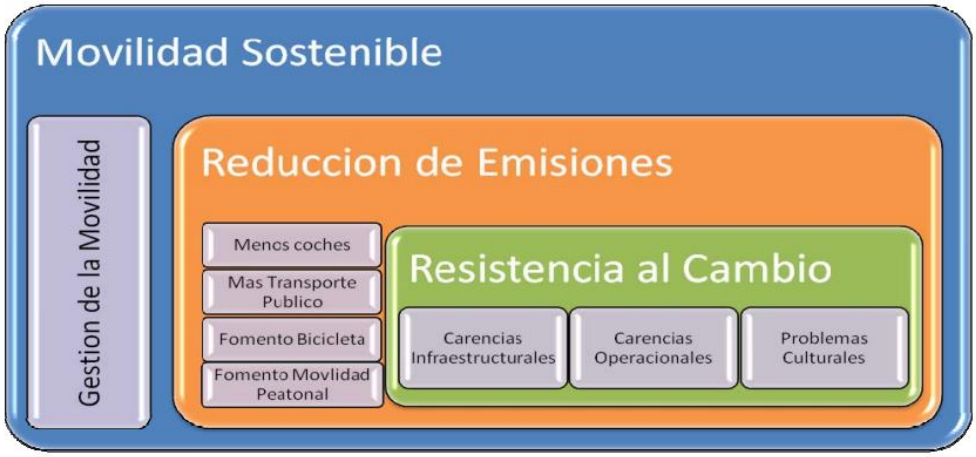


Figura 1 – *Movilidad Sostenible y Resistencia al Cambio.*
Fuente: Federación Española de Municipios y Comunas

Además, advierte que, "*si bien en las últimas décadas las Administraciones han comenzado a ser conscientes de la necesidad de implantar políticas de fomento de la movilidad sostenible, dirigidas a la reducción de las emisiones contaminantes, como son las de dióxido y monóxido de carbono, productos nitrogenados y sulfurados, etc., no se cambia de hábito en tanto en cuanto las Administraciones Públicas no hagan un esfuerzo importante para mejorar los servicios colectivos ofrecidos y aporten la comodidad necesaria para superar las trabas iniciales*". Precisamente las metodologías de muestreo pueden servir también a los responsables políticos a la hora de actuar sobre aspectos infraestructurales y de gestión de los servicios públicos, ya que contarán con la información aportada por los encuestados sobre sus necesidades y expectativas acerca de los modos de transporte público y alternativo.

Finalmente, los autores de este documento concluyen que "*para aplicar una política adecuada de movilidad sostenible resulta imprescindible y fundamental implicar dentro de este proceso a una representación de la ciudadanía en su conjunto, y la forma más efectiva de lograr un buen proceso de participación ciudadana es a través del diseño y ejecución de encuestas de movilidad sostenible*".

Este trabajo pretende analizar las preferencias declaradas de los habitantes de la ciudad de Santa Fe, obtenidas a partir de la ejecución de encuestas de intercepción, y en función de los planteos de los ciudadanos poder elaborar a futuro, propuestas para mejorar la movilidad de las personas en el ámbito de la ciudad de Santa Fe.

2. METODOLOGÍA

2.1 Elaboración del Cuestionario

Para el diseño de la encuesta se llevaron adelante distintas líneas de investigación, y recopilación de antecedentes. El objetivo principal que se persigue con la ejecución de la misma es revisar la situación de movilidad sostenible en Santa Fe. Las preguntas sirven para relevar demandas y necesidades de los usuarios del transporte en nuestra ciudad y a partir de éstas realizar propuestas superadoras.

Se elaboró el cuestionario preliminar el cual fue sometido a evaluación dentro de un entorno controlado. Esto trajo como resultado la necesidad de reformular algunas preguntas y ajustar algunas opciones de respuesta para su mejor procesamiento posterior.

La encuesta consta de cinco secciones: la primera está relacionada con datos del encuestado (edad, género, ocupación), modo de transporte más utilizado, distancia recorrida por día y frecuencia de movilidad.

La sección 2 analiza las ventajas y desventajas del transporte público de pasajeros en la ciudad de Santa Fe y los motivos del uso de dicho modo de transporte.

La sección 3 por otro lado consulta preferencias con respecto a la movilidad activa, es decir de aquel modo de transporte que el usuario utiliza con mayor frecuencia intentando desarrollar las ventajas y desventajas de este.

La sección 4 apunta a descubrir la percepción que tienen los usuarios sobre la movilidad individual, ya sea por automóvil particular o por motovehículo, consultando sobre las ventajas y perjuicios de estos.

Finalmente, la sección 5 plantea consultas sobre otros modos de movilidad más sostenibles y, en relación con éstos, que aspectos necesitaría mejorar para que sean utilizados con mayor proporción.

2.2. Determinación del tamaño de la muestra

Para la determinación del tamaño de muestra de usuarios se tomaron como referencia datos primarios de población estimada al 1° de julio de cada año calendario, según departamento y localidad obtenidos del Censo poblacional desarrollado en 2010 que estimaba la población hasta 2025. Por otra parte, se contó con datos proporcionados por el Instituto Provincial de Estadísticas y Censos – IPEC de la provincia de Santa Fe, en donde se obtuvieron datos acerca de la distribución por género de la población de Santa Fe.

En base a esta información se definió el universo de estudio a los habitantes de la ciudad de Santa Fe (450.000 habitantes aproximadamente), y se optó por un tipo de muestra probabilística en la que todos los sujetos de la población tengan la misma probabilidad de ser escogidos. El procedimiento seleccionado fue el de muestreo aleatorio estratificado por edades sobre una población definida.

Debido a que la población supera los 400.000 habitantes, se utilizó la Ecuación (1) de poblaciones infinitas:

$$n = \frac{z^2\, pq}{e^2} \tag{1}$$

donde:
n es el tamaño de la muestra que se quiere calcular;
Z: es la desviación del valor medio que se acepta para lograr el nivel de confianza deseado. En este caso se utilizó Z=1,96 que corresponde a un nivel de confianza del 95%;
e: es el margen de error máximo aceptado, para este caso se adopta un valor de ± 5%
pq: es la varianza de la población. En encuestas sociológicas es normal indicar que la muestra es escogida partiendo de la hipótesis que p = q = 0,50

Reemplazando los valores en la Ecuación (1) se obtiene un tamaño de muestra de 384 personas.

Con relación a las edades de los encuestados, se descartaron los habitantes entre 0 y 15 años y se estratificó en 6 grupos etarios, agrupados en franjas de 10 años cada uno, a saber: 16 a 25 – 26 a 35 – 36 a 45 – 46 a 55 – 56 a 65 y más de 65 años.

Relevados las cantidades de habitantes de los distintos grupos etarios y evaluada la distribución de género se llegó a confeccionar la Tabla 1, en donde se puede visualizar el número de encuestas a realizar, por género y edad.

Tabla 1 – *Cantidad de Encuestas por rango etario y por género*

Cantidad Encuestas: 384				
		Mujeres	**Varones**	
Rango edad	**% s/menores**	**52%**	**48%**	**Total**
16-25	19%	38	35	**73**
26-35	20%	40	37	**77**
36-45	19%	38	35	**73**
46-55	14%	28	26	**54**
56-65	12%	24	22	**46**
66 o más	16%	32	29	**61**
		200	**184**	**384**

Fuente: elaboración Propia

2.3 Ejecución de la Encuesta

Teniendo en cuenta lo previsto, se llevaron a cabo las encuestas coincidentales o por muestreo casual eligiendo sectores de gran afluencia de personas (Peatonal San Martín, zona de Bancos, Universidades, Centros Comerciales, Costanera).

Durante el mes de junio de 2022 se realizaron más de 550 encuestas válidas, las que fueron cargadas en una base de datos de la plataforma Formularios de Google. Una vez cargadas las encuestas, se pasó a evaluar que los números por edad y por género coincidan con los requerimientos y se descartaron aleatoriamente aquellas encuestas que superaban el cupo, quedando una muestra de 384 encuestas con la distribución por edad y por género mostrada en la Tabla 1.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Del procesamiento de las encuestas se obtuvieron algunas conclusiones que se pasan a describir. Las principales que se muestran están relacionadas con el modo de transporte principal que utilizan los santafesinos para movilizarse, discriminada por grupo etario. Además, se presentan los resultados con relación a la motivación que tienen los ciudadanos por utilizar dichos modos y finalmente (los aspectos más importantes que se perseguían con la encuesta) los modos sostenibles que optarían y las medidas que se deberían adoptar para que ello ocurra.

A continuación, se muestra la distribución modal que surge del procesamiento de la encuesta.

La Figura 2 presenta la utilización mayoritaria de los modos de transporte, donde se percibe que el auto supera el 50% de las preferencias de los habitantes de Santa Fe seguido a mucha distancia por el uso del transporte público de pasajeros y el transporte peatonal.

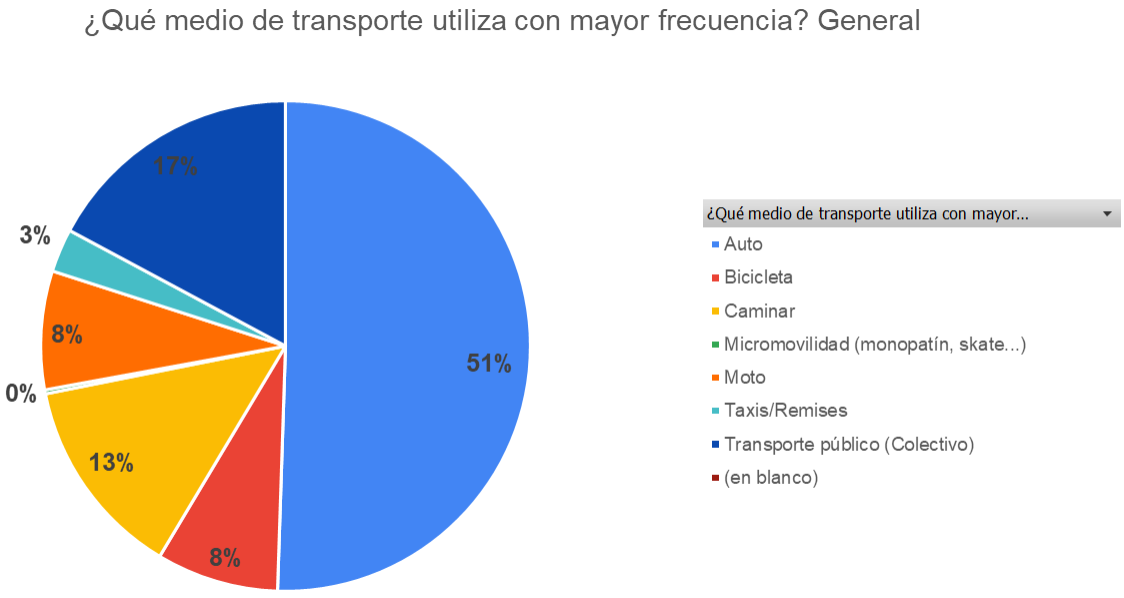


Figura 2 – Partición modal de los habitantes de Santa Fe
Fuente: elaboración Propia

Como se expuso más arriba, la distribución modal se analizó por grupo etario. Es importante observar cómo evoluciona la utilización de algunos modos (por ejemplo, la bicicleta, el automóvil particular, o el transporte público) con relación a la edad de los usuarios. Por ejemplo, en el grupo etario más bajo analizado (de 16 a 25 años) la bicicleta predomina sobre el auto y el resto de los modos. Luego el auto crece significativamente (acorde a la mayor actividad laboral) hasta el último grupo etario (mayores de 66 años) en donde prevalece la movilidad peatonal. Los grupos etarios entre 36 y 45 años y entre 46 y 55 años son los que presentan mayor utilización del auto con el 67 y 78 % respectivamente.

En las figuras 3 a 8 se presenta esta distribución.

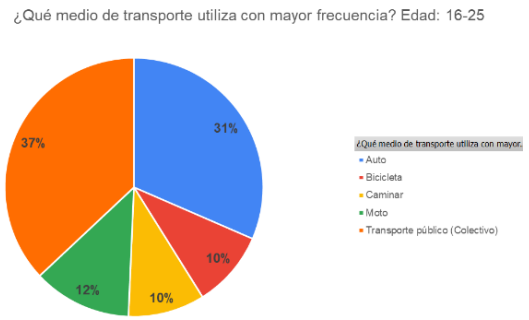


Figura 3 – Distribución modal grupo etario: 16-25 años

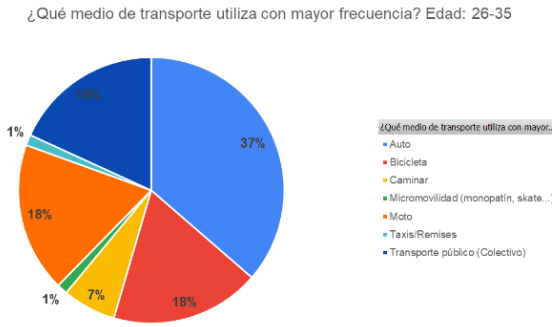


Figura 4 – Distribución modal grupo etario: 26-35 años

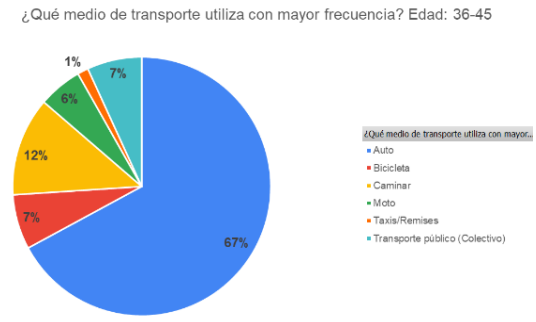


Figura 5 – Distribución modal grupo etario: 36-45 años

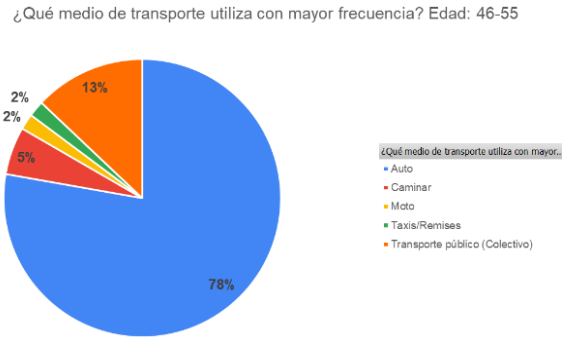


Figura 6 – Distribución modal grupo etario: 46-55 años

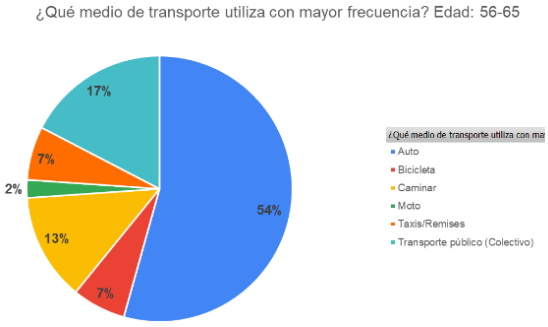


Figura 7 – Distribución modal grupo etario: 56-65 años

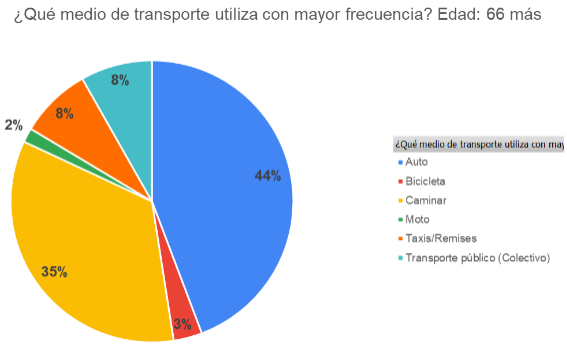


Figura 8 – Distribución modal grupo etario: más de 66 años

Relacionada con la pregunta anterior se consultó sobre las ventajas que tenía el modo de transporte más utilizado con respecto a los otros en dónde se manifestó mayoritariamente que las principales ventajas del automóvil radican en la velocidad de circulación, la seguridad de llegar a tiempo a su lugar de destino y la seguridad ante eventuales robos.

Por el contrario, cuando se les preguntó por las desventajas del modo contestaron que éstas se daban en la cuestión económica (elevado costo de mantenimiento y para estacionar) y en la contaminación que genera el automóvil. Este último aspecto es importante, porque empieza a generarse conciencia en la población sobre el impacto ambiental que tiene el uso del automóvil particular para la sociedad. Estos aspectos se observan en las Figuras 9 (ventajas) y 10 (desventajas).

Figura 9 – Ventajas del uso del automóvil según los encuestados

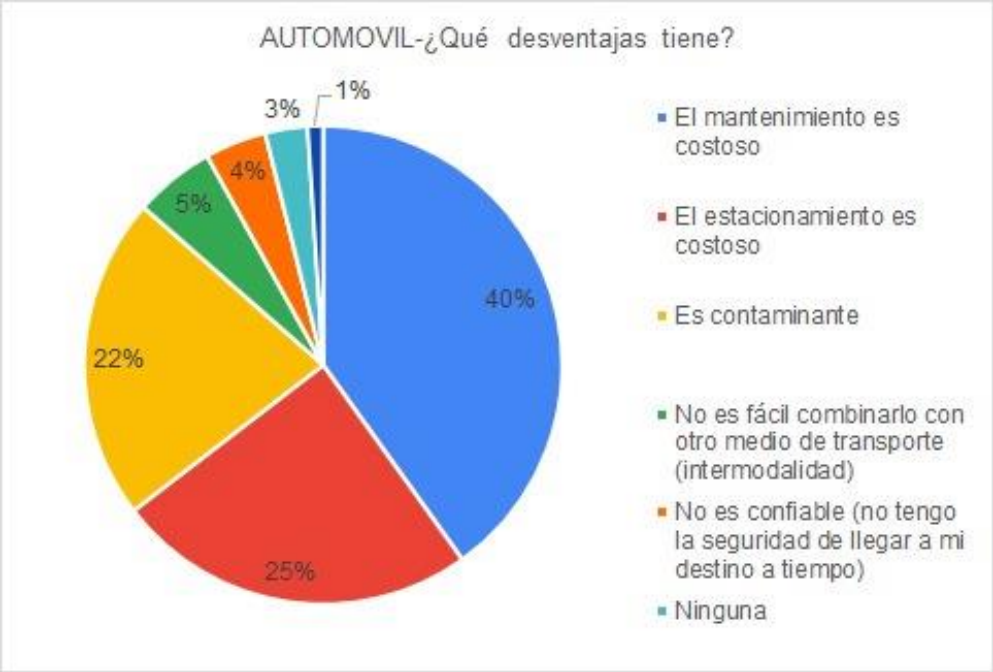


Figura 10 – Desventajas del uso del automóvil según los encuestados

Del mismo modo se evaluó la percepción de los habitantes con relación a ventajas y desventajas que ven sobre el Transporte Público de Pasajeros de la ciudad de Santa Fe. En las valoraciones positivas sobresale significativamente la cuestión económica del modo, pero también se observa que muchos usuarios no ven ninguna ventaja en el modo, aunque deben usarlo porque no encuentran alternativa. Mientras tanto, en los aspectos negativos prevalecen la velocidad de circulación y la falta de seguridad de llegar a tiempo a su destino. Estas situaciones se pueden observar en las Figuras 11 y 12 respectivamente.

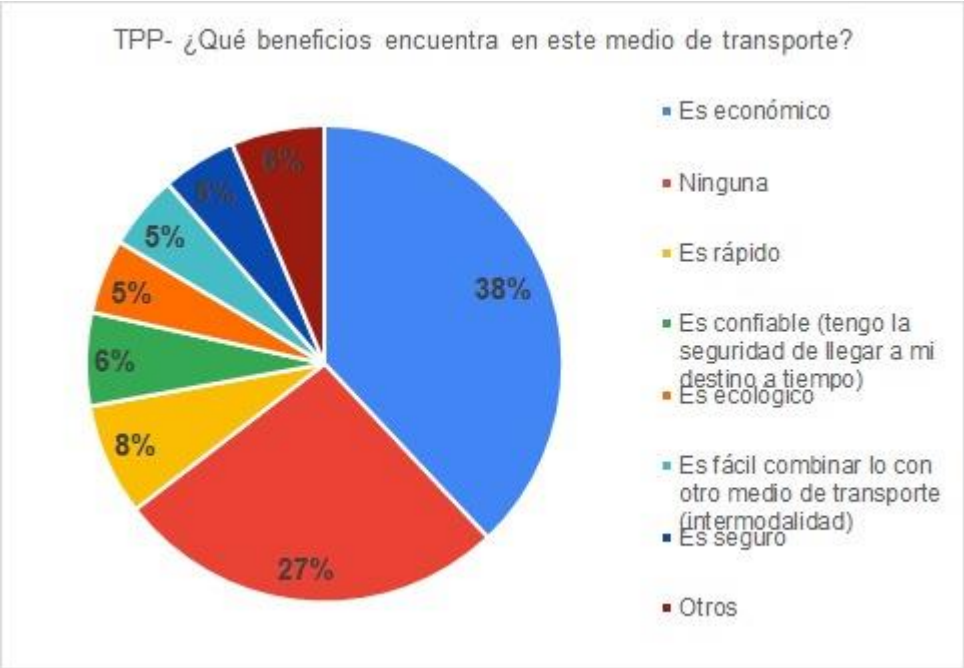


Figura 11 – Ventajas del uso del TPP según los encuestados

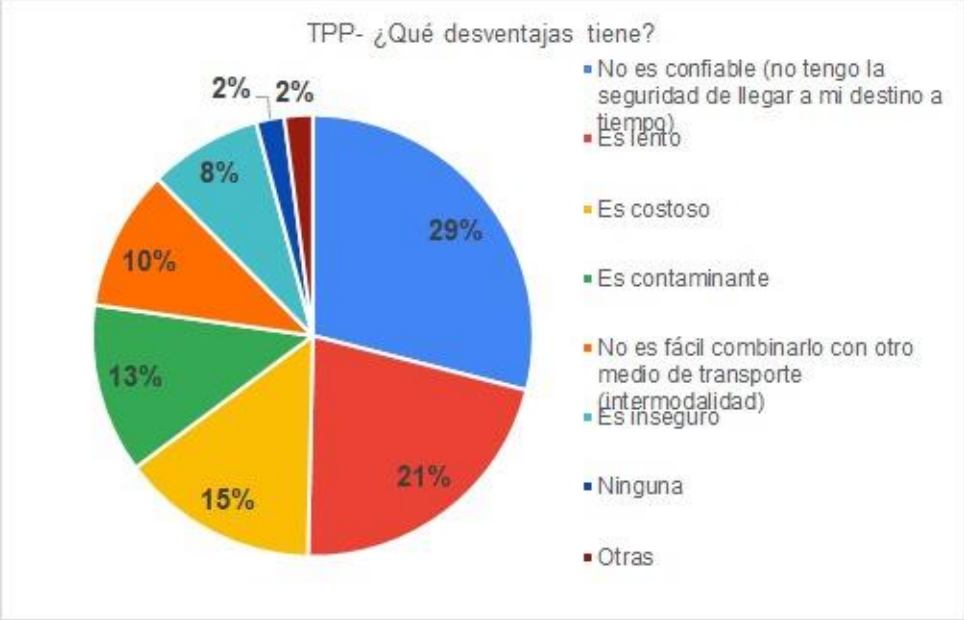


Figura 12 – Desventajas del uso del TPP según los encuestados

Posteriormente se analizan las preferencias de los habitantes de Santa Fe con respecto a lo que consideran más adecuado para poder viajar en forma más tranquila por la ciudad. Esto se presenta en la Figura 13, en dónde se puede percibir que las respuestas que más se repiten están relacionadas con la mejora de la infraestructura (ciclovías, sendas peatonales) y mayor concientización vial de los ciudadanos.

Figura 13 – Aspectos que los habitantes consideran prioritarios para mejorar su forma de viaje

A continuación, se consultó a los encuestados con relación a sus preferencias sobre modos de transporte más sostenibles. En tal sentido, las respuestas fueron bastante repartidas, pero sobresale la utilización de la bicicleta como el modo con mayor potencialidad. Se destaca, además, la participación del monopatín/skate con el 9% de las preferencias declaradas, confirmando que dicho medio, a pocos años de ser una opción, está ganando espacio en la movilidad urbana. La Figura 14 muestra esta situación.

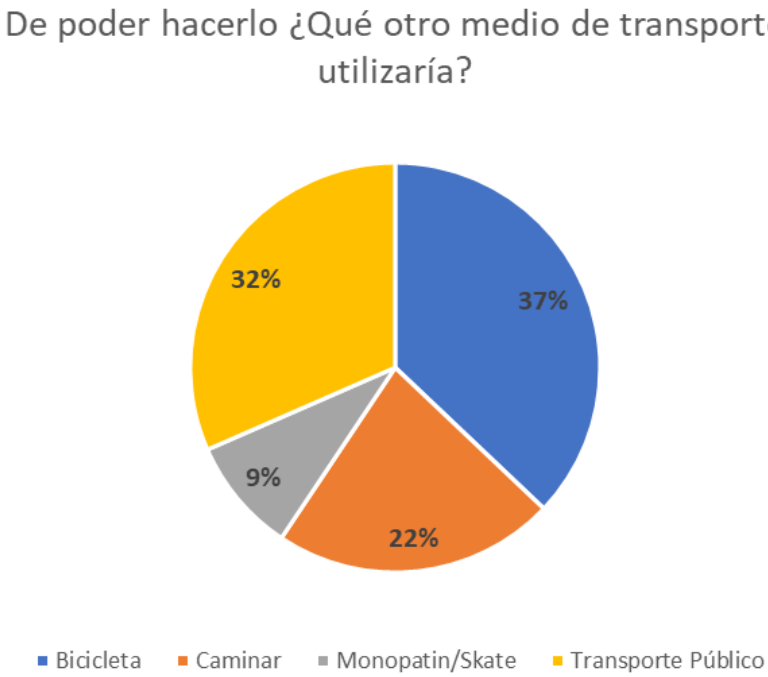


Figura 14 – Preferencia de modos más sostenibles

Finalmente se muestra la elección de los encuestados con referencia las propuestas que se deben llevar a cabo para acceder a dichos modos de transporte. Esto se presenta en la figura 15, en donde se puede ver que las respuestas que más se repiten están relacionadas con la seguridad

urbana ante robos con el 16%, mayor seguridad vial con el 13% y mejoras en el tiempo de viaje del transporte público de pasajeros con el 13%.

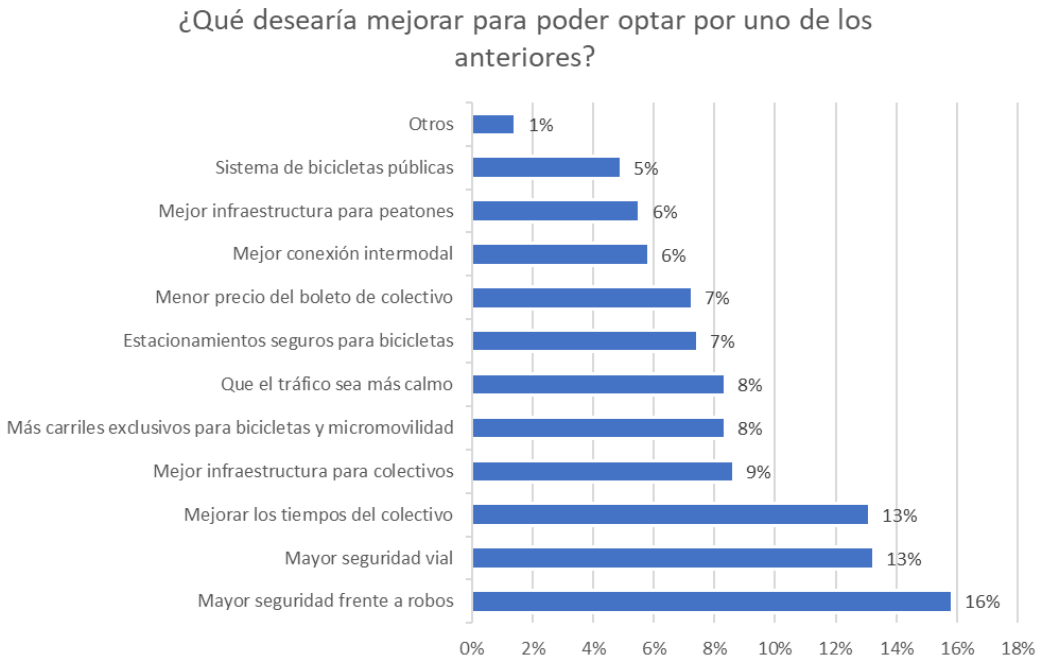


Figura 15- Aspectos que los encuestados consideran prioritarios para utilizar modos más sostenibles

4. DISCUSIÓN

La encuesta sobre preferencias declaradas da cuenta del mal estado - en términos de sostenibilidad - de la movilidad urbana en la ciudad de Santa Fe. Las consecuencias, aún no totalmente visualizadas por la población en la actualidad, están alineadas con la creciente congestión en el tránsito, la pérdida de calidad del ambiente por contaminación de gases, humos y ruidos, la inseguridad frente a robos cuando se pretende usar la bicicleta y la problemática generada por el círculo vicioso en dónde se encuentra el transporte público de pasajeros (caracterizado por la caída de pasajeros transportados que implica menores ingresos para los operadores, menor calidad del servicio, redundando en mayor expulsión de usuarios y retroalimentando dicho círculo vicioso).

Las conclusiones del procesamiento de la encuesta relacionadas con las demandas prioritarias de la población para volcarse hacia una movilidad más sostenible, están asociadas a: resolver la problemática de la seguridad ante robos, al fortalecimiento del sistema de transporte público de pasajeros dotándolo de mayores recursos para mejorar el servicio (carriles exclusivos, mejoras en frecuencia, mejoras en velocidades comerciales), a la mayor inversión en mejoras estructurales relacionadas con la construcción de carriles exclusivos para bicicletas y a la implementación de políticas que redunden en un aumento de la seguridad vial.

Esta situación obliga a las autoridades a darle a la movilidad urbana una importancia política sin precedente, que requiere la participación y el compromiso de toda la sociedad.

En este contexto, se puede concluir que a medida que se reconoce la importancia de la movilidad en cuestiones como la equidad social, el impacto climático y la salud, el transporte urbano sostenible cobra relevancia, interés y compromiso tanto de los ciudadanos como de los gobiernos por igual.

REFERENCIAS

[1] CEPAL – ONU: Movilidad urbana sostenible: un diálogo interregional sobre la industria y el financiamiento del transporte público colectivo Disponible en: https://www.cepal.org/es/eventos/movilidad-urbana-sostenible-un-dialogo-interregional-la-industria-financiamiento-transporte

[2] León Aravena, Javier & Cerda, Francisco & Albornoz del Valle, Elias. (2019). Participación ciudadana y movilidad sostenible: el caso del área metropolitana de Concepción, Chile. Revista de Urbanismo. 10.5354/0717-5051.2018.52227.

[3] Stein Adriana. (2021) Directrices para elaborar y aplicar un plan de movilidad urbana sostenible. PTV Group. Disponible en: https://blog.ptvgroup.com/es/ciudad-y-movilidad/planificacion-diseno-de-la-movilidad-urbana-sostenible/
[4] Ortúzar, Juan de D. (2000). Modelos de demanda de transporte. Alfaomega Grupo Editor, 2da. Edición.
[5] Federación Española de Municipios y Comunas (2008) Diseño y Elaboración de Encuestas Locales de Movilidad Sostenible. Disponible en: https://redciudadesclima.es/sites/default/files/8869c791c9a4bfd6415e83215eda03b6.pdf

LA DISPOSICIÓN FINAL DEL ACEITE VEGETAL UTILIZADO EN COCINAS COMUNITARIAS, SU IMPACTO SOCIO-AMBIENTAL

Gandur, José Antonio[1]; Migliavacca, Julieta[2], Fanjul Torti, Constanza[1], Alves, Nancy[2]
1. Ministerio de Desarrollo Social – Gobierno de Tucumán
2. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología – Universidad Nacional de Tucumán
joseagandur@hotmail.com
jmigliavacca1981@gmail.com
cfanjul@gmail.com
nalvez@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) de Tucumán, dentro de sus funciones, aborda integralmente la problemática de familias en situación de riesgo nutricional, y define estrategias alimentarias específicas. Esta situación se aborda mediante la implementación del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios Vinculados a la nutrición, donde nuestra línea de estudio son las Cocinas Comunitarias. El objetivo principal del trabajo es poder encontrar una solución amigable con el medio ambiente para la disposición final del aceite usado buscando que la misma pueda contribuir a mejorar la condición de vulnerabilidad de las personas que asistentes a las Cocinas comunitarias.

Según datos relevados de la Dirección de Políticas Alimentarias del MDS, en la actualidad se compran y se distribuyen de manera mensual un total de 5.850 botellas de aceite de 900 grs cada una. Según cálculo detallado a continuación, se estima que las 5.850 botellas de aceite hacen a un total de 7312 litros usados por mes, equivalentes a 7,3m^3.En este marco, el trabajo describe el impacto ambiental que produce la ejecución del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la nutrición como consecuencia del uso de Aceites Vegetales para cocinar a diario y en segunda instancia, en la propuesta de una alternativa de recogida, reciclado y valorización del aceite usado, mediante su utilización para la producción de velas y jabones biodegradables, buscando de esta manera que el proyecto ingrese en el circulo virtuoso de la Economía Circular Social.

Palabras claves: Aceite Vegetal, Cocina Comunitaria, Economía Circular

ABSTRACT

The Ministry of Social Development (MDS) of Tucumán, within its functions, comprehensively dresses the problem of families in a situation of nutritional risk, and defines specific food strategies. This situation is addressed through the implementation of the Program to Strength en Community Spaces Linked to Nutrition, where our line of study is Community Kitchens. The main objective of the work is to be able to find an environmentally friendly solution for the final disposal of used oil, seeking that it can contribute to improving the vulnerability of the people who attend the Community Kitchens.

According to data collected from the Food Policy Directorate of the MDS, a total of 5,850 bottles of oil of 900 gram seach are currently purchased and distributed monthly. According to the calculation detailed below, it is estimated that the 5,850 bottles of oil make a total of 7,312 liters used per month, equivalent to 7.3m3. In this framework, the work describes the environmental impact produced by the execution of the Strengthening Program for Community Spaces linked to nutrition as a consequence of the use of Vegetable Oils for daily cooking and secondly, in the proposal of an alternative collection, recycling and recovery of used oil, through its use for the production of biodegradable candles and soaps, seeking in this way that the project enters the virtuous circle of the Social Circular Economy.

Key Words: Used oil, Social Circular Economy, Community Spaces

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Desarrollo Social (MDS) de Tucumán, dentro de sus funciones, aborda integralmente la problemática de familias en situación de riesgo nutricional, y define estrategias alimentarias específicas. Esta situación, corresponde a la Dirección de Políticas Alimentarias, que aborda la problemática mediante la implementación del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios Vinculados a La Nutrición, con sus tres líneas: a) Comedores Infantiles; b) Cocinas Comunitarias y c) Centros de Cuidado y Nutrición Infantil. A continuación, se describen las líneas de trabajo antes mencionadas:

a. Los Comedores Infantiles son estructuras organizacionales conformadas por miembros de la comunidad, quienes contribuyen en elaborar la prestación alimentaria diaria a poblaciones mayoritariamente conformada por niños. Están incluidas 34 Organizaciones Comunitarias, y el desafío es fortalecer el servicio alimentario para las familias que asisten a los comedores, con una cobertura de 6500 niños bajo programa.

b. Las Cocinas Comunitarias son dispositivos grupales que garantizan asistencia familiar frente a necesidades alimentarias. Trabajan de manera organizada, representados en su amplia mayoría por mujeres; quienes preparan alimentos, planifican menús y definen variedad, según gustos y necesidades de cada núcleo familiar. En el gran San Miguel de Tucumán, la Dirección de Políticas Alimentarias, acompaña a 109 cocinas, que atienden a más de 10.000 personas incluidas, aproximadamente, en 2000 familias.

c. Los Centros de Cuidado y Nutrición Infantil son espacios comunitarios donde los niños y niñas puedan crecer, jugar y aprender, en un clima de afecto y contención con participación familiar y comunitaria. Al presente, la Dirección de Políticas Alimentarias acompaña a 26 Organizaciones, que priorizan la función alimentaria y las estrategias de contención para 5100 niños y familias en el contexto de Crisis Sanitaria.

Todas las familias y organizaciones que participan en el Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios en sus tres líneas, llevan a cabo el proceso de producción de alimentos mediante el uso de aceite vegetal. Según datos relevados de la Dirección de Políticas Alimentarias del Ministerio de Desarrollo Social de la Provincia, en la actualidad se compran y se distribuyen de manera mensual un total de 5850 botellas de aceite de 900 grs cada una.

Según cálculo detallado a continuación, se estima que las 5850 botellas de aceite hacen a un total de 7312 litros usados por mes, equivalentes a 7,3 m^3.

5850 (kg) / 0,800 (kg/l) = 7312 L equivalente a 7,3 m^3

Una vez utilizado el aceite vegetal en los espacios del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la Nutrición, no hay ninguna política que promueva su tratamiento a los fines de mitigar el impacto ambiental que se genera como consecuencia de su desecho por cañerías o suelos.

"El aceite es un compuesto que no se degrada en el medio ambiente (...) y en el agua forma una película que evite la oxigenación ocasionando pérdida de la flora y la fauna a nivel acuático". [Solís Amanso y Neira Montoya, 2018]

En este marco, lo que se propone es avanzar en primera instancia, en el estudio descriptivo sobre el impacto ambiental que produce la ejecución del Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la nutrición como consecuencia del uso de Aceites Vegetales para cocinar a diario y en segunda instancia, en la propuesta de una alternativa de recogida, reciclado y valorización del aceite usado, mediante su utilización para la producción de velas y jabones biodegradables.

Atento a que la población total que participa en el Programa de Fortalecimiento a Espacios Comunitarios vinculados a la nutrición configura un universo muy amplio, se propone trabajar en este proyecto de tesis con un recorte, tomando para la investigación la zona comprendida por los municipios de San Miguel de Tucumán, Yerba Buena y Tafí Viejo. El público beneficiario con quien se propone trabajar son personas que asisten a un total de 16 comedores infantiles (4060 beneficiarios), 1 cocina comunitaria (190 beneficiarios) y 10 Centros de Cuidado y Nutrición Infantil (2310 beneficiarios), sumando una población total aproximada de 6560 personas.

Con este trabajo se pretende alcanzar a 6560 personas de un total de 909004 habitantes, según datos arrojados por el último Censo Nacional, que se estiman radicados en las zonas a investigar en un radio equivalente a una superficie de 1484 km^2 aprox. Esta extensión representa a un 6,6% del territorio provincial, siendo que Tucumán tiene en total una superficie de 22.525 km^2.

DESARROLLO

El presente trabajo toma como puntos territoriales los dispositivos comunitarios que forman parte del “Programa de Fortalecimiento a espacios comunitarios vinculados a la Nutrición, por tal motivo resulta central poder realizar un diagnóstico de los mismos y entender el rol central que cumplen en la provincia.

La presencia de Comedores Infantiles/Comunitarios en la Provincia se relaciona con los períodos socio-económicos más críticos, como fueron el cierre de los ingenios como principal fuente laboral, la década del `90 y la profunda crisis estallada en el 2001, destinados a dar respuesta inmediata a la población más crítica, vulnerada en lo que respecta a seguridad alimentaria.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define como grupo vulnerable al que padece de inseguridad alimentaria o corre riesgo de padecerla. El grado de vulnerabilidad de una persona, un hogar o un grupo de personas está determinado por su exposición a los factores de riesgo y su capacidad para afrontar o resistir situaciones problemáticas.

Se considera a las familias vulnerables como el resultado de la acumulación de desventajas y con una mayor posibilidad de presentar un daño, derivado de un conjunto de causas socio-económicas (medio ambiente, inseguridad, calidad de construcción de las viviendas, ingreso, condiciones laborales) y de algunas características personales (capacidades, capital social) y/o culturales (cualificación y conocimientos).

Dentro de las familias en situación de vulnerabilidad en el presente proyecto se priorizan a aquellas que tienen a cargo niños menores de 14 años, adultos mayores, embarazadas y discapacitados en situación de riesgo nutricional.

Si bien pasaron varios años de esa profunda crisis, la realidad actual, consecuencia de los últimos años, arroja indicadores sociales preocupantes.

El informe “Riesgos Alimentarios y Prácticas de Consumo en la Argentina Urbana” elaborado por el Observatorio de la Deuda Social de la Infancia de la Universidad Católica Argentina (2021), revela que la inseguridad alimentaria afectó al 21,4% de los hogares. En un contexto altamente inflacionario, la mayor proporción de gastos alimenticios implica una mayor dificultad para poder alcanzar el consumo adecuado de alimentos. Esta disminución de la capacidad de acceder a los alimentos se traduce en situaciones de inseguridad alimentaria.

En la Provincia de Tucumán, el 46,2% de las personas se encuentra bajo la línea de pobreza, donde la desocupación es del 12,4% y la informalidad alcanza el 45.20%, (datos elaborados al 1 semestre 2021 por EPH- INDEC). Esta situación se complejiza aún más teniendo en cuenta la pandemia producida por el Covid-19 donde se ha incrementado la crisis económica y social; y se agudizaron las desigualdades sociales.

Es en este contexto donde, además de los programas sociales de transferencia más universales como: AUH, Alimentar, comedores escolares o potenciar trabajo; el entramado social de organizaciones comunitarias destinadas a dar respuesta alimentaria diaria vuelve a cobrar un rol protagónico de asistencia y acompañamiento a las familias más críticas.

Se parte de entender al *Medio Ambiente* en el marco de lo expuesto en la Conferencia de las *Naciones Unidas sobre Medio Ambiente* realizadas en Estocolmo en 1972, donde se lo define como: “el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas” [Foy, 1998].

Siguiendo los aportes de Damián Marino en su tesis doctoral (2009), en términos macroscópicos se suele considerar al medioambiente como un sector, una región o un todo (escala global). En cada uno de esos niveles o alcances de estudio, Marino expone que hay una interacción de los factores como el aire, el agua o el suelo (agentes abióticos) y de toda una gran variedad de organismos animales y vegetales, con distinto nivel de organización celular, como integrantes del mundo biótico [Valverde, 2007].

En esta línea, se conceptualiza al medio ambiente, en consonancia a los aportes de Guillermo Espinoza (2001) quien lo circunscribe en para hacer referencia al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, se presta a una multitud de interpretaciones y apropiaciones. De manera general se le puede entender como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos. [Espinoza, 2001]

OBJETIVO

El principal objetivo del trabajo es analizar el impacto ambiental que genera el desecho de Aceite Vegetal usado en los centros/lugares que operan bajo el programa de Fortalecimiento a Espacios

Comunitarios vinculados a la Nutrición, evaluando cuáles son las acciones y propuestas que se pueden elaborar a los fines de contribuir al cuidado y preservación del medio ambiente.

RESIDUOS

Se propone tomar los aportes de M. Emilia Naselo en tu tesis "Tratamiento de los Aceites Vegetales Usados y evaluación de su factibilidad técnica como materia prima en una planta de biodiésel en la ciudad de Tandil", para avanzar en la comprensión del concepto de residuo. En ella se postula que para que algo sea definido como residuo, tiene que ser la decisión de un individuo o grupo de personas de que ese objeto no tiene utilidad o valor y por lo tanto quiera desprenderse del mismo.

Es de importancia delimitar a qué se hace referencia a la hora de pensar en el desecho de AVU, entendiendo al mismo como un residuo plausible de ser reutilizado como materia prima para la elaboración de otros productos. En este sentido, se piensa al residuo en el marco de los aportes de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) que lo define como “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas”. (2001)

En el marco de lo estipulado desde organismos como la OCDE, los residuos se pueden clasificar según su composición de la siguiente manera:

Residuo orgánico: todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc.

Residuo inorgánico: todo desecho sin origen biológico, de índole industrial o de algún otro proceso artificial, por ejemplo: plásticos, telas sintéticas, etc.

Mezcla de residuos: En el sentido más amplio del término, se refiere a todos los desechos de residuos mezclados que es el resultado de una combinación de materiales orgánicos e inorgánicos.

En la mayoría de los países se producen residuos mezclados, a partir de restos de comida, envases y cajas diversas. Un problema es el de los residuos compuestos de materiales orgánicos que no pueden descomponerse por completo, y material inorgánico relacionado con el nitrógeno y por tanto que también forma gases tóxicos.

Residuo peligroso: se refiere a todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y que por lo cual debe ser tratado de forma especial, por ejemplo, material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc.

Residuo inerte: aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

Según se trabaja en la tesis de la autora citada a párrafos precedentes, los residuos también pueden clasificarse por su origen en:

Residuos domésticos (Residuos Sólidos Urbanos): residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias. Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres, así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados.

Residuo comercial: residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración y bares, de las oficinas y de los mercados, así como del resto del sector servicios.

Residuo industrial: residuos resultantes de los procesos de fabricación, de transformación, de utilización, de consumo, de limpieza o de mantenimiento generados por la actividad industrial.

Residuo hospitalario: desechos que son catalogados por lo general como residuos peligrosos y pueden ser orgánicos e inorgánicos.

Basura espacial: Objetos y fragmentos artificiales de origen humano que ya no tienen ninguna utilidad y se encuentran en órbita terrestre.

Residuo de construcción y demolición: Cualquier sustancia u objeto que se genere en una obra de construcción o demolición.

En el marco de las clasificaciones anteriormente expuestas, se propone caracterizar al Aceite Vegetal Usado, objeto de esta tesis, como un residuo orgánico, doméstico y comercial, ya que de él pueden derivarse productos que desencadenen una economía circular virtuosa, con foco en promover el cuidado del medio ambiente mediante la mitigación del desecho de AVU en cañerías y suelos.

ACERCA DEL ACEITE VEGETAL USADO

Se puede definir al Aceite Vegetal como un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Como todas las grasas está constituido por glicerina y tres ácidos grasos. Puede obtenerse del girasol, soja, maíz, lino, sésamo, entre otros [Nasello, 2019]

A partir de esta definición, se considera de importancia poder avanzar hacia una conceptualización sobre el proceso y las características que hacen que el Aceite Vegetal se considere Usado. Nasello Plantea que "Los Aceites Vegetales y Grasas de fritura usados (AVUs) son aquellos que provengan, o se produzcan en forma continua o discontinua, a partir de su utilización en las actividades de cocción o preparación mediante fritura total o parcial de alimentos, cuando presenten cambios en la composición físico-química (grado de estabilidad, características organolépticas, nivel nutricional) y en las características del producto de origen de manera que no resulten aptos para su utilización para consumo humano conforme a lo estipulado en el Código Alimentario Argentino y en condiciones de ser desechado por el generador" (2019).

El AVU es una fuente potencial de contaminación. Según Odum Eugene, la contaminación es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas de nuestro aire, agua y tierra, que puede afectar o afectara nocivamente la vida humana y la de las especies beneficiosas.

*"*Un mal manejo del AVU puede provocar la muerte y eventualmente desaparición de otros organismos. Representa un riesgo para la salud humana y para el ambiente. El aceite es más ligero que el agua, con una densidad de 0.92 g/ml y tiende a esparcirse en grandes membranas finas que dificultan la oxigenación del agua" [Nasello. 2019]

Según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina, un litro de aceite de cocina contamina 1000 litros de agua y en el suelo disminuye la fertilidad. De acuerdo con cifras de la OMS, un litro de residuos de aceite usado de cocina contamina el consumo de agua de una persona durante 1,5 años [Gioia, 2013]. En este contexto, estudiar el impacto que tiene la utilización diaria de aceite vegetal en poblaciones que habitan en conglomerados superpoblados como San Miguel de Tucumán, ayuda a la construcción de datos certeros que visibilicen la complejidad de estas prácticas y posibiliten iniciar instancias de producción de propuestas alternativas y superadoras para el tratamiento y/o desecho del aceite vegetal.

Por ello esta propuesta de investigación de tipo descriptivo, está destinada a pensar soluciones viables y que ayuden a promover buenas prácticas en las comunidades donde se recibe el aceite vegetal como insumo para garantizar el fortalecimiento del plan alimentario. Asimismo, se propone que este trabajo siente las bases metodológicas para poder realizar estos mismos análisis a posteriori, también en poblaciones del interior de la provincia y por qué no, en otras comunidades del país que encuentren en este procedimiento las herramientas e instrumentos para avanzar en políticas públicas medioambientales.

Según datos de la empresa RBA Ambiental, en Argentina, si cada 5 habitantes se recolectara ½ litro de ACU mensual, se lograría el reciclado aproximado de 4.000.000 de litros mensuales de ACU, evitando la potencial contaminación de 4 millones de toneladas de agua limpia. (2022):

- 1 litro de AVU puede contaminar más de 1000 litros de agua.
- Su acumulación en desagües cloacales y pluviales facilita la obstrucción de conductos y la proliferación de colonias de roedores e insectos.
- Su disposición en pozos ciegos produce la impermeabilización de los mismos, obstruyendo la correcta absorción de líquidos.
- Lo aceites vegetales usados que llegan a los ríos, se acumulan en la superficie e impiden el paso de la luz solar y del oxígeno, aumentando la mortandad de la flora y la fauna acuática.

Una correcta disposición de AVU permitiría:

- Beneficiar la depuración de aguas residuales, permitiendo su reutilización.
- Disminuir costos de mantenimiento de redes cloacales y alcantarillado.

- Disminuir los costos de las plantas depuradoras de agua de su provincia o municipio.
- Generar fuentes alternativas de energía: la reutilización del residuo AVU como fuente de materia prima para producción de biodiesel.

En la actualidad, en la provincia de Tucumán no hay una legislación vigente obligatoria que se encargue de la disposición final del AVU, y por parte de los municipios con los que se va a trabajar, se infiere a partir de un relevamiento preliminar que no está regulada.

A partir de instancias de consulta a los municipios con los que se plantea trabajar, se infiere que ninguno de ellos tiene una cuantificación actualizada de los litros de AVU que desechan por mes en sus ciudades. Por este motivo, la presente investigación plantea trabajar con el aceite vegetal usado en comedores y organizaciones pertenecientes al Programa de Fortalecimiento de espacios comunitarios vinculados a la nutrición, entendiendo existe un registro desde el organismo público que provee del aceite para el desarrollo del programa (Ministerio de Desarrollo Social) y que de esta manera, es plausible contar con la información necesaria para evaluar el impacto que se genera a partir del desecho del mismo.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Este estudio, se pensó en el marco y cumplimiento de lo estipulado a nivel normativo en la Argentina, que en su Ley General de Ambiente N° 25675, establece la instancia de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como instrumento para acreditar la viabilidad ambiental de un proyecto y su gestión ambiental.

Según publicaciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (2022), La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es un procedimiento que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo; siendo un instrumento que se aplica previamente a la toma de decisión sobre la ejecución de un proyecto.

Lo primero que se hizo para analizar el volumen de aceite usado a disponer fue encuestar a las diferentes cocinas sobre el uso que tiene el Aceite que se les entrega. A continuación, se adjuntan las respuestas agrupadas:

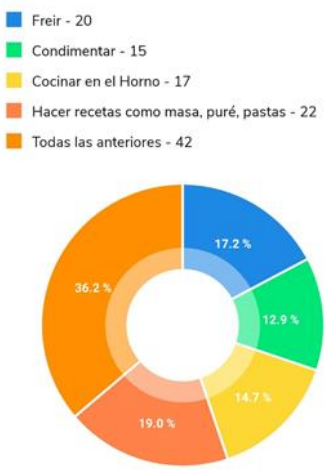


Figura N°1: Uso del aceite en las cocinas comunitarias

Del análisis de la información obtenida se pudo conocer que el 52% del aceite luego finaliza como un residuo, mientras que el 48% restante es utilizado para condimentar.

Para nuestro trabajo la Evaluación de Impacto Ambiental se planteó mediante la implementación de una matriz que permitió evaluar a partir de la observación participante los siguientes sistemas con sus subsistemas:

a) Medio Socio Económico

- Medio Económico
- Medio Sociocultural
- Medio Urbano/rural

b) Medio Biofísico.

- Medio perceptual
- Medio Biótico
- Medio Físico

En el análisis socio-económico se concluyó que el género predominante en las cocinas comunitarias, con un 89% son las mujeres, que trabajan en las mismas y viven en su mayoría en condición de vulnerabilidad; con lo cual el impacto socio-económico de la realización del proyecto del estudio de impacto ambiental deja un resultado positivo porque podría mejorar las condiciones de la comunidad.

En lo relativo al medio biofísico se analizó el volumen, en unidades de frascos de aceite que se descarta una vez utilizado:

Opciones	%	Conteo
1	11.32	6
2	13.21	7
3	15.09	8
4	11.32	6
5	7.55	4
Entre 5 y 10	5.66	3
Entre 10 y 15	0.00	0
Más de 15	0.00	0
No junto el aceite en frascos , lo tiro ...	24.53	13
Sin respuesta	11.32	6

Tabla N°1: Cantidad de frascos de AVU generados

Del análisis de la cantidad de frascos de Aceite Vegetal Usado generado se desprende que se desechan, de diferente manera aproximadamente 118 frascos por día en total. Luego de este análisis se consideró necesario evaluar las diferentes disposiciones finales de ese residuo.

Figura N°2: Disposición final aceite usado

Del análisis de la disposición final del aceite se obtiene que el aceite usado principalmente termina en las cloacas y/o cámaras sépticas, según lo que tenga la cocina comunitaria. La matriz de impacto ambiental nos arroja un impacto negativo ya que, por todo lo antes mencionado el aceite vegetal usado tiene un impacto negativo para el medio ambiente.

Posterior a la evaluación de impacto ambiental, se propone realizar un estudio de factibilidad técnica y económica con análisis comercial para la producción de velas aromáticas y jabones a partir de la reutilización del aceite vegetal usado. Se considera que esto puede ser una interesante salida laboral para las jefas de familia de las cocinas comunitarias, además que contribuirá positivamente a la matriz de aspecto impacto ambiental.

CONCLUSIONES

En esta línea de investigación se espera un aporte en el campo de desarrollo estrategias de Responsabilidad Social Estatal, entendiendo que desde el mismo Estado pueden habilitarse los mecanismos para pensar políticas públicas socialmente responsables, que promuevan el cuidado del medio ambiente y faciliten la implementación de buenas prácticas.

Pensar en buenas prácticas a partir del reciclado del Aceite vegetal usado y su utilización como materia prima para la elaboración de velas y jabones significa ir un poco más allá de los resultados propios de medir las consecuencias del impacto ambiental que genera el desecho de AVU, para pensar en soluciones genuinas y concretas que aborden la problemática con soluciones desde una mirada holística, que prioriza la economía circular y el desarrollo local, y que entiende que en el valor del desarrollo de estos esquemas en el entramado social pueden radicar los cambios fundamentales para que los ciudadanos logren una mayor calidad de vida y sustentabilidad de sus entornos.

REFERENCIAS

- Solís Amanso, Irma y Neira Montoya, Maria Elena (2018). *Impacto en el medio ambiente del aceite de cocina usado*. Universidad Ricardo Palma.
- Pierre Foy, Valencia (1998). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente.* Instituto de Estudios Ambientales,
- Marino, Damián (2009). *Hidrocarburos aromáticos policíclicos.* Tesis doctoral.
- González Canal y Otros. (2017). *Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencia en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras.* España.
- Gioia, G. (2013). "*Gestión Integral de aceites vegetales usados (AVU`s)* ". Trabajo final de tesis, Especialización en Management Tecnológico. Universidad Nacional de Río Negro. Argentina
- Jiménez Morales; S. (2012). "Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios". Tesis de grado. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. México D.F.

Metodología para estudio de impacto ambiental en el transporte en Ciudad de Buenos Aires

Mg. Ing. Lucas Damián Herrero

Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina

Autor principal: herrerolucas@hotmail.com

RESUMEN.
Generamos una metodología de evaluación de impacto ambiental del transporte en AMBA, para así actuar reduciendo sus efectos mediante la aplicación de las acciones y políticas ambientales apropiadas, y verificar el verdadero impacto de las mismas.
Nos centraremos en el análisis de la calidad de aire y sus relaciones causa-efecto con distintos factores. La idea es analizar los principales factores de contaminación, cuantificando las relaciones causa-efecto, y cruzando con recursos y necesidades, para, que luego de este análisis, plantear diferentes alternativas de acciones destinadas a minimizar los efectos contaminantes que actúan empobreciendo la calidad del aire.
Esto es para generar acciones estratégicas que minimicen el fracaso de las mismas. Hoy día existe información sobre las mediciones de contaminación en AMBA.

La metodología no solo apunta a la comparación con los estándares internacionales, sino también a sistematizar el cálculo de los costos requeridos para lograr tales niveles, en caso de no alcanzarlo, y calcular la desviación en distintos escenarios, realizando una estimación de las ganancias de descontaminar. Se compararán los beneficios sobre la salud, o estrategias destinadas a mejorar la calidad del aire a partir las soluciones a analizar bajo esta metodología.

Este trabajo se realiza en cooperación con Litro de Luz Argentina, Ganador del Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Palabras Claves: metodología; medio ambiente, impacto, transporte, Ciudad de Buenos Aires.

ABSTRACT

We generate a methodology for evaluating the environmental impact of transportation in AMBA, in order to act reducing its effects by applying the appropriate environmental actions and policies, and verifying their true impact.

We will focus on the analysis of air quality and its cause-effect relationships with different factors. The idea is to analyze the main pollution factors, quantifying the cause-effect relationships, and crossing with resources and needs, so that, after this analysis, propose different alternative actions aimed at minimizing the polluting effects that act impoverishing air quality .

This is to generate strategic actions that minimize their failure. Today there is information on pollution measurements at AMBA.

The methodology not only aims at comparing with international standards, but also at systematizing the calculation of the costs required to achieve such levels, if not reached, and calculating the deviation in different scenarios, estimating the gains from decontaminating . The health benefits or strategies aimed at improving air quality will be compared based on the solutions to be analyzed under this methodology.

This work is carried out in cooperation with Litro de Luz Argentina, Winner of the Green Latin America Award - Sustainable Cities 2019.

1. INTRODUCCIÓN

Establezcamos el concepto de contaminación. Se trata de la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos tóxicos que afectan tanto la salud humana y su calidad de vida como el funcionamiento natural de los ecosistemas.

Si bien a partir del 2016 se empezó a trabajar en un nuevo Código Urbanístico porteño, hay que pensar que hay un tema que en la Ciudad de Buenos Aires no podemos pasar por alto.

La contaminación del aire causa en nuestro país casi 15.000 muertes cada año. La mayor parte de las muertes se debe a cardiopatías isquémicas, es decir, a la interrupción de la circulación de las arterias que nutren de sangre al corazón y que puede conducir al infarto.

Los datos son de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que en su página interactiva “Breathlife” permite medir on-line el nivel del particulado dañino en 3.000 ciudades del mundo, entre éstas, Buenos Aires, arrojando un dato preocupante “14,763 Annual Deaths from air pollution”. La Capital Federal de la Argentina muchas veces arroja niveles por encima de un 40% de aire respirable considerado seguro por la OMS.

La contaminación ambiental abarca un amplio espectro, que involucra al aire (ya sea con productos y/o sonora), al agua y al suelo. Las fuentes principales de donde provienen los agentes contaminantes antropogénicos son las fuentes móviles y las fijas. Las primeras la conforman los vehículos de motor que funcionan con distintos tipos de combustibles derivados del petróleo y las segundas son las industrias, con sus diferentes producciones, incluyendo las plantas productoras de energía.

En cuanto a la contaminación del aire o atmosférica, que es el caso a estudiar, nos basaremos en la quema de combustibles fósiles por el parque automotor de la Ciudad de Buenos Aires.

Es tan importante el tema de la conservación ambiental que desde hace más de 30 años la preocupación ya ha tomado connotaciones mundiales. En estos últimos tiempos se está convirtiendo en uno de los objetivos fundamentales de la humanidad. La prueba está en los foros mundiales que se realizaron en Río de Janeiro en 1992, en Tokio en 1997 y en Porto Alegre en 2003. Los casos de China y México DF fueron casos de estudio en estos foros.

La Ciudad de México es considerada una de las ciudades más contaminadas del planeta. La contaminación es un gran problema que aumenta día a día y que afecta a sus habitantes y al medio ambiente. Comenzó aproximadamente en los años setenta y ochenta y continuó aumentando progresivamente hasta la actualidad. Hasta ahora no ha habido ninguna solución que acabe con el problema.

Los vehículos son una de las fuentes más importantes de contaminantes del aire en la Ciudad de México por eso la Secretaría del Medio Ambiente cuenta con dos programas para asegurar que los vehículos que circulan en la Ciudad de México tiendan a una menor emisión posible de contaminantes. Estos programas son “verificación vehicular” y “el hoy no circula”.

Figura 1: Smog en el fondo de la ciudad de México.

Figura2: Smog en el fondo de la ciudad de Buenos Aires

La falta de políticas de prevención y control ambiental se refleja en la ciudad de Buenos Aires, que se ubica entre las ciudadades que registran una contaminación que puede ser perjudicial para la salud.
El nivel de las partículas contaminantes PM 2,5, conocidas como finas porque son las más pequeñas y por ende más nocivas, ya que pueden penetrar directamente en los pulmones. Las altas concentraciones de estas partículas finas se asocian con un gran número de muertes causadas por infartos y ataques cerebrales.
El aire porteño excede el nivel que la OMS considera "razonable": lo aceptable para el organismo es que haya una media anual de hasta 10 microgramos por metro cúbico, pero en la ciudad Buenos Aires está en 16.
CABA tiene una menor cantidad de partículas contaminantes que Quito, Asunción, San Pablo, Caracas, México DF, La Paz, Santiago de Chile; Bogotá y Río de Janeiro, aunque mayor cantidad que Guadalajara y San José de Costa Rica, si se toman algunas de las grandes ciudades de la región.
"Muchos centros urbanos están actualmente tan envueltos en aire sucio que la silueta de sus edificios es invisible", lamentó Flavia Bustreo, directora general adjunta de la OMS, quien destacó el peligro de este aire para la salud.
A través de un comunicado se señaló que "la contaminación del aire está empeorando". Y la directora de Salud Pública en la OMS, María Neira, sentenció."La situación es dramática".
Lo que nos lleva a pensar ¿Cómo es la exigencia de normativa en Argentina en relación con los demás países?
Teóricamente, en una combustión perfecta, el hidrógeno y el carbono del combustible se combinan con el oxígeno del aire y el resultado es la producción de calor, luz, dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O). Pero las impurezas del combustible agregado a una imperfecta relación de la mezcla del aire y el combustible y/o con temperaturas de combustión demasiado altas o bajas, causan la formación de agentes contaminantes del aire tales como el monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), material particulado en suspensión (MPS), hidrocarburos no quemados (HC), plomo y otros tales como los aromáticos (benceno, tolueno y xileno) de los cuales aún no se tienen medidas de las emisiones y son contaminantes peligrosos para la salud.
La razón por la que los motores de combustión interna contaminan es porque el combustible diésel y la gasolina contienen impurezas que se queman del todo en las cámaras de combustión. Las impurezas y el combustible no quemados por las altas temperaturas y la alta compresión se convierten en NOx SO_2 CO pm CO_2 y H_2O e hidrocarburos. Si se quemara todo el combustible y este no tuviera impurezas, las únicas emisiones serian anhídrido carbónico, no toxico, oxigeno y agua.
La relación teórica aire gasolina que la quemaría toda es 14,7:1 y esa es la relación que usa un convertidor catalítico de gasolina porque el diésel siempre tiene aire en exceso por eso no reduce los NOx.
Combustión completa:

$$HC + O_2 \text{ ----- } CO_2 + H_2O + \text{calor}$$

Combustión incompleta:

HC + O2 ----- CO + CO2 + H2O + Calor

Por otro lado también contribuye a la contaminación del suelo, debido a los residuos de las llantas en los pavimentos.

Existen estadísticas de distintas partes del mundo que señalan los porcentajes de contaminación donde se pone de manifiesto cuál es la participación de las distintas actividades humanas en las emisiones al aire de productos tóxicos. En general en las ciudades, el principal responsable de la pérdida de calidad del aire lo constituyen las fuentes móviles, con una cifra que oscila entre el 75% y 80% del total de la contaminación. Conviene destacar que estas fuentes móviles contribuyen con más del 70% del monóxido de carbono (CO), con más del 50% de los hidrocarburos (HC) y con alrededor del 45% de los óxidos de nitrógeno (NOx) del total que emite al aire cada una de las fuentes contaminantes.

2. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y EL AMBIENTE

A través de la inhalación de los dos tipos de partículas, gruesas (PM10) y finas (PM2.5) se acumulan en el sistema respiratorio y produce efectos nocivos sobre la salud. La exposición a las partículas gruesas provoca un agravamiento de las vías respiratorias especialmente a los que tienen asma. Las partículas finas también están asociadas a este tipo de problemas. Se traduce en incrementos en las admisiones hospitalarias y en las visitas de emergencia a los consultorios, en enfermedades de corazón y de pulmón, malestares crecientes en los síntomas respiratorios, deterioro y cambios en la función pulmonar que pueden provocar la aparición de muerte prematura. Los grupos de personas con mayor riesgo de padecer tales efectos son los ancianos, los niños y aquellos individuos con problemas cardiopulmonares tales como el asma.

La mayoría de los efectos nocivos provocados en la salud surgen de las partículas finas y ultrafinas (PM2.5 y PM1) que provienen de fuentes primarias y procesos secundarios por suma e interacción con otros gases contaminantes como se dijo más arriba. Estas partículas finas permanecen por mucho tiempo flotando en el aire y al aspirarse, endurecen las celias (vellocidad que sirve de filtro en las vías respiratorias) por lo que pasan directamente, intensificando el daño.

El monóxido de carbono es inodoro y incolora y en altas concentraciones es un gas venenoso. Se origina cuando el carbón que está en el combustible, no se quema completamente. Es un componente de los escapes de los vehículos motorizados. Contribuye con alrededor del sesenta por ciento de todas las emisiones de CO. Las mayores concentraciones de este gas se producen en áreas de fuerte congestión de tránsito, especialmente en las ciudades con un porcentaje más alto aún. Los problemas se agudizan cuando se forman los picos de concentración. Estos ocurren típicamente en los meses fríos del año porque las emisiones de los vehículos son mayores y en los momentos en que se generan las condiciones de inversión, donde el aire contaminado es atrapado cerca de la superficie del suelo, debajo de una capa de aire caliente. Este fenómeno es más frecuente que se produzca en la noche.

El monóxido de carbono entra en la corriente sanguínea a través de los pulmones y reduce el oxígeno liberado por los órganos y tejidos del cuerpo. Tiene una alta capacidad de reacción con la hemoglobina, y afecta el transporte de oxígeno al corazón, músculos y cerebro. Con bajos niveles de concentración, quienes estás susceptibles de sufrir afecciones son las personas que sufren de enfermedades coronarias. En altas concentraciones y con altos niveles de exposición el CO afecta también la salud de gente sana. Además, genera mayores admisiones hospitalarias, efectos negativos en la conducta, en el desarrollo mental y en las circunstancias perinatales. También produce otros efectos nocivos cardiovasculares.

3. METODOLOGIA

La metodología debe estructurarse con base a la caracterización y evaluación del sistema automotor de Ciudad de Buenos Aires, debe partir un poco de la tomar en cuenta la ausencia de una estrategia de ordenamiento logístico. De esta manera, la metodología que se desarrolla responde a la necesidad de proponer a la ciudad un modelo de ordenamiento logístico de carácter indicativo. Si bien la metodología puede empezar a estructurarse con la caracterización y evaluación del sistema logístico de la ciudad la realizaremos sin tomar en cuenta esta premisa, y solo como una mera metodología de estudio de impacto.

Lo primero que tomaremos en cuenta es lo referente a la LEY Nº 1356/04 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, sobre “Calidad Atmosférica”, tomando el Artículo *34 “La Autoridad de Aplicación debe implementar un programa de monitoreo permanente, continuo y sistemático de contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, que permitan conocer la variación de la concentración o nivel en el tiempo para las zonas que se determinen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Los datos provenientes del mismo deben publicarse en forma trimestral como máximo, en el Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en la página de Internet del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El programa de monitoreo permanente de contaminantes debe incluir*

criterios sobre la calidad de los datos, métodos de referencia validados internacionalmente para muestreo y análisis de contaminante"

Esto claramente pone hacedor de los programas de monitoreo al estado, por lo cual podríamos decir que no tienen sentido lo que pongamos ya que es de responsabilidad pública, pero no es esta la idea de esta metodología. La idea es el poner en conocimiento las distintas metodologías, y comparar con las utilizadas actualmente, para validarlas, o poder presentar los organismos competentes.

Si queremos partir de una metodología valedera, partiremos de los 4 puntos de medición de calidad de aire que existen hoy día (La Boca, Centenario, Recoleta, Palermo) que mide:

- CO (Monóxido de Carbono en PPM - partes por millón, promedio de las 8 horas anteriores)
- NO2 Dióxido de Nitrógeno (en PPB - part per billon - miles de millones) - Promedio horario correspondiente a los 60 minutos anteriores.
- PM10 Material Particulado respirable menor a 10 micrones (en µg/m3 – microgramo por metro cúbico) - Promedio móvil 24 horas - promedio 24 horas anteriores

Se deberá también analizar cuáles son los periodos de tiempo, y bajo qué condiciones climáticas, se realiza la mayor concentración de material nocivo.

Los pasos propios de la metodología de estudio que se propone será:

- **Selección de la zona de estudio:** Para la selección de la zona de estudio se realizará un análisis sobre las rutas y en basándonos en la época del año y condiciones climáticas, se analizará el nivel de contaminación atmosférica que en él se produce debido al tráfico vehicular.

  Alto a tener en cuenta es la Estabilidad atmosférica. Para la evaluación de las condiciones de estabilidad en la zona de estudio se utilizaran los datos meteorológicos. Estos datos se procesarán para obtener la distribución conjunta de velocidad y dirección del viento por estabilidades, utilizando la variabilidad en la dirección del viento (σq).
- **Selección de los puntos de medición para las variables ambientales:** Luego de seleccionar la zona de estudio, se seleccionarán los posibles puntos de medición para las variables ambientales más significativas (monóxido de carbono; y partículas PM10 y PM2.5). Se analizaran estos factores por ser los más nocivos.
- **Estimación de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base mediciones históricas, y al modelo que se adapte, se realizará una estimación teórica de contaminantes.
- **Estimación de la calidad del aire en la zona de estudio:** Tomando en cuenta el punto anterior, las condiciones climáticas y épocas del año.
- **Medición de la emisión de contaminantes en la zona de estudio:** En base a estas estimaciones, se determinarán los periodos de criticidad para hacer las mediciones.
- **Concentración de contaminantes en la zona de estudio:** Utilizando los protocolos y normativas de la zona a analizar. En nuestro caso CABA. Pudiendo utilizar como referencia el Estudio de Partículas Suspendidas en ambiente de trabajo según Art 61, Anexo III, Dec 351 y Anexo IV, Resolución 295/03, y/o lo referido a las leyes Nº 123/98 y Nº 1356/04 de Ciudad de Buenos Aires.
- **Modelación de la calidad del aire en la zona de estudio:** se podrá implementar del software Breeze de modelación de la calidad de aire para material particulado. Y modelación de la calidad del aire con el modelo de dispersión CALPUFF ó AERMOD.

3.1 Costos medioambientales

También se tendrá que establecer un procedimiento que permita la gestión de los costos medioambientales que satisfaga las necesidades de la investigación, fundamentalmente en el proceso de toma de decisiones para las futuras mejoras a proponer.

- Valorar el estado de la ciencia sobre la contabilidad de gestión medioambiental y la necesidad de su aplicación.
- Definir elementos, requisitos y procedimientos para el diseño y validación del procedimiento para la gestión de los costos medioambientales.
- Validar el procedimiento diseñado en base a los modelos de estimación y medición.

4. CONCLUSIONES

La Ciudad de Buenos Aires requiere de una metodología para estudio de impacto ambiental en el plan integral de transporte, que contemple todos los aspectos de la vida de la población con sus necesidades de movilidad y accesibilidad para desarrollar eficientemente sus actividades (socio-cultural, económico, educacional, recreativo, de salud, etc) en un ambiente descontaminado. Es decir, el sistema debe estar al servicio de la población, sin externalidades que la afecten negativamente.

Esto permite simular el verdadero impacto de la instrumentación de luminarias solares en las grandes urbes, tomando en cuenta que las luminarias de Litro de Luz Argentina, al ser reemplazo de luminarias públicas de similares características en la prestación, disminuye 200Kg de carbono en base a la alimentación por generación eléctrica por combustibles fósiles. Esta demostración fue parte de la investigación realizada por dicha Asociación para lograr el Premio Latinoamérica Verde – Ciudades Sostenibles 2019.

Es deber de nosotros, los profesionales de la ingeniería, estudiar y proponer alternativas de mejoras a los organismos responsables, no por un simple deber laboral, sino por un deber cívico y de honor, que debemos poner nuestro conocimiento para mejorar la calidad de vida de los demás.

REFERENCIAS:

Conesa Fernández, Vicente. (1997). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Editorial Mundi Prensa, Madrid.

Corea y Asociados, S.A. (2008) Manual para la elaboración Términos de Referencia de Estudios Ambientales. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), División General de Planificación.

Decreto Ejecutivo 76-2006. (2006) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. República de Nicaragua.

Espinoza, Guillermo. (2005) Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo, BID Centro de Estudios para el Desarrollo, CED Santiago Chile.

Hunt, David. (1996). Sistemas de Gestión Medioambiental. Editorial McGraw Hill.

Rafael Cal y Mayor (2008) Ingeniería de Tránsito “Fundamentos y Aplicaciones”. James Cárdenas G. Alfaomega, 8va. Edición.

Cádiz Deleito, J.C. (1994): “El transporte y la contaminación. Posibles estrategias y soluciones”, Ciudad y Territorio, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid.

Azqueta Oyarzun, Diego (1994)2”Valoración económica de la calidad ambiental”, McGraw-Hill, Madrid.

Bullaude, Andrés (2001), “Información general. Contaminación del aire.” (Dirección de Saneamiento y Control Ambiental, Gobierno de Mendoza)

Chaparro, Juan (2000) “Planeación estratégica en ciudades: un modelo emergente para el Estado de México. Toluca, México” Instituto de Administración Pública del Estado de México.

Güell Juan Manuel (2006) “Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos” Barcelona, Reverté.

OECD - Programme of Research on Road Transport and Intermodal Linkages. Summary of the OECD report, delivering the goods-21st century challenges to urban goods transport, Logistics System For Sustainable Cities, Madeira, Elsevier

BESTUFS (2007). Guía de buenas prácticas sobre el transporte urbano de mercancía.

UK Round Table on Sustainable Development. Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, London, UK, Economic regulation: the role of economic regulation of energy, water and transport in furthering sustainable development, 2007.

TRABAJO FINAL EVALUACIÓN CALIDAD DE AIRE EN AMBIENTE

(MEDICIONES: MATERIAL PARTICULADO, MULTIGASES Y CALIDAD AMBIENTAL)

Ing. Qco. José Martín Glavas

Campus Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) – Ciudad de Corrientes – Junio 2022
josemartinglavas18@gmail.com

RESUMEN

Informe técnico de evaluación calidad de aire en el Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) para determinar las cantidades y concentraciones de partículas y multigases, así como también la calidad ambiental pueden ayudar a determinar si existe un problema ambiental (contaminación). Localizar el origen de estos diversos contaminantes pueden ayudar a determinar métodos eficaces de reducción de estos y a la mejora de la calidad del aire. Estas mediciones se detallan a continuación:

Material particulado (PM) por medio del Contador de Partículas, Marca Tenma, Modelo ST – 9880 que sirve para medir el número y tamaño de partículas en el aire. Los datos obtenidos sirven para medir la contaminación debido al polvo fino presente en dicho campus. Para calcular los datos este aspira aire durante un tiempo que se selecciona y calcula el número y el tamaño de partículas contenidas en él. Al hacerla considera de igual manera las partículas de tamaño 0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 y 10,0 µm. Se indica a través de una escala de colores la contaminación ambiental para una partícula del tamaño que selecciona el usuario (véase Norma ISO Nº 14644 – 1: 2015 pág. Nº 4); todas las mediciones realizadas están dentro del rango del color verde (permitido) de esta norma. Además, del número de partículas contadas se indican la temperatura, la humedad del aire, así como el punto de rocío calculado en base a ellas, y la temperatura de bulbo húmedo.

Multigases a través del Detector de Gases, Marca Dräger, Modelo X – am 2500 para la supervisión continua de la concentración de varios gases en el aire ambiente, dicha concentración se mide en ppm (partes por millón). Medición independiente de hasta 6 gases correspondiendo con los sensores Dräger instalados. Ellos son: Oxígeno (O_2), Monóxido de Carbono (CO), Sulfuro de Hidrógeno (SH_2), Metano (CH_4), Dióxidos de Nitrógeno (SO_2) y de Azufre (SO_2). Los Valores Hallados están dentro de los Valores Aceptados del Anexo III del Decreto Reglamentario Nº 351/79 de la Ley Nº 19587/72.

Calidad ambiental por medio del Mini Medidor de Calidad Ambiental, Marca Sper Scientific y Modelo Nº 850027; cuyos factores se miden a través de: Velocidad del Aire (metros/segundos), Flujo de Aire (CMM), Viento Fresco (ºC), Humedad Relativa (%), Temperatura Punto de Rocío (ºC), Temperatura de Bulbo Húmedo (ºC), Índice de Calor (ºC), Presión Barométrica (hPa) y Altitud (metros). El Índice de Calor cumple con la Tabla del Índice de Calor del Departamento Nacional de Meteorología de Estados Unidos (véase Tabla Nº 2 pág. Nº 12).

Palabras Claves: Evaluación, Calidad, Aire, Ambiental, Industrial.

ABSTRACT

Technical report on air quality evaluation on the Campus of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of the Northeast (UNNE) to determine the quantities and concentrations of particles and multigases, as well as environmental quality can help determine if there is a problem environmental (pollution). Locating the source of these various pollutants can help determine effective methods of reducing them and improving air quality. These measurements are detailed below:

a) Particulate matter (PM) by means of the Particle Counter, Tenma Brand, Model ST – 9880, which is used to measure the number and size of particles in the air. The data obtained is used to

measure pollution due to the fine dust present on said campus. To calculate the data, it sucks in air for a selected time and calculates the number and size of particles contained in it. When doing it, it considers in the same way the particles of size 0.3; 0.5; 1.0; 2.5; 5.0 and 10.0 µm. The environmental contamination for a particle of the size selected by the user is indicated through a color scale (see ISO Standard No. 14644 – 1: 2015 page No. 4); all measurements made are within the green (permitted) color range of this standard. In addition to the number of counted particles, the temperature, the humidity of the air, as well as the dew point calculated based on them, and the wet bulb temperature are indicated.

b) Multigases through the Gas Detector, Dräger Brand, Model X – am 2500 for continuous monitoring of the concentration of various gases in the ambient air, said concentration is measured in ppm (parts per million). Independent measurement of up to 6 gases corresponding to the installed Dräger sensors. They are: Oxygen (O_2), Carbon Monoxide (CO), Hydrogen Sulfide (SH_2), Methane (CH_4), Nitrogen Dioxide (SO_2) and Sulfur Dioxide (SO_2). The Values Found are within the Accepted Values of Annex III of Regulatory Decree No. 351/79 of Law Nº 19587/72.

c) Environmental quality through the Mini Environmental Quality Meter, Brand Super Scientific and Model No. 850027; whose factors are measured through: Air Velocity (meters/seconds), Air Flow (CMM), Fresh Wind (ºC), Relative Humidity (%), Dew Point Temperature (ºC), Wet Bulb Temperature (ºC), Heat Index (ºC), Barometric Pressure (hPa) and Altitude (meters). The Heat Index complies with the United States National Weather Department Heat Index Table (see Table No. 2 page No. 12).

Keywords: Evaluation, Quality, Air, Environmental, Industrial.

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes, y es, en gran parte, el resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, domésticas, agropecuarias, vehiculares, entre otras.

La combustión empleada para obtener calor, generar energía eléctrica o movimiento, es el proceso más significativo de emisión de contaminantes. Existen otras actividades, tales como la fundición y la producción de sustancias químicas, que pueden provocar el deterioro de la calidad del aire si se realizan sin control alguno.

El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta por un 78 % de N_2 (Nitrógeno), un 21 % de O_2 (Oxígeno) y un 1 % de diferentes compuestos totales como el Ar (Argón), el CO_2 (Dióxido de Carbono) y el O_3 (Ozono). Se entiende, por contaminación atmosférica, cualquier cambio en el equilibrio de estos componentes, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire.

Los valores CMP (Concentración Máxima Permisible ponderada en el tiempo) o TLV (Threshold Limit Value o Valor Límite Umbral) hacen referencia a concentraciones de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire (véase Anexo III del Decreto Reglamentario Nº 351/79 de la Ley Nº 19587/72).

Sin embargo, dada la gran variabilidad en la susceptibilidad individual, es posible que un pequeño porcentaje de trabajadores experimenten malestar ante algunas sustancias o concentraciones iguales o inferiores al límite umbral, mientras que un porcentaje menor puede resultar afectado más seriamente por el agravamiento de una condición que ya existía anteriormente o por la aparición de una enfermedad profesional.

Los valores CMP se basan en la información disponible obtenida mediante la experiencia en la industria, la experimentación humana y animal, y cuando es posible, por la combinación de las tres. La base sobre la que se establecen los valores de CMP puede diferir de una sustancia a otra, para unas, la protección contra el deterioro de la salud puede ser un factor que sirva de guía, mientras que para otras la ausencia razonable de irritación, narcosis, molestias u otras formas de malestar puede constituir el fundamento para fijar dicho valor. Los daños para la salud considerados se refieren a aquellos que disminuyen la esperanza de vida, comprometen la función biológica, disminuyen la capacidad para defenderse de otras sustancias tóxicas o procesos de enfermedad, o afectan de forma adversa a la función reproductora o procesos relacionados con el desarrollo.

Definiciones:

a. CMP (Concentración Máxima Permisible Ponderada en el Tiempo): Concentración media ponderada en el tiempo para una jornada laboral de trabajo de 8 horas/día y una semana laboral de 40 horas, a la que se cree pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día, sin efectos adversos.

b. CMP – CPT (Concentración Máxima Permisible para Cortos Períodos de Tiempo): Concentración a la que se cree que los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un corto espacio de tiempo sin sufrir: 1) irritación, 2) daños crónicos o irreversibles en los tejidos, o 3) narcosis en grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, dificultar salir por sí mismo de una situación de peligro o reducir circunstancialmente la eficacia en el trabajo, y siempre que no se sobrepase la CMP diaria. No es un límite de exposición independiente, sino que más bien complementa al límite de la media ponderada en el tiempo cuando se admite la existencia de efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son, primordialmente, de carácter crónico. Las concentraciones máximas para cortos períodos de tiempo se recomiendan solamente cuando se ha denunciado la existencia de efectos tóxicos en seres humanos o animales como resultado de exposiciones intensas de corta duración.

La CMP – CPT se define como la exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando la media ponderada en el tiempo que corresponda a las ocho horas sea inferior a este valor límite. Las exposiciones por encima de CMP – CPT hasta el valor límite de exposición de corta duración no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día. Debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango. Se podría recomendar un periodo medio de exposición distinto de 15 minutos cuando lo justifiquen los efectos biológicos observados.

c. CMP – C (Concentración Máxima Permisible – Valor Techo (C): es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante una exposición en el trabajo. En la práctica convencional de la higiene industrial, si no es posible realizar una medida instantánea, el CMP – C se puede fijar cuando las exposiciones son cortas mediante muestreo durante un tiempo que no exceda los 15 minutos, excepto para aquellas sustancias que puedan causar irritación de inmediato.

Se llama material particulado (PM) a la mezcla de partículas en suspensión que alteran la atmósfera, de diferentes características fisicoquímicas y procedentes de diversos orígenes y fuentes de emisión. Las partículas pueden actuar como medio en el que ocurren determinadas reacciones químicas, núcleos de condensación o elementos capaces de dispersar, absorber y emitir radiaciones.

Según su diámetro, el material particulado se clasifica en:

- Partículas PM 10 (de diámetro inferior a 10 µm): Son principalmente partículas primarias emitidas directamente a la atmósfera por fenómenos naturales y actividades humanas; debido a su tamaño tienden a depositarse cerca de su lugar de origen y presentan mayor capacidad de acceso a las vías respiratorias y por lo tanto mayor afección a las mismas.

- Partículas PM 2,5 (de diámetro inferior a 2,5 µm): Se componen mayoritariamente de partículas secundarias resultantes de procesos químicos o reacciones en fase líquida de sustancias como NO_2 (Dióxido de Nitrógeno), SO_2 (Dióxido de Azufre), VOC (Vapores Orgánicos Volátiles), NH_3 (Amoníaco), etc.; debido a su reducido tamaño se mantienen en suspensión largo tiempo, se desplazan a grandes distancias y se depositan en la parte más profunda del sistema respiratorio, quedando atrapadas y pudiendo generar efectos más severos sobre la salud.

Límites de alarma para la concentración de partículas:

Norma ISO Nº 14644 – 1: 2015 (véase Tabla Nº1) se refiere a la clasificación de la limpieza del aire, según dicha norma se realiza exclusivamente en términos de concentración de partículas suspendidas. Asimismo, para la clasificación según esta norma, se consideran partículas con dimensiones definidas en un rango de 0,1 hasta 5 µm (ppm = partes por millón).

Recuento de partículas leídas, agrupadas por color, verde (permitido), amarillo (precaución) y rojo (peligro), se muestran para cada canal:

Tabla Nº 1

Canal	Verde (Permitido)	Amarillo (Precaución)	Rojo (Peligro)
0,3 µm	0 ~ 100000	100001 ~ 250000	250001 ~ 500000
0,5 µm	0 ~ 35200	35201 ~ 87500	87501 ~ 175000
1,0 µm	0 ~ 8320	8321 ~ 20800	20801 ~ 41600
2,5 µm	0 ~ 545	546 ~ 1362	1363 ~ 2724
5,0 µm	0 ~ 193	194 ~ 483	484 ~ 966
10,0 µm	*0 ~ 68*	*69 ~ 170*	*170 ~ 340*

Propiedades de los gases y los vapores peligrosos:

Los gases, vapores inflamables y tóxicos pueden producirse en muchos sitios. Para tratar con el riesgo toxico y el peligro de explosión, sirven los sistemas de detección de gases.

Prácticamente, todos los gases y vapores siempre son peligrosos. Si los gases no existen en su composición atmosférica familiar y respirable, la respiración segura ya puede estar afectada. Cualquier gas es potencialmente peligroso, si esta licuado, comprimido o en su estado normal, lo importante es conocer su concentración.

Básicamente hay tres categorías de riesgo:

/ Ex – Riesgo de explosión por gases inflamables.

/ Ox – O_2 (Oxígeno).
Riesgo de asfixia por desplazamiento de Oxígeno.
Riesgo de aumento de la inflamabilidad por enriquecimiento en Oxígeno.

/ Tox – Riesgo de intoxicación por gases tóxicos.

Las mediciones de contaminantes en ambientes de trabajo, constituyen la única medida eficaz para poder determinar si el personal se encuentra expuesto a sustancias químicas y/o material particulado, los cuales podrían ocasionar deterioros a la salud de los trabajadores expuestos, originándoles enfermedades de índole laboral a lo largo del tiempo.

Se recomienda efectuar dichas comprobaciones en forma periódica, dado que las condiciones de trabajo pueden ir variando a lo largo del tiempo, debido a diferentes factores, como ser: cambios en las cantidades de producción, cambios en los tipos de sustancias utilizadas para fabricar un producto, modificaciones de los sistemas de ventilación de una planta, modificaciones edilicias, entre otras.

2. DESARROLLO.

2.1- MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN AMBIENTE

Datos del Establecimiento	
Razón Social: Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)	
Dirección: Juan Bautista Cabral Nº 2131	
Localidad: Corrientes	
Provincia: Corrientes	
CP: 3400	CUIT Nº: 30 – 99900421 – 7

Datos para la Medición		
Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado: Contador de Partículas, Marca Tenma, Modelo ST – 9880 y Nº Serie 170107610		
Fecha del certificado de calibración del instrumento utilizado en la medición: 16/05/2022		
Fecha de la medición: 01/06/2022	Hora de inicio: 16:00	Hora finalización: 18:00
Condiciones atmosféricas: Humedad Relativa = 47,4 % Temperatura = 17,4 ºC Presión = 1008,6 hPa		
Horarios/turnos habituales de trabajo: Miércoles de 16:00 a 20:00		
Describa las condiciones normales y/o habituales de trabajo: Asignatura Higiene y Seguridad Industrial del Quinto Año de la Carrera de Ingeniería Industrial		
Describa las condiciones de trabajo al momento de la medición: Se realizaron mediciones de tipo ambiental en los distintos sectores de este campus, ellos son: acceso al mismo y lateral derecho del mismo. Éstas sirve para medir el número y tamaño de partículas en el aire. Los datos obtenidos sirven para medir la contaminación debido al polvo fino presente en el mismo. Para calcular los datos este aspira aire durante un tiempo que se selecciona y calcula el número y el tamaño de partículas contenidas en él. Al hacerla considera de igual manera las partículas de tamaño 0,3; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 y 10,0 µm. Se indica a través de una escala de colores la contaminación ambiental para una partícula del tamaño que selecciona el usuario (véase Norma ISO Nº 14644 – 1: 2015 pág. Nº 4); todas las mediciones realizadas están dentro del rango del color verde (permitido) de esta norma. Además, del número de partículas contadas se indican la temperatura, la humedad del aire, así como el punto de rocío calculado en base a ellas, y la temperatura de bulbo húmedo (véase Figura Nº 1 pág. Nº 7).		

Documentación que se Adjuntará a la Medición
Plano o croquis: Anexo A (veáse Figuras Nº 2 y 3 pág. Nº 8)

2.1.1- Acceso al campus (se tuvo en cuenta ésta medición para redacción del trabajo final).

Condiciones ambientales:

- Temperatura del Aire = 18,6 ºC (AT)
- Humedad Relativa = 47,1 % (RH)
- Temperatura del Punto de Rocío = 7,3 ºC (DP)
- Temperatura de Bulbo Húmedo = 13,2 ºC (WB)
- Presión Barométrica = 1008,6 hPa
- Velocidad de Flujo = 2,83 litros/minutos

Medición material particulado:

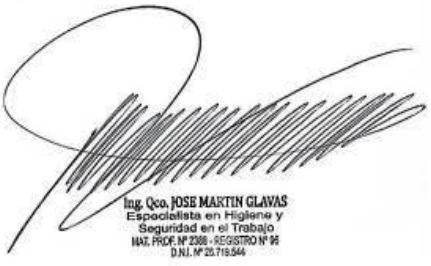
- ❖ Canales (Tamaño) = 0,3 – 0,5 – 1,0 – 2,5 – 5,0 – 10,0 µm (ppm)
- ❖ Modo conteo de partículas = Diferencial

Resultados:

Figura Nº 1

- 0,3 µm = 1315
- 0,5 µm = 669
- 1,0 µm = 125
- 2,5 µm = 12
- 5,0 µm = 3
- 10,0 µm = 5

- Cumple Norma ISO Nº 14644 – 1: 2015 → Verde (Permitido).



Plano o croquis: Anexos A, B y C:

Figura Nº 2

Figura Nº 3

2.2- MEDICIÓN DE MULTIGASES EN AMBIENTE

Datos para la Medición
Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado: Detector de Gases, Marca Dräger, Modelo X – am 2500 y Nº Serie 8323918

Fecha del certificado de calibración del instrumento utilizado en la medición: 09/05/2022		
Fecha de la medición: 01/06/2022	Hora de inicio: 16:00	Hora finalización: 18:00

Condiciones atmosféricas:
Humedad Relativa = 47,4 %
Temperatura = 17,4 ºC
Presión = 1008,6 hPa

Horarios/turnos habituales de trabajo:
Miércoles de 16:00 a 20:00

Describa las condiciones normales y/o habituales de trabajo:
Asignatura Higiene y Seguridad Industrial del Quinto Año de la Carrera de Ingeniería Industrial

Describa las condiciones de trabajo al momento de la medición:
Se realizaron mediciones de tipo ambiental en los distintos sectores de este campus, ellos son: acceso al mismo y lateral derecho del mismo. Sirve para la supervisión continua de la concentración de varios gases en el aire ambiente, dicha concentración se mide en ppm (partes por millón). Medición independiente de hasta 6 gases correspondiendo con los sensores Dräger instalados. Ellos son: Oxígeno (O_2), Monóxido de Carbono (CO), Sulfuro de Hidrógeno (SH_2), Metano (CH_4), Dióxidos de Nitrógeno (SO_2) y de Azufre (SO_2) (véase Anexo III del Decreto Reglamentario Nº 351/79 de la Ley Nº 19587/72).

Documentación que se Adjuntará a la Medición
Plano o croquis: Anexo B (veáse Figuras Nº 2 y 3 pág. Nº 8)

2.2.1- Acceso al campus (se tuvo en cuenta ésta medición para redacción del trabajo final) y lateral derecho del mismo.

Resultados:

MEDICIÓN DE MULTIGASES								
[*] en ppm (partes por millón) [**] % LEL (Límite Inferior Explosividad) [***] Volumen Porcentual O_2 N/D (Valores No Detectados)		CONCENTRACIONES ACEPTABLES		REGISTRO DE MEDICIONES				
				1	2	3	4	5
PARÁMETROS	Valor Hallado	CMP	CMP – CPT	Hs.: 17:00	Hs.: –	Hs.: –	Hs.: –	Hs.: –
Metano (CH_4) [**]	N/D	–	–	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Oxígeno (O_2) [***]	20,9	–	–	20,9	N/D	N/D	N/D	N/D
Monóxido de Carbono (CO) [*]	N/D	25	–	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Sulfuro de Hidrógeno (S_2H) [*]	N/D	10	15	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Dióxido de Nitrógeno (NO_2) [*]	N/D	3	5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Dióxido de Azufre (SO_2) [*]	N/D	2	5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

- ❖ Concentración normal de Oxígeno (O_2) en el aire.
  - Nivel normal de Oxigeno en el aire: 20,9 % Volumen
  - Deficiencia ⇨ Respiración.

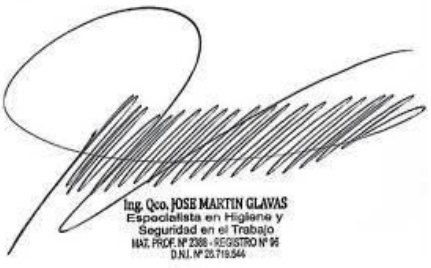
    Combustión, oxidación, inertización:

    - Nivel de alarma: 19,5 % Vol.
    - Nivel crítico: 16,0 % Vol.

  - Enriquecimiento ⇨ Incendio.

    Equipos de oxicorte:

    - Nivel de alarma: 23,5 % Volumen
- ❖ CMP y CMP – CPT es aplicable a gases tóxicos como: Amoníaco, Monóxido de Carbono, Cloro, Cianuro de Hidrógeno, Sulfuro de Hidrógeno, Óxido Nítrico, Dióxido de Azufre, etc.
- ❖ Valores Aceptados del Anexo III del Decreto Reglamentario Nº 351/79 de la Ley Nº 19587/72.



2.3- MEDICIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL EN AMBIENTE

Datos para la Medición

Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado: Mini Medidor de Calidad Ambiental, Marca Sper Scientific y Modelo Nº 850027		
Fecha del certificado de calibración del instrumento utilizado en la medición: 25/03/2022		
Fecha de la medición: 01/06/2022	Hora de inicio: 16:00	Hora finalización: 18:00
Condiciones atmosféricas: Humedad Relativa = 47,4 % Temperatura = 17,4 ºC Presión = 1008,6 hPa		
Horarios/turnos habituales de trabajo: Miércoles de 16:00 a 20:00		
Describa las condiciones normales y/o habituales de trabajo: Asignatura Higiene y Seguridad Industrial del Quinto Año de la Carrera de Ingeniería Industrial		
Describa las condiciones de trabajo al momento de la medición: Se realizaron mediciones de tipo ambiental en los distintos sectores de este campus, ellos son: acceso al mismo y lateral derecho del mismo; cuyos factores se miden a través de: Velocidad del Aire (metros/segundos), Flujo de Aire (CMM), Viento Fresco (ºC), Humedad Relativa (%), Temperatura Punto de Rocío (ºC), Temperatura de Bulbo Húmedo (ºC), Índice de Calor (ºC), Presión Barométrica (hPa) y Altitud (metros) (véase Tabla Nº 2).		

Documentación que se Adjuntará a la Medición
Plano o croquis: Anexo C (veáse Figuras Nº 2 y 3 pág. Nº 8)

Tabla Nº 2: Índice de Calor del Departamento Nacional de Meteorología de Estados Unidos (NWS)

Efectos del Índice de Calor (Valores de Sombra)		
ºC	ºF	Notas
27 ~ 32	80 ~ 90	Precaución: La fatiga es posible con la exposición y la actividad prolongada. Continuando con la actividad podría dar lugar a calambres por calor.
32 ~ 41	90 ~ 105	Extrema precaución: Los calambres por calor, agotamiento por calor y son posibles. Continuando con la actividad podría dar lugar a un golpe de calor.
41 ~ 54	105 ~ 130	Peligro: Los calambres por calor, y el agotamiento por calor es probable; golpe de calor es probable con la actividad continuada.
+ 54	+ 30	Peligro extremo: El golpe de calor es inminente.

/ La exposición a pleno sol puede aumentar los valores del índice de calor hasta en 8 ºC (14 ºF).

2.1.2- Acceso al campus (se tuvo en cuenta ésta medición para redacción del trabajo final).

Resultados:

- Velocidad del Aire = 0,6 metros/segundos (An)
- Flujo de Aire = 0,024 CMM (AirFL)

- Viento Fresco (Escalofrios) = 17,2 ºC (CHill)
- Humedad Relativa = 50,1 % (HR)
- Temperatura del Punto de Rocío = 8,3 ºC (dP)
- Temperatura de Bulbo Húmedo = 12,1 ºC (WET)
- Índice de Calor = 18,1 ºC (HEAT) NORMAL
- Presión Barométrica = 1008,6 hPa (bAr)
- Altitud = 38 metros (HigH)

3. CONCLUSIONES.

Se realizaron mediciones de tipo ambiental dentro de este campus para determinar las cantidades y concentraciones de partículas y multigases, así como también la calidad ambiental y que puedan ayudar a determinar si existe un problema ambiental (contaminación). Localizar el origen de estos diversos contaminantes pueden ayudar a determinar métodos eficaces de reducción de estos y a la mejora de la calidad del aire. Todas las mediciones efectuadas cumplen con la normativa vigente internacional y nacional.

4. REFERENCIAS.

ISO Nº 14644 – 1 (2015), Norma.

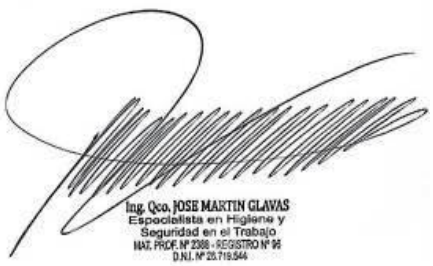
Índice de Calor NWS (Departamento Nacional de Meteorología), Estados Unidos.

Higiene y Seguridad en el Trabajo (1972), Ley Nº 19587, Decreto Reglamentario (1979), Nº 351, Anexo III, Argentina.

SRT (Superintendencia de Riesgos del Trabajo), Argentina.

Agradecimientos

- A mi papá Miguel y mamá Lida que me dieron la vida y me enseñaron la cultura del estudio y trabajo.
- A mi pareja Claudia que me ayuda a crecer como persona y me motivó a adquirir los equipos para realizar éstas mediciones ambientales.



Modelado de KPIs -Indicadores Clave de Desempeño- para Aplicar a Procesos de Mejora Continua en PyMEs

López, Ana María; Sacco, Alfonso Víctor; Cavacini, Antonella Soledad

Facultad Ingeniería, Universidad del Salvador.
anamarialopez@usal.edu.ar; alsacco@usal.edu.ar; antonella.cavacini@usal.edu.ar

RESUMEN

La participación del Equipo de Investigación en proyectos anteriores, patrocinados por la Universidad del Salvador (USAL), relacionados con el incremento de la eficiencia, productividad, calidad y sus herramientas aplicadas al sector productivo, ha permitido corroborar que los esfuerzos en los Programas de Mejoras en el sector de las PyMEs decaen considerablemente antes de alcanzar su madurez, tanto en la aplicación de herramientas de gestión de la calidad, como en el uso de técnicas de medición de los costos de no calidad.

Hemos identificado sus causas, debido en parte, a la carencia de un plan que establezca qué, cómo y dónde medir para apreciar los resultados; y en parte, a la dispar vinculación (causa-efecto) entre las iniciativas implementadas y los objetivos que se persiguen alcanzar. Por ello se propuso estudiar, definir y formular un modelo eficiente de Indicadores Clave de Desempeño (KPI -*Key Performance Indicator*) que permita verificar el avance de los procesos de Mejora Continua (CI -*Continuous Improvement*) con enfoque en el ámbito PyME, tanto de producción de bienes como de servicios.

La investigación considera la incorporación de esquemas de medición de desempeño al “Modelo de las 5 Fases para la implementación de Lean Six Sigma adaptado a la realidad PyME” (presentado en COINI 2021), modelo que se sustenta en la determinación y cumplimiento de un conjunto de Factores Críticos de Éxito (CSF) y su secuencia aplicativa. Se analizó la literatura que trata al respecto, determinando su aplicabilidad a nuestra realidad PyME, y se definió el modelado que permita identificar aquellos KPIs de más simple obtención y de mayor impacto en los objetivos perseguidos, tanto sean indicadores de efecto final sobre el resultado a alcanzar, como de causas para obtenerlo.

Palabras Claves: ICD – Mejora Continua – PyME.

ABSTRACT

The participation of the Research Team in previous projects, sponsored by the Universidad del Salvador (USAL), related to the increase of efficiency / productivity / quality and its tools applied to the productive sector, has allowed to corroborate that the efforts in the Improvement Programs in the SME sector, decline considerably before reaching maturity, both in the application of quality management tools, as in the use of non-quality cost measurement techniques

We have identified its causes, due in part to the lack of a plan that establishes what, how and where to measure to appreciate the results; and in part, to the disparate linkage (cause/effect) between the initiatives undertaken and the objectives pursued. For this reason, it was proposed to study, define and formulate an efficient model of Key Performance Indicators (KPI) that allows verifying the progress of Continuous Improvement (CI) processes with a focus on the SME field, both in the production of goods and services.

The presentation considers the incorporation of performance measurement schemes to the "Model of the 5 Phases for the implementation of Lean Six Sigma adapted to the SME reality" (presented at COINI 2021), a model that is based on the determination and compliance of a set of Critical Success Factors (CSF) and its application sequence. The literature on this subject was analyzed, determining its applicability to our SME reality, and the modeling was defined to identify those KPIs that are easier to obtain and have the greatest impact on the objectives pursued, both indicators of final effect on the result to be achieved, and causes to obtain it.

Keywords: KPI - Continuous Improvement - SME

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Abordaje contextual

De acuerdo con datos del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, se estima que Argentina contaba antes de la pandemia COVID19 (2020) con más de 850.000 Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), generando aproximadamente el 65% del empleo del país y casi el 50% del PBI. La poca previsibilidad económica y la permanente necesidad de adaptación a los cambios imponen grandes desafíos a este vulnerable sector de la producción. Desafíos que debe resolver cada empresa en particular en pos de asegurar su supervivencia y lograr así su permanencia en el mercado.

Dado que *"la primera prueba de cualquier empresa debe ser la obtención de una utilidad tal que le permita cubrir los riesgos de la actividad económica y de ese modo evitar pérdidas… siendo el único modo válido de conseguirlo el crear y mantener cliente*s" (Drucker, 1990), se materializa el desafío de permanencia como un esfuerzo centrado en obtener clientes y conservarlos. Esfuerzo que debe ser particular y especialmente bien administrado por el sector PyME, que es el de menor capacidad financiera y el más débil a la hora de soportar las embestidas de la realidad.

De las investigaciones efectuadas con anterioridad por este equipo de trabajo relacionadas con estudios acerca del incremento de la eficiencia, productividad, calidad y sus herramientas aplicativas al sector productivo, y de la literatura analizada, se observa que la condición de permanencia en el mercado y la superación de las adversidades exige la necesidad de adoptar e implementar acciones de revisión de métodos y procesos que actúen como causa contribuyendo en su efecto a reducir los costos y a aumentar la productividad.

1.2. Motivación de la Investigación

Esa realidad planteada convoca a efectuar un estudio que aporte herramientas para que las señaladas acciones de revisión de métodos y procesos sean selectivas, efectivas, prácticas, causales y medibles, de forma tal que eviten el estancamiento operacional y la pérdida de competitividad de las organizaciones.

En el sector PyME se observa un aferramiento a realizar las actividades y operaciones de acuerdo a usos y costumbres, los que pudieron haber dado resultado en el pasado, pero cuyo análisis de eficiencia en el presente se dificulta, debido a una natural aversión al cambio que presentan las organizaciones de menor tamaño que reflejan así un asentado personalismo en la gestión. Personalismo ó costumbrismo que en general se evidencia en la justificación por la forma ó manera en que se realiza tal o cual actividad, que simplemente se expone en que "*se hace así, porque siempre se hizo así*".

La técnica que ha demostrado ser más efectiva para conseguir la movilidad y competitividad señaladas es la adopción de un esquema de cultura organizacional denominado de Mejora Continua (CI), entendido como un esfuerzo constante de la organización para mejorar el resultado de sus procesos. Se basa en la idea de que un flujo permanente de pequeñas mejoras, ejecutadas de forma ininterrumpida, tendrá resultados transformadores.

Se aprecia un relativo particular interés por parte del Sector PyME, en afrontar los desafíos que plantea el mercado mediante la implementación del técnicas de Mejora Continua, sin embargo, se observa que decisiones apresuradas y la búsqueda de resultados inmediatos, hacen que el esfuerzo para incorporar estas valiosas ayudas a la mejora del desempeño decaigan considerablemente antes de alcanzar su madurez, tanto en la aplicación de herramientas de gestión de la calidad, como en el uso de técnicas de medición de los costos de no calidad.

1.3. Objetivo General de la Investigación

El objetivo de este trabajo de investigación es proponer un esquema de medición de resultados a la implementación de Procesos de Mejora Continua, llevados adelante en el ámbito PyME, que permita adoptar un modelo de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs - *Key Performance Indicators*) de más simple obtención y de mayor impacto en los objetivos perseguidos, tanto sean indicadores de efecto final sobre el resultado a alcanzar, como de causas para obtenerlo.

Se intentará establecer una metodología que tienda a mejorar la adopción sostenida de técnicas de Mejora Continua (CI) por parte del sector PyME, mediante: a) la identificación de los Factores Clave de Éxito (CSF – *Critical Success Factors*) que aseguren enfocar los esfuerzos en su aplicación, y b) la caracterización de aquellos KPIs que mejor permitan apreciar los resultados que son alcanzados.

1.4. Enfoque de la propuesta

Se analizó la literatura que trata respecto de la implementación de herramientas de Mejora Continua (CI) en el ámbito productivo (Kumar, Antony, & Tiwari, 2014) (Raghunath & Jayathirtha, 2013), concentrando la atención en el sector PyME, y mediante una encuesta local, orientada a

organizaciones de producción, tanto de bienes como de servicios, se observó que existe un bajo nivel de aplicación de herramientas de gestión de calidad y tecnológicas concurrentes, ya sea porque la coyuntura de la realidad económica impone otras prioridades ó por haber abandonado el intento debido a falta de enfoque y sostenimiento de los esfuerzos, todo lo cual limita el desarrollo y el potencial de la competitividad productiva, comprometiendo seriamente la supervivencia del negocio.

En general se ha visualizado que este bajo nivel de aplicación de herramientas de CI está relacionado con dos aspectos: la complejidad que se les presenta en el abordaje de la metodología y la falsa expectativa creada de obtener resultados rápidos.

Es condición "*sine qua non*" establecer una cultura de orden, organización y superación que pueda identificar desvíos, medirlos con consistencia, investigar sus causas, visualizar oportunidades de mejora, establecer acciones de remediación eficaces, implementar el cambio, y controlar y sostener sus resultados.

Por ello, el enfoque de la propuesta se basa en establecer un orden de implementación del Proceso de Mejora Continua basado en Método, Análisis, Medición y Acción.

Método, que permita la implementación gradual, secuencial y progresiva de un modelo de excelencia operacional basado en procesos efectivos y eficientes con el objeto de maximizar el valor al cliente. Los procesos deben ser bien diseñados, con capacidad acorde al resultado que se quiere obtener, y donde quienes realicen el trabajo se encuentren capacitados y entiendan qué es lo importante y qué es lo que tienen que hacer.

Análisis, que permita relacionar los efectos deseados (Ej. reducir errores de facturación) con los factores que los generan (Ej. capacitación del personal, sistema informático, ambiente de trabajo, procedimientos inadecuados, administración informal, comunicación fallida, etc.). El éxito del resultado de cualquier acción emprendida consiste en haber encontrado la relación causal que vincula esa acción con el objetivo que se persigue alcanzar. Se trata de someter a estudio la dispar vinculación causa-efecto existente entre las iniciativas emprendidas y los objetivos que se persiguen alcanzar.

Medición, que permita conocer el desempeño de las variables relevantes de la organización mediante la adopción de un modelo eficiente de KPIs. El logro de los procesos de Mejora Continua esta dado en que el resultado (beneficio) supere el esfuerzo (costo) que demandó obtenerlo. Para obtener el control y ganar confianza en el sistema, es esencial establecer qué, cómo, cuándo y dónde medir, es decir que se deben mensurar, tanto la magnitud de las acciones llevadas a cabo (esfuerzos/costo), como sus consecuencias derivadas (resultados alcanzados). No es más que conocer: ¿qué magnitud de acción produjo qué magnitud de resultado?

Acción, que como corolario permita desplegar las decisiones necesarias para corregir desvíos y afiance el control de gestión necesario para conducir la organización hacia la excelencia.

2. DESARROLLO

2.1. Hipótesis Adoptadas

Los Programas de Mejora Continua basados en herramientas de Gestión de la Calidad en el ámbito PyME en general no mantienen persistencia y fracasan, o no se adoptan debido a:

- La complejidad que se presenta en el abordaje de la metodología.
- La expectativa de obtener resultados rápidos.
- La falta de sostenimiento y de focalización de los esfuerzos.
- La falta de un plan de cómo, dónde, cuándo y qué medir para apreciar los resultados.
- La falta de vinculación causa/efecto de las iniciativas que se llevan a cabo con las metas comerciales u objetivos que se persiguen alcanzar.

A los efectos favorecer la adopción de herramientas de Mejora Continua, que le permitan a las empresas del ámbito PyME incrementar la oportunidad de desplegar su potencial de competitividad productiva, se propone un esquema de implementación basado en:

- Establecer una secuencia de implementación de los Programas de Mejora Continua, basada en una aplicación gradual enfocada a resultados, que permita disponer de una base de aplicación práctica, eficiente y ordenada, de modo tal que evite desconciertos, falsas expectativas y abandonos prematuros. Para ello se propone el uso del Método de los 5 Fases (Lopez, 2022), que identifica un conjunto de Factores Críticos de Éxito (CSF) que deben ser considerados para asegurar la eficiencia aplicativa del método.
- Efectuar un correcto análisis de las relaciones que vinculan los efectos esperados con las causas que los producen con el objeto de identificarlas y sostenerlas. Y, asimismo, que ese análisis permita distinguir de entre todas las causas posibles, aquellas causas vitales que

producen desvíos, de tal forma de poder así ser remediadas. Para ello se propone el uso de un Análisis de Eficacia Causal.

- Desarrollar un esquema de medición de variables relevantes que representen el estado de situación del proceso de Mejora Continua que se lleva adelante, mediante el modelado y caracterización de KPIs que permitan medir los efectos de las acciones encaradas, tanto en su relación con los resultados esperados, como en lo que hace a los esfuerzos que se llevan a cabo para alcanzarlos. Para ello se propone el uso de un Modelo de Equilibrado de KPIs que puedan ser convenientemente identificados, interpretados e implementados, con el objeto de medir adecuadamente las variables que se determinen y conocer qué debe esperarse de ello.

2.2. Método "Paso a Paso" para Aplicar a Procesos de Mejora Continua (CI)

Para encarar un Proceso de Mejora Continua las PyMEs deben seguir un recorrido sólido con una secuencia de implementación "Paso a Paso", todo ello a los efectos de ver reflejado el resultado de los esfuerzos que se realicen por mejorar y mantener altos estándares de calidad, secuencia que convenientemente adoptada permitirá a la organización aumentar las probabilidades de éxito en la adopción e implementación del Programa de Mejora.

Por tratarse de un esquema de gran difusión que ha demostrado su liderazgo mundial a lo largo de las últimas tres décadas, se tomará como herramienta aplicativa para la Mejora Continua, el enfoque Lean Six Sigma (LSS), que representa un método exitoso de trabajo en equipo colaborativo, que ha sido adoptado por grandes empresas conduciendo a excelentes resultados, y que también viene demostrando su eficiencia en el ámbito PyME, conduciendo a la mejora de la productividad, a la eliminación del desperdicio y a la reducción de la variación del resultado de los procesos.

Para adecuar el entusiasmo inicial, que se observa en sector PyME, por embarcarse en un esquema de CI, que viene dado por la creencia de la pronta recuperación financiera, se propone seguir la secuencia presentada en la Figura 1 "Esquema del Modelo de las 5 Fases para Implementar LSS en PyMEs", fases que revisten carácter secuencial y dependientes, basado en la ejecución progresiva de Proyectos que puedan validar los resultados de su aplicación en forma evidente.

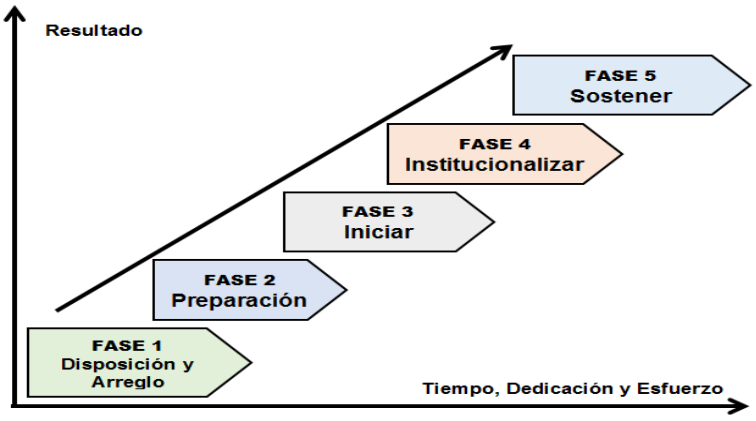


Figura 1 Esquema del Modelo de las 5 Fases para Implementar LSS en PyMEs.

La iniciación debe darse mediante la adopción de un Proyecto Piloto, identificando, seleccionando y motivando a los empleados más talentosos para que sean parte del cambio. Este Proyecto debe ser sencillo y completarse en un corto período de tiempo y así tener impacto máximo. Esta característica permitirá generar impulso para luego avanzar sobre el resto de la organización.

2.2.1. Factores Críticos de Éxito (CSF) para aplicar el Método "Paso a Paso"

Los Factores Críticos de Éxitos (CSF) para el ámbito PyME han sido cotejados con la literatura (Kumar, Antony, & Tiwari, 2014) y surgen de la experiencia campo del equipo de investigación y han sido definidos:

- **En la Fase 1 Disposición y Arreglo**: Que corresponde al apresto organizacional para la implementación de iniciativas de gestión del cambio. Debiéndose tener particularmente en cuenta los aspectos: Estructura de Liderazgo - Enfoque en el cliente - Medición de variables del proceso - Especificaciones de cumplimiento - Sistemas y control - y Gestión de las personas.

- **En la Fase 2 Preparación**: Educación y entrenamiento necesario para mantener ventaja competitiva y transferir el conocimiento de manera efectiva a través de la organización, es importante que la capacitación comience por la parte superior de la organización y luego descienda en cascada cubriéndola toda

Tiempo, Dedicación y Esfuerzo

- **En la Fase 3 Iniciación**: Identificar los Procesos Clave del Negocio y asignarle las mejores personas. Es esencial atraer a las mejores personas con buenas habilidades de liderazgo para cubrir los roles clave. Si no se conocen los procesos centrales, será difícil implementar un sistema de mejoras gradual efectivo. El mensaje claro de la organización debe ser que la gerencia está comprometida y que es responsabilidad de todos comprender el negocio e identificar oportunidades de mejora.
- **En la fase 4 Institucionalización**: Se debe entrenar a toda la organización ya que una estructura organizacional jerárquicamente entrenada para cada uno de los roles es un elemento clave para alcanzar la institucionalización de la iniciativa. Se debe armar un sistema continuo de entrenamiento recurrente y sostenido, debiendo favorecerse la capacitación cruzada intra-empresa, esta práctica no solo ahorrará recursos financieros para las PyMEs, sino que también desarrollará su propia capacidad de autoaprendizaje y de autoevaluación.
- **En la Fase 5 Sostenimiento**: Se debe alcanzar el compromiso con la mejora continua ya que para mantener el impulso en marcha, es necesario no sólo aplicar la herramienta, sino que se mantenga una inquietud proactiva enfocada en la satisfacción de las necesidades de los clientes externos e internos, siendo este es el primer paso hacia la sostenibilidad a largo plazo de la iniciativa, facilitando la creación de PyMEs resilientes. Se debe lograr una organización de aprendizaje, que es aquella en las que las personas amplían continuamente su capacidad para crear los resultados que realmente desean, en las que se fomentan patrones de pensamiento nuevos y expansivos, en las que se libera la aspiración colectiva y en las que las personas están dispuestas a aprenden continuamente.

Teniendo en cuenta que la estabilización del proceso de CI cuenta con la necesidad de adoptar en forma permanente decisiones que deben concatenar adecuadamente el objetivo que se desea alcanzar, la acción seleccionada para lograrlo y la eficiencia de su resultado esperado, es necesario efectuar alguna consideración respecto a la comprensión de las Relaciones Causa/Efecto para que la decisiones adoptadas resulten eficaces.

2.3. Análisis de la Eficacia Causal

El proceso de toma de decisiones para la mejora debe incluir un primer viaje de diagnóstico mediante la identificación de defectos (desvíos, errores, discrepancias, no conformidades, etc.), la valoración de su impacto económico en el negocio, su jerarquización y el establecimiento de las relaciones causales que los producen. En este viaje de ida, del evento no deseado a la causa que lo produce, se debe responder a la pregunta ¿Por qué pasa esto?

Luego el proceso debe incluir un segundo viaje de remedio o tratamiento en que se considerará la implementación de la acción que removerá las causas que originan desvíos. En este viaje de vuelta que va desde el remedio de cura ó corrección de causas a la verificación de sus efectos, se debe responder a la pregunta ¿Qué se debe hacer para corregir esto?

Un mal análisis de las relaciones causales o una falta de valoración de la relación, costo de remediar versus beneficio a alcanzar, es crucial para el ámbito PyME, habiéndose observado que aquí radica el origen de los eventos que desencadenan la falta de continuidad y a la pérdida de confianza en la implementación de los Procesos de Mejora Continua.

2.3.1. Estudio de las Relaciones Causales

El éxito en la determinación de las acciones de mejora y su implementación, depende en gran parte de que las mismas hayan sido obtenidas como resultado de la comprensión de las causas que originan una situación y la relación con los efectos que las mismas producen.

En general en el ámbito de las organizaciones se miden efectos, que son el resultado de un conjunto de acciones que se han producido con anterioridad.

Si estos resultados son los aceptables, entonces el esfuerzo habrá que volcarlo en mantener para el futuro las condiciones actuales. Si los resultados necesitan ser corregidos, entonces habrá que determinar entre las acciones que se han producido con anterioridad, cuál o cuáles han contribuido en forma relevante a producir esos resultados no deseados y propender en forma analítica a reencausar mediante nuevas acciones la obtención de resultados satisfactorios. Actividad, que en ámbito de un programa de CI deberá ser recurrente y continua.

Es por ello conveniente, y antes de considerar en detalle la propuesta para la validación de una acción con la cual se quiere alcanzar un objetivo, hacer referencia a los Principios que enuncian las relaciones causa-efecto en una actividad y/o contexto establecido (Pearl & Mackenzie, 2018).

Se debe ser muy cuidadoso en no confundir causalidad con correlación, en la causalidad siempre existe un factor que al presentarse genera que suceda algo que es repetible, es decir que al producirse un evento desencadena indefectiblemente una determinada consecuencia. En cambio

en la correlación puede existir proporcionalidad entre el desempeño de dos variables sin que la variación de una sea el origen de la variación de la otra.

El enunciado correcto de la relación permanente que existe entre una causa determinada y sus correspondientes efectos constituye un principio. La formulación de un principio requiere, por lo tanto, la determinación de las causas que generan un determinado efecto y la expresión de la relación resultante; tal expresión puede presentar en el campo de las ciencias exactas, la forma de una ecuación matemática o algebraica precisa, sin embargo, tal precisión es difícilmente lograble en un ámbito multidisciplinario en que confluyen un sinnúmero de variables.

No obstante, mediante una investigación cuidadosa, pueden obtenerse reglas que, sin presentar el rigor de una formulación matemática permite expresar la relación existente entre ciertos efectos o resultados y sus causas motivadoras.

Para ello se hace necesario establecer y determinar las llamadas relaciones causa–efecto, y analizar el vínculo existente entre “lo que se va a hacer” y “lo que se quiere conseguir”.

Por ejemplo, “lo que se quiere conseguir” que llamaremos Efecto Deseado, puede ser para una PyME comercial, reducir la cantidad de órdenes de pedidos que resultan armados en forma incorrecta, y “lo que se va a hacer”, la acción, puede ser implementar un sistema informático que mediante un lector óptico de etiquetado verifique el completamiento de cada orden de pedido. Acción que actuando como causa producirá lo que llamaremos Efecto Inmediato.

Para que ese Efecto Inmediato sea adecuado y conveniente, debe estar en concordancia con el Efecto Deseado que es lo que se ha previsto alcanzar. Esto que parece evidente, resulta que en la complejidad de la realidad no lo es tanto, en el ámbito empresa se verifica en general que un análisis apresurado conduce a establecer relaciones causales que en su aplicación resultan fallidas.

En nuestro ejemplo anterior la relación causal podría ser fallida, si el análisis demuestra que existe una incorrecta identificación de los artículos en su etiquetado, lo cual amerita llevar adelante una acción correctiva distinta a incorporar un lector óptico, ya que si lo que está adentro de cada embalaje no coincide con su etiquetado el Efecto Inmediato a alcanzar no será concurrente con el logro del Efecto Deseado. Se habrá establecido una acción que en su efecto no contribuirá a reducir el nivel de errores en el armado de pedidos (o los reducirá modestamente). Luego la situación estará peor que al principio, dado que a los magros resultados que se venían obteniendo habrá que agregarle los costos irrecuperables de un sistema informático que no contribuyo eficazmente al logro de mejora pretendida.

2.3.2. Requisitos de Eficacia Causal

En este sentido, en el proceso de análisis de los vínculos entre las acciones que se prevén llevar a cabo y los resultados previstos alcanzar, entendidos estos como el logro del objetivo perseguido, se deben satisfacer los siguientes requisitos de eficacia:

- Valoración Técnica: La acción a tomar que estará determinada con que el Efecto Inmediato debe cumplir con el objetivo perseguido que es el Efecto Deseado.
- Valoración Costo-Beneficio: El esfuerzo exigible para alcanzar la solución planteada debe ser mensurado convenientemente, valorando el costo para ir desde “donde se está” a la nueva posición “donde se quiere estar”, y contrastarlo con la valorización de los beneficios de alcanzar esa nueva posición respecto de no hacerlo.
- Valoración de Riesgo: Se debe valorar la razonabilidad de los resultados, que serán determinados no sólo por la relación costo / beneficio que entraña la acción propuesta, sino también por la probabilidad que esa acción, al costo estimado, cumpla totalmente con el Efecto Deseado.

Esencialmente, todo efecto es el resultado de la acción de una causa o de la combinación de distintas causas. Así lo demuestra la vivencia de la realidad, donde causas y efectos se siguen unos a otros en una incesante sucesión que rige todos los campos de la acción. (Ver Figura 2 “Requisitos para el Análisis de la Relación Causal entre Efecto Inmediato y Efecto Deseado”).

Si se desea producir un determinado efecto, que cambie o persiga una determinada realidad, es necesario hacer actuar las causas apropiadas. Por lo cual, el éxito para lograr el Efecto Deseado, dependerá del grado de conocimiento de las causas que lo generan y cómo es la relación entre ellas.

La concatenación causal adecuada implica que el Efecto Inmediato de la acción emprendida debe ser causa contribuyente del Efecto Deseado y este a su vez del Efecto Ulterior. Para el caso señalado, puede ser que la incorporación de un sistema informático que identifique productos, embalajes y órdenes de pedido en forma unívoca produzca un Efecto Inmediato que contribuya al

Efecto Deseado de reducir las no conformidades en los envíos y que esto, a su vez sea causa para mejorar la posición financiera de la Empresa como Efecto Ulterior.

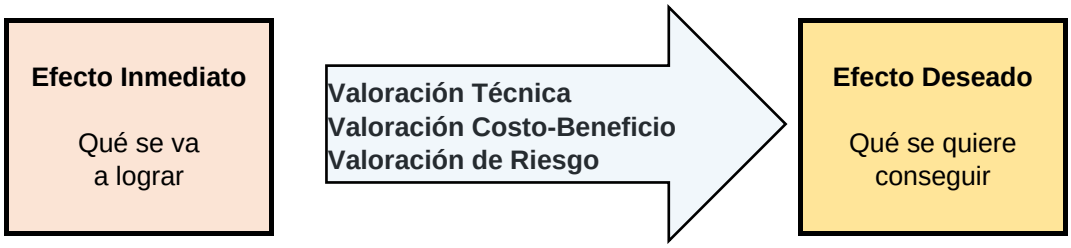


Figura 2 Requisitos para el Análisis de la Relación Causal entre Efecto Inmediato y Efecto Deseado

En algunos casos, las maneras de alcanzar los Objetivos pueden ser rápida y claramente visualizadas. Pero en la actividad diaria se procuran Objetivos cuya obtención no se muestra ni tan sencilla ni tan fácilmente, sea por la complejidad de los elementos que componen una situación o por la incapacidad para comprender relaciones entre tales elementos, por lo cual se hace necesario realizar una descripción de cada uno de los requisitos de eficiencia mencionados, lo que mejorará la adopción de decisiones y los resultados a alcanzar.

2.3.3. Valoración Técnica

Al considerar el encadenamiento natural entre causas y efectos se infiere que un objetivo, es decir, un efecto determinado como resultado que debe producirse, para que pueda obrar como causa de un efecto posterior que se intenta producir debe estar directamente relacionado (causalmente) con este último. Esto significa que un objetivo que ha sido bien seleccionado (efecto inmediato) debe guardar una evidente afinidad técnica respecto del Efecto Deseado.

Para que la relación sea causal, el Efecto Inmediato debe ser afín, en su naturaleza técnica con el Efecto Deseado (debe ser idóneo); además, el resultado a alcanzar debe ser suficiente para producir la totalidad del Efecto Deseado (debe ser integral), y por último el Efecto Inmediato debe ser aplicado en el momento apropiado en que se requiere (debe ser oportuno). Si satisface estos tres aspectos totalmente, la solución al problema planteado se considera técnicamente adecuada.

La Valoración Técnica se logra mediante respuestas afirmativas a las siguientes preguntas: Dado por cumplida la acción a encarar ¿Su efecto contribuye a lo que se ha previsto lograr? ¿Lo logrará totalmente? ¿Lo logrará en el momento oportuno?

Como prueba de eficacia técnica, podemos afirmar que habremos seleccionado una acción correctamente, cuando al considerarla como realizada obre como causa para que provoque totalmente y en el tiempo oportuno el Efecto Deseado.

2.3.4. Valoración Costo-Beneficio

La simple expresión del Efecto Inmediato que se quiere lograr no basta para satisfacer todos los requisitos necesarios para asegurar el logro del Efecto Deseado. Un Efecto no pasa de ser un deseo, sin posibilidad de realización, si el cumplimiento de la acción necesaria no es practicable, es decir no puede ser puesta en ejecución. Esto significa que la acción a llevar a cabo para conseguir los resultados esperados debe poder ser realizable en cuanto a que los recursos disponibles son suficientes para alcanzar los resultados deseados, de tal forma que debemos cuantificar cuál será el esfuerzo necesario para alcanzar el resultado y de qué forma ese resultado proveerá los beneficios buscados. Se debe evaluar la relación denominada Costo-Beneficio.

La Valoración Costo-Beneficio se logra mediante respuesta afirmativa a la siguiente pregunta: Dado por cumplida la acción a encarar ¿El costo y esfuerzo empleado será compensado por los beneficios que generará alcanzar el Efecto Deseado?

2.3.5. Valoración de Riesgo

Aun cuando las acciones para el logro de un Efecto pueden haber superado las Valoraciones de Técnica y de Costo Beneficio, no con ello quedan completamente evaluadas. Se requiere todavía efectuar un cálculo de la probabilidad de falla de todo lo previsto suceder. Ello estará condicionado por la magnitud de la pérdida posible y por la probabilidad que dicha pérdida llegue a ocurrir.

Evidentemente este tipo de análisis depende de la aversión o propensión al riesgo con que este acostumbrado a trabajar la organización PyME de que se trate. Se sabe que a mayor riesgo de una actividad se exigirá una cuota de ganancias mayor y viceversa. Por lo cual, la valoración de admisibilidad del riesgo en la toma de decisiones, en general es de carácter individual y subjetivo por parte de la gerencia, dependiendo, también del rubro, actividad y tipo de negocio.

La Valoración de Riesgo se logra mediante respuesta afirmativa a la siguiente pregunta: Dado por cumplida la acción a encarar y teniendo en cuenta la probabilidad de fallo en conseguir los resultados esperados ¿Se asumirán las pérdidas de los costos resultantes y de los beneficios que se estimaban alcanzar?

2.4. Modelado de KPIs para Aplicar a Procesos de CI

Habiendo visto y detallado el Modelo "Paso a Paso" para implementar Procesos de Mejora Continua (CI) en PyMES, señalando los Factores Claves de Éxito (CSF) a tener en cuenta para asegurar una correcta implantación del sistema, y habiendo estudiado las relaciones causales que deben reunir las acciones para el logro de resultados eficientes según los objetivos que se persiguen alcanzar, se abordarán ahora los esquemas de medición que permitan tomar control de las consecuencias y efectos que producen esas acciones, de modo tal que la Mejora Continua no se vea como una simple intensión de voluntad, sino como una herramienta neta de control de gestión y toma de decisiones.

2.4.1. Introducción – Abordaje

En el ámbito PyME se observa en general un manejo y gerenciamiento de la actividad con un sesgo autónomo y personalista, fruto de esfuerzo y desvelo, con una identidad forjada a prueba y error. Un esquema de conducción que en la toma de decisiones se apoya mayormente sobre la experiencia y la intuición. Formato que en general logra buenos resultados, pero que necesita ser abonado con mejores prácticas. La experiencia y la intuición deben reforzarse con la evidencia objetiva que brinda la medición de determinadas variables de desempeño.

Aquí se hace necesario distinguir entre variables dependientes (aquellas cuyos valores resultan a causa del valor que asumen otras) y variables independientes (aquellas cuyos valores pueden ser alterados a voluntad del gestor dentro de ciertos parámetros). Encontrar la relación que vincula ambas categorías de variables debe ser una preocupación constante y permanente de la gestión, ya que ello determinará la correcta aplicación del principio de causalidad, desarrollado en la sección anterior, comportándose como condición necesaria para lograr la mejora buscada.

En consecuencia, estableciendo una correcta identificación de la relación que vincula diferentes categorías de variables, se puede resumir que el Proceso de Mejora Continua se circunscribe a: "Identificar y medir variables dependientes clave, y producir su control mediante el accionamiento de las variables independientes adecuadas".

Haciendo una analogía, se puede emular este esquema de gerenciamiento, a grandes rasgos, con la forma empleada de entrenamiento en aviación para principiantes, en un modo que se denomina VFR (Regla de Vuelo Visual), que tiene que ver con el reconocimiento visual desde el aire de ciertos puntos de referencia, que sirven para verificar posición y actitud de la aeronave, donde la percepción personal y subjetiva domina lo que podemos llamar un tipo de vuelo regido por los sentidos ó las sensaciones.

El vuelo profesional comercial se rige por un modo superador, que se denomina IFR (Regla de vuelo por Instrumentos), donde lo visual, la percepción, la sensación y la intuición son reemplazados por instrumentos que miden el desempeño de distintas variables que adecuadamente interpretadas permiten que se pueda gobernar la aeronave. Objetivos imposibles de alcanzar en modo de vuelo VFR con condiciones de alta nubosidad, de tormentas, de vuelo nocturno, de niebla, o de vuelo en ambientes sin referencias visuales como sobre espejos de agua ó sobre extensas llanuras.

Así como hemos visto las condiciones que rigen el vuelo para que sea seguro y efectivo, se tratará de verificar para una PyME las condiciones para mantener un gobierno y esquema de toma de decisiones en base al control de variables, que primero deben ser identificadas, luego deben ser medidas y por último deben ser controladas.

2.4.2. Tipificación de Variables

En el ejemplo de la aeronave, algunas de esas variables podrían ser: la altura, la velocidad, el rumbo, la distancia recorrida, el nivel de combustible, el tiempo transcurrido, la posición de los flaps, la frecuencia de comunicaciones, la actitud de vuelo (situación angular en sus tres ejes: cabeceo, alabeo y guiñada), etc. Claro está, que esas variables deben ser gobernadas en pos de alcanzar el objetivo buscado que será aterrizar adecuadamente en el lugar seleccionado. Ver Figura 3 "Categorización de los Distintos Tipos de Variables".

CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES -ANALOGÍA -		
TIPO DE VARIABLES	**CASO AERONAVE**	**CASO PyME**
Variables de Resultado ó Maestras - VR -	Aterrizar seguro, en el aeropuerto seleccionado, en el horario establecido.	Obtener beneficios, mejorar la rentabilidad, ganar clientes.
Variables de Efecto ó Efectoras - VE -	Rumbo, altura, velocidad, nivel de combustible, meteorología, comunicaciones, presurización, ángulo de flaps, etc.	Retrabajos, defectos, errores (de registración, de entrega, de facturación), fallas (de producto, de servicio), derroche, etc.
Variables de Inducción ó Inductoras - VI -	Situación angular en sus tres ejes: cabeceo, alabeo y guiñada. Mantener la "Actitud de vuelo" dentro de determinados parámetros. Sustentación.	Capacitación, informatización, calibración, estandarización, procedimientos, sistematización, conducta, orden, limpieza, disciplina, etc.

Figura 3 Categorización de los Distintos Tipos de Variables – Analogía -

Dado que no es posible interactuar en forma simultánea con todas las variables a la vez, será necesario priorizar el sinnúmero de variables de vuelo, debiendo encontrar aquellas que se comportan como condicionantes de las demás. Lo primero que debe suceder en un viaje en avión es que la aeronave mantenga la "actitud de vuelo", es decir que los ángulos de rotación en sus tres ejes se encuentren dentro de parámetros que hagan posible su sustentación en el aire, sin esto nada tendrá sentido, sólo se conseguirá que la aeronave pueda simplemente mantener vuelo y no por mucho tiempo.

Si se pierde el control de la "actitud de vuelo", la aeronave indefectiblemente se estrellará, sin importar, por ejemplo, que el rumbo fuera el adecuado. Resulta entonces, que todas las demás variables estarán condicionadas en principio a que el avión mantenga su sustentación aerodinámica, luego, a continuación podremos corregir rumbo, altura, velocidad, etc.

Si llevamos esta analogía al caso de una pequeña empresa dedicada indistintamente a la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios, podemos encontrar aquellos objetivos de máxima, que son obtener beneficios, rentabilidad, ganancias y/o clientes. Que establecen su propósito y se convierten en la razón de la existencia de la organización (Drucker, 1990).

Objetivos, estos, que son perseguidos desde una primera instancia, pero que se consiguen luego de un largo devenir y a la sazón de última instancia (aterrizar seguro en el aeropuerto establecido). Son aquellos objetivos que mediremos a partir del desempeño de lo que denominaremos Variables de Resultado ó Maestras (VR).

Luego debemos identificar aquellas variables condicionantes que por sí solas no aportan a ese resultado final, pero que lo inducen, le llamaremos Variables de Inducción ó Inductoras (VI), para el caso de la aeronave son las que garantizan la actitud de vuelo. Para el caso del sector PyME estas variables podrán estar relacionadas con los niveles de capacitación, informatización, calibración, estandarización, procedimientos, sistematización, orden, limpieza, disciplina, etc. Estas variables forman la base para trabajar en un proceso de Mejora Continua; exigen análisis, esfuerzo y tiempo; y sus resultados no generan impacto inmediato evidente en el desempeño de la organización.

Por último, debemos establecer rumbo, altura, velocidad, etc., es decir que se deberán seleccionar y distinguir aquellas variables que van a producir consecuencias ligadas con el resultado que se pretende alcanzar, le vamos a llamar Variables de Efecto ó Efectoras (VE) y podrán ser las relacionadas con la magnitud de retrabajos, defectos, errores (de registración, de entrega, de facturación), fallas (de producto, de servicio, de facturación), productividad, derroche, eficiencia, etc.

Un adecuada caracterización y control de estas variables será la clave del éxito del proceso de Mejora Continua que se lleva adelante, y sus resultados tendrán impacto evidente en el desempeño de la organización en pos de conseguir alcanzar los propósitos perseguidos.

2.4.3. Tipificación de KPIs

Habiéndose descripto la categorización de variables que afectan el negocio, ahora es necesario identificar aquellas que por su transcendencia se convierten en relevantes para los procesos de mejora encarados, y enfocar la acción en su medición, para luego proceder a su supervisión y control, lo cual se hará mediante Indicadores Clave de Desempeño -KPIs-

Los KPIs son una métrica enfocada a aquellos aspectos relativos al desempeño de la empresa que resultan clave para lograr el éxito de la misma e indican sobre qué variables debemos trabajar para incrementar de un modo significativo el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Dado que no hay herramientas más potentes para la toma de decisiones que los KPIs, los mismos conforman la base del gerenciamiento moderno, ya que indican el camino correcto de la ejecución de la estrategia concebida. Aquello que no se mide, no se puede mejorar, sin embargo, la medición en sí misma no aporta valor a una organización, dado que esencialmente es una actividad pasiva (es sólo un dato, un número, una foto).

Lo que convierte en útil una medición para su posterior consideración, es que el relevamiento de datos (p.e. cantidad de productos No Conformes) y su ratio vinculado (p.e. cantidad de productos elaborados) puedan transformarse en información que permita tomar decisiones para mejorar el desempeño de la organización (p.e. 5 fallos sobre 1000 casos, equivale a 0,5% de No Conformidades). Además, debe suceder que lo medido se encuentre dentro de las prioridades (objetivos estratégicos) establecidos por la empresa; todo ello para que el ejercicio de medición conduzca a un proceso racional de toma de decisiones que agregue valor a la organización.

Dado que las variables de valor en el ámbito de una empresa son incontables e imposible de gobernar, se deberá seleccionar un conjunto de ellas que representen en forma vital los interesas que se quieren lograr. No todas las métricas de desempeño tienen por qué ser KPI, ya que pueden ser útiles pero no tienen por qué ser “clave” para el éxito de la empresa. Los KPI deben estar directamente relacionados con los denominados CSF (Factores Críticos de Éxito) que han sido identificados en el Método de los 5 Pasos que se señaló más arriba.

En general para un buen comienzo de implementación de un Proceso de CI en ámbito PyME, la bibliografía recomienda, y nuestra encuesta y experiencia lo abalan, que sólo es necesario seleccionar una pequeña cantidad de indicadores clave de desempeño que dependerán del tamaño y rubro de la organización (Ballve, 2008), se consideraría algo razonable seleccionar entre 5 y 15, los que además de contribuir al agregado de valor, de encontrarse alineados con la estrategia adoptada y de ser verdaderamente los más relevantes (comportándose como fundamentales para el desarrollo del negocio), deben revestir las siguientes características:

- Periodicidad: Representar variaciones que se dan en periodos de tiempo como día, mes, año, acumulado, proyectado, etc.
- Posibilidad de Apertura: Poder desagregarse para enfocar en ubicación, planta, línea, sector, producto, días, semanas, turnos, etc.
- Frecuencia de actualización: Se refiere al tiempo que transcurre entre cada reajuste de datos, p.e. on-line, diaria, semanal, mensual, etc.
- Referencia de contraste: Se refiere a la base sobre la cual se calcularán las desviaciones. Puede ser un estándar, la historia, el mes anterior, el promedio de los últimos doce meses, un objetivo o una meta, etc. Indica grado de apartamiento de patrón referencial.
- Parámetro de alarma: Niveles por encima o por debajo de los cuales el indicador marca un corrimiento preocupante, p.e. más o menos 5% sobre una base de referencia. Indica un grado de apartamiento de patrón referencial que reviste una magnitud que requiere una pronta intervención y análisis.
- Representación gráfica: La mejor forma de apreciar la realidad es la visualización gráfica, p.e. diagramas de tortas, barras, líneas, etc.
- Estandarización en su obtención: Se refiere a establecer modalidad de medición y asignación de responsabilidad de monitoreo.

Un Indicador, por naturaleza, establece la relación existente entre dos variables, que conforman un ratio entre un numerador, que representa el número de partes seleccionadas (distinguidas), y un denominador que responde a la cantidad de partes en las que se dividió el todo en cuestión. En la Figura 4 “Conformación y Tipificación de KPIs para Aplicar a Procesos de CI en PyMES” se puede apreciar el uso y de las Variables anteriormente descriptas, VR – VE – y VI que se utilizan como Métrica del Numerador para conformar los Indicadores KPI y proceder a su caracterización.

CONFORMACIÓN Y TIPIFICACIÓN DE KPIs		
MÉTRICA NUMERADOR Variables Dependientes de Proceso	**MÉTRICA DENOMINADOR** Variables Externas Independientes	**MODELO TIPO DE KPI**
Variables de Resultado ó Maestras **- VR -**	Periodo de Tiempo	**Indicador de Resultado** **- KPI Res -** Mide ganancia, renta, beneficio, etc. alcanzado en el periodo de tiempo analizado
Variables de Efecto ó Efectoras **- VE -**	Recursos Empleados (Materia Prima, Insumos, Energía, Mano de Obra, etc.). Producido, Requerido, Entregado, etc.	**Indicador Efector** **- KPI Efec -** Mide relación de eficiencia entre un efecto alcanzado y su costo vinculado
Variables de Inducción ó Inductoras **- VI -**	Inversión realizada. Tiempo empleado	**Indicador Inductor** **- KPI Ind -** Mide nivel alcanzado de implementación por unidad de inversión/tiempo empleado

Figura 4 Conformación y Tipificación de KPIs para Aplicar a Procesos de CI en PyMES

Establecer un Indicador implica que se trata del resultado de una fracción ó cociente en el cual el superior (numerador) es la variable dependiente de proceso que se debe ponderar (pesar) según el inferior (denominador) que se comporta como una variable externa independiente. En la Figura 4, se aprecian las características generales (aquellas que revisten mayor conveniencia) que deben reunir las distintas métricas del Numerador y del Denominador, con todo lo cual se constituyen los distintos tipos de KPIs del Modelo.

Según su finalidad tenemos los siguientes tipos de Indicadores Clave de Desempeño: Indicador de Resultado -KPI Res-, vinculados a la medición del cumplimiento del propósito de la organización; Indicador Efector -KPI Efec-, vinculados a aquellas variables que van a producir consecuencias ligadas en forma evidente con las mejoras que se pretenden alcanzar; e Indicador Inductor -KPI Ind-, ligados con aquellas variables condicionantes que por sí solas no aportan en forma evidente a la mejora pretendida, pero la promueven consistentemente.

3. CONCLUSIONES

Se observa en el ámbito PyME la típica acción de "*apagar incendios*", considerando lo Urgente como lo más Importante, y dejando sin tiempo y lugar a lo realmente Importante para la supervivencia del negocio y el desarrollo de la actividad. La investigación muestra, asimismo, que procesos de Mejora Continua fracasan debido a la falta de vinculación de la iniciativa propuesta con las metas comerciales y objetivos perseguidos.

La adopción de un Proceso de Mejora Continua por parte de una PyME, necesita ser encarado con confianza y sin falsas expectativas de éxito y/o de urgencia. El esquema de implementación presentado, basado en el Método de los 5 Pasos y la identificación de una serie de CSF (para el caso de adoptar el modelo de excelencia Lean Six Sigma - LSS), generan una base metodológica clara y eficiente. El estudio de las relaciones causales, que fuera presentado con el análisis de las valoraciones de Eficiencia Técnica, de Costo-Beneficio y de Riesgo, aumentan la comprensión del decisor, disponiendo de elementos de juicio que le permitan seleccionar y adoptar la opción más adecuada y eficiente.

La presentación y clasificación de variables esenciales para manejar el cambio necesario en relación al efecto que se pretende lograr, permite introducir el Modelado de KPIs, donde la selección de tan sólo un pequeño puñado de indicadores considerados clave, en forma balanceada y equilibrada, entre aquellos que están dirigidos a inducir causas y aquellos que señalan alcance de efectos, generan un Modelo íntegro de oportunidades de desarrollo y mejoras para el negocio, que en su continuidad convertirán el proceso de Mejora Continua en una fuente de obtención de ventajas competitivas que se sustentan en la practicidad, la racionalidad y el sentido común.

A través de este trabajo de investigación, se ha intentado establecer un formato de indicadores clave de desempeño que permita disminuir uno de los mayores obstáculos para alcanzar el éxito de los Programas de Mejora Continua en PyME, que es la ansiedad para obtener resultados rápidos, y la falta de método para saber qué, cómo, cuándo y dónde medir.

4. REFERFENCIAS

Ballve, A. M. (2008). Tablero de Control - Infomación para Crear Valor-. Emecé.

Drucker, P. F. (1990). *La Gerencia - Tareas, responsabilidades y prácticas - ¿Qué es una Empresa?* Buenos Aires: El Ateneo.

Kumar, M., Antony, J., & Tiwari, M. (2014). Six Sigma implementation framework for SMEs: a roadmap to manage and sustain the change.

Lopez, A. M. (2022). Herramientas para la Aplicación de Mejora Continua en PyMEs. En UTN, *COINI 2021:XIV Congreso Internacional de Ingeneiría Industrial* (pág. 912). CABA: eduTecNe.

Pearl, J., & Mackenzie, D. (2018). *The Book of Why.* Basic Books.

Raghunath, A., & Jayathirtha, V. (2013). Lean and Six Sigma approach for Manufacturing SMEs. *24th Annual Production and Operations Management (POM) Conference*, (pág. 10). Denver.

Sodhi, H. S., Singh, D., & Singh, B. J. (2019). Developing A Lean Six Sigma Conceptual Model and Its Implementation: A Case Study. *Industrial Engineering Journal*, 20.

The Counsil of Six Sigma Certification. (2018). *Six Sigma - A Complete Step by Step Guide.* Buffalo: sixsigmacouncil.org.

El enfoque al cliente como factor de institucionalización de la calidad, un estudio en distintos tipos de organizaciones

Meretta Javier*, Gómez Carlos.

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional

Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás

jmeretta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo contiene información parcial de una tesis doctoral que estudia el proceso de institucionalización de prácticas de calidad, específicamente la norma ISO 9001 en organizaciones de la región Económica Local San Nicolás, con el objetivo de facilitar el proceso de implementación de un sistema de gestión de calidad y lograr su sustentabilidad en el tiempo. En el presente artículo se muestra un modelo de análisis del enfoque al cliente en dos casos de estudio constituidos por organizaciones inmersas en distintos tipos de ambiente o contexto. El enfoque al cliente constituye la base fundamental de una cultura organizacional orientada a la calidad y depende de acciones concretas llevadas adelante por la alta dirección. Este principio de calidad implica un cambio en la orientación de las organizaciones tradicionales centradas en los costos y la eficiencia, hacia organizaciones orientadas a brindar una rápida respuesta a la demanda de los clientes con nuevas ideas y tecnologías. El contexto o ambiente externo, que rodea a las organizaciones es una combinación de ambientes técnicos e institucionales, donde las características distintivas presentes en estos ambientes consisten en que los elementos institucionales abarcan a los factores más simbólicos y culturales que afectan a las organizaciones; mientras que los elementos técnicos comprenden a las características más materialistas basadas en recursos.

Palabras claves: Enfoque al cliente, calidad, institucionalización.

ABSTRACT

This paper contains partial information from a doctoral thesis that studies the process of institutionalization quality practices, specifically the ISO 9001 standard in organizations of San Nicolás Local Economic Region, with the aim of facilitating the process of implementing a quality management system and achieve its sustainability over time. This article shows an analysis model of customer focus in two case studies built by organizations immersed in different types of environments or context. The customer focus constitutes the fundamental basis of a quality-oriented organizational culture and depends on concrete actions carried out by senior management. This principle of quality implies a change in orientation from traditional organizations focused on costs and efficiency, towards organizations oriented to providing a rapid response to customer demand with new ideas and technologies. The context or external environment that surrounds the organizations is a combination of technical and institutional environments, where the distinctive characteristics present in these environments consist of the fact that the institutional elements encompass the most symbolic and cultural factors that arise in the organizations, while the technical elements comprise the more materialistic resource-based features.

Keywords: Customer focus, quality, institucionalization.

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta aquí información parcial de una tesis de doctorado que estudia el proceso de institucionalización de prácticas de calidad, en particular la implementación de un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001 en organizaciones del Área Económica Local San Nicolás.

Los interrogantes motivadores de este trabajo han surgido de investigaciones previas que nos llevaron a preguntarnos las razones por los cuales muchas organizaciones de la región de estudio certificaban su sistema de gestión de la calidad bajo la norma ISO 9001 pero no podían sostener esta certificación en el tiempo.

En búsqueda de respuestas hemos analizado en la literatura la evolución de las diferentes orientaciones que ha tenido la calidad desde la orientación al producto, al proceso, a la prevención y al sistema; abarcando hoy a todas las formas que posibilitan satisfacer la necesidades de los grupos de interés relacionados con la organización. El énfasis en la cultura organizacional, las personas y los grupos de interés que han llevado a las empresas a la búsqueda de excelencia, han significado una evolución conceptual que se ha nutrido de aportes académicos interdisciplinarios donde la ingeniería y la teoría de la administración han tenido un rol protagonista (Camisón et al., 2006). Es en la teoría de las organizaciones donde hemos encontrado en la perspectiva institucional la posibilidad de analizar la difusión e implementación de la gestión de calidad desde un punto de vista innovador, alejado de la mirada tradicional de la ingeniería industrial.

Es Habitual tanto en la literatura académica como en la de divulgación atribuir los fracasos en la implementación de la norma y la pérdida de la certificación de calidad en las organizaciones, a distintos factores que suelen ser genéricamente identificados como la falta de compromiso de la alta dirección y de los empleados, la falta de recursos asignados al sistema, incapacidad de adaptarse a la “cultura de la calidad” y a las resistencias internas de las organizaciones.

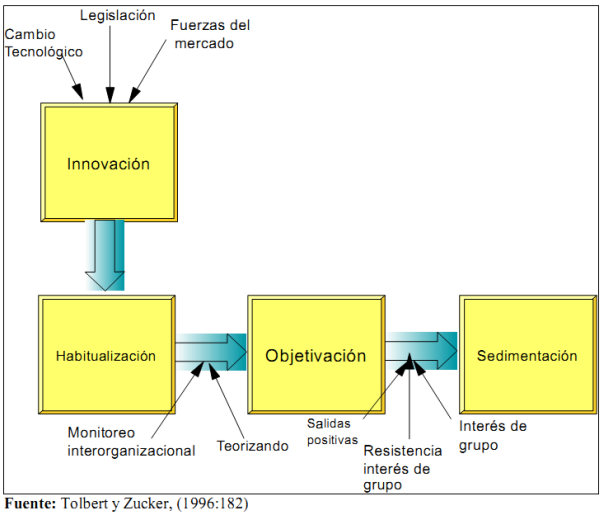
2. INSTITUCIONALIZACIÓN

Utilizamos en este trabajo el concepto de institucionalización, cercano a las ciencias sociales, en lugar del más simple y mecánico de “implantación”, más afín a la ingeniería y a la administración, ya que refleja una realidad más compleja y real, de abordar el cambio o los intentos de cambio en las prácticas de gestión en las organizaciones. Podríamos indicar una primera definición de institucionalización como un proceso de transformación de una práctica, actividad o servicio, desde una situación informal hacia una situación altamente formalizada, con una práctica estable, cuya actuación puede ser predecible con cierto grado de confianza, y entenderse como la labor de una entidad dotada de una personalidad jurídica propia, con continuidad y proyección en el tiempo (Arnoletto, 2007).

Este concepto nos remite a la persistencia o fluidez de determinados hechos y acciones, que constituyen procesos cambiantes que se encuentran en construcción. Uno de los objetivos de nuestra investigación es cuestionar la idea rígida de éxito o fracaso en el cambio organizacional. El concepto de institucionalización nos ayuda a entender el cambio como un proceso con distintas fases de consolidación que es necesario identificar. En algunos casos esta institucionalización es fácilmente observable, manifiesta, y explícita, y en otras situaciones se nos presenta latente y contradictoria.

Hemos elegido y adaptado el modelo de Pamela Tolbert y Lynne Zucker (1996) para describir experiencias de institucionalización en nuestro trabajo ya que constituye un modelo evolutivo donde se pueden diferenciar tres fases en el proceso de institucionalización, resultando pertinente para estudiar el proceso de institucionalización de prácticas de calidad en el interior de una organización.

A continuación, describimos las características de las distintas fases de este modelo evolutivo Figura 1:



Fuente: Tolbert y Zucker, (1996:182)

FIGURA 1: modelo de Tolbert y Zucker

La primera etapa luego de introducida una innovación corresponde al proceso de pre-institucionalización y se denomina *Habituación,* en esta etapa surgen las primeras respuestas al cambio introducido en el sistema, la incipiente institución va cobrando legitimidad y se convierte en un recurso habitual para afrontar nuevas situaciones. En la organización, este proceso de habituación involucra la creación de nuevos arreglos estructurales y su posterior formalización.

La segunda etapa denominada *Objetivación,* o fase de semi institucionalización, es un movimiento hacia un estado más extendido y permanente que acompaña la difusión de la estructura. La tercer y última fase se denomina de S*edimentación* y constituye una fase de consolidación, donde la institución se arraiga en la organización, independientemente de la perdurabilidad de las condiciones que facilitaron las etapas anteriores o la permanencia de los agentes.

Tolbert y Zucker (1996) no mencionan cuales pueden ser los factores que inciden en el proceso de institucionalización, aunque definen a su identificación como un elemento clave para analizar el proceso. Un aporte de este trabajo es la identificación de estos factores.

2.1. El entorno de las organizaciones

Al momento de identificar los factores que afectan a este proceso debemos tener en cuenta a las características propias de la filosofía de la calidad manifestada a través de los principios de la norma ISO 9001. Luego, se consideran factores internos tales como los valores, cultura, conocimientos y desempeño de la organización; y factores externos tales como entornos legales, tecnológicos, de competitividad, de mercado, culturales, sociales y económicos.

En el análisis de los factores externos adquiere relevancia el concepto de ambiente o entrono en el cual se encuentran inmersas las organizaciones. condicionan la utilización de ciertas prácticas organizativas, estos contextos son significativos para poder explicar la adopción y el grado de implantación de estas herramientas de gestión. Así las cosas, recurrimos al modelo conceptual de Scott (1998), que identifica dos tipos básicos de entorno: entornos institucionales o entornos técnicos, si bien estos dos tipos de entorno no se suelen dar de una manera pura y rígida, sino que constituyen de alguna manera dos características que se pueden combinar en cuanto a intensidad e influencia de una manera variable.

Tradicionalmente los enfoques más habituales acerca de la influencia del entorno sobre las organizaciones sostenían que éstas eran afectadas por sus posibilidades para acceder a un stock de recursos o en su defecto por sus posibilidades de acceso a información, entendidos ambos factores como dos “recursos” que generan un importante foco de dependencia para las organizaciones.

Con conceptos más recientes, los antropólogos y los psicólogos cognitivos han reparado especialmente en los factores cognitivos y culturales que condicionan las acciones de las organizaciones. Este reconocimiento de diferentes elementos que constituyen el denominado ambiente organizacional permitió de alguna manera ampliar el marco de conocimiento sobre las organizaciones; superando la un tanto restringida idea de considerarlos sistemas exclusivamente técnicos, para verlas también como sistemas humanos, políticos, sociales, y culturales. Por lo tanto, el impulso o el fracaso de determinadas prácticas tiene determinantes no exclusivamente técnicos, es decir no restringidos a las fuentes de insumos, los mercados de productos y los competidores.

3. CULTURA ORGANIZACIONAL

En el presente trabajo partimos de la base de que una cultura orientada a los principios que promueve la calidad constituye un elemento necesario e indispensable para la implantación y consolidación en la organización de sistemas de gestión de la calidad.

La cultura en una organización es factible de ser adecuada mediante acciones de liderazgo de la alta dirección. Así, si la cultura dominante es aquella orientada a la calidad implica la existencia de una interpretación homogénea de lo que ésta representa en la organización, este significado compartido de la cultura hace que sea ésta un elemento poderoso para guiar y conformar el comportamiento de la gente en el sistema de gestión de la calidad (Robbins y Judge, 2017).

Habiendo establecido a la cultura organizativa orientada a la calidad como factor de análisis procedimos a establecer las variables que nos permitirían analizarla. Para ello recurrimos a los principios de la calidad: el enfoque al cliente, el liderazgo y la participación de las personas. Presentamos aquí como el enfoque al cliente adquiere relevancia en el análisis del proceso de institucionalización de un sistema de gestión de la calidad.

3.1 EL Enfoque al cliente

El enfoque al cliente implica un cambio en la orientación de las organizaciones tradicionales centradas en los costos y la eficiencia, hacia organizaciones orientadas a brindar una rápida respuesta a la demanda de los clientes con nuevas ideas y tecnologías, productos que satisfacen o exceden las expectativas de los clientes y la anticipación de las necesidades de estos como requisito para el éxito organizacional a largo plazo (Ahire et al., 1996).

El acto de centrar las acciones en pos de satisfacer las expectativas del cliente, consiste en crear productos y servicios que, cumpliendo las especificaciones de los clientes, cubran o excedan sus expectativas, buscando permanentemente la satisfacción de estos a través de la continua adaptación a sus necesidades. (Dean y Bowen, 1994; Hill y Wilkinson et al, 1995).

Resulta conveniente definir con claridad quién es el cliente en una organización, para tal fin se recurre en primer lugar a los conceptos vertidos por Plaza Mejía (2002) quien considera a los *stakeholders o partes interesadas* como aquellos a quienes la organización debe satisfacer; siendo éstos los integrantes del conjunto de personas conformado por empleados, accionistas, el cliente en sentido tradicional (interno y externo), los competidores y la sociedad, entre otros. El concepto de stakeholders o partes interesadas es definido en la Norma ISO 9004 como: *"el conjunto formado por individuos y otras entidades que aportan valor a la organización, o que de otro modo están interesados en las actividades de la organización afectados por ellas."*

Para cumplir con los requerimientos de los clientes y satisfacerlos, las organizaciones deben en primer lugar identificar las necesidades de estos, las explícitas y las ocultas o latentes, y medir el grado de satisfacción alcanzado al cumplir con las tensiones provocadas por estas necesidades. Para evaluar el grado de conformidad de los clientes con el producto o servicio obtenido, muchas organizaciones se limitan a realizar una encuesta de satisfacción, lo cual resulta insuficiente ya que suelen obtenerse pocas respuestas; otro método común para obtener una retroalimentación es el análisis de los reclamos. Podríamos resaltar la importancia actual de las redes sociales en el tratamiento de los reclamos y su impacto en la reputación de las organizaciones. La medición y evaluación de la satisfacción de los clientes es muy importante para la mejora continua de los procesos y los resultados de estos. Las organizaciones cuentan con esta información en sus departamentos de atención al cliente o en sus departamentos comerciales, y esta provee de gran cantidad de información para su análisis. Como contrapunto se debe tener presente que muchos clientes no realizan reclamos y esto genera inconvenientes ya que resulta un problema tanto el tener muchos reclamos como el no tenerlos.

El enfoque al cliente puede manifestarse en acciones concretas que son llevadas adelante por la alta dirección y el personal de las organizaciones y que pueden ser identificadas en el desarrollo de las entrevistas, algunas de ellas son mencionadas en la norma como por ejemplo: reconocer a los clientes directos e indirectos como aquellos que reciben valor de la organización; entender sus necesidades actuales y futuras y gestionar de manera efectiva las relaciones con los clientes para lograr el éxito sostenido y determinar y actuar sobre las necesidades de las partes interesadas que puedan afectar la satisfacción del cliente.

Las necesidades y expectativas de las partes interesadas contribuyen al logro del éxito sostenido por la organización (ISO 9004, 2018), la Norma aclara también que estas necesidades y expectativas de las partes interesadas individuales son diferentes, y pueden estar en conflicto con

las otras partes interesadas o pueden cambiar rápidamente. Los medios por los cuales estas expectativas se satisfacen pueden adoptar una amplia variedad de formas, tales como la cooperación, la negociación, la contratación externa o el cese total de una actividad.

En la Tabla 1 se muestran ejemplos de las partes interesadas y sus necesidades y expectativas:

Ejemplos de partes interesadas y sus necesidades y expectativas

Parte interesada	Necesidades y expectativas
Clientes	Calidad, precio y desempeño en la entrega de los productos
Propietarios/accionistas	Rentabilidad sostenida Transparencia
Personas en la organización	Buen ambiente de trabajo Estabilidad laboral Reconocimiento y recompensa
Proveedores y aliados	Beneficios mutuos y continuidad
Sociedad	Protección ambiental Comportamiento ético Cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios

Tabla 1 Ejemplos de partes interesadas y sus necesidades. Fuente: Norma ISO 9004: 2009

Otras acciones llevadas a cabo por la organización con un claro enfoque al cliente que surgen de la literatura pueden ser: relacionar los objetivos de la organización con las necesidades y expectativas de los clientes; comunicar las necesidades y expectativas de los clientes a través de la organización; realizar el proceso de diseño y desarrollo con todas sus etapas, entregar y brindar soporte técnico a los productos y servicios para cumplir los requisitos de los clientes; medir y realizar el seguimiento de la satisfacción del cliente tomando las acciones adecuadas; la organización clasifica y diferencia a los clientes; la flexibilidad para satisfacer demandas; el sistema de tratamiento de los reclamos; el servicio de distribución y entrega de productos; el rol de los sectores de compras y ventas y como se compara la organización con sus competidores.

El análisis de estos y otros factores que permitan identificar las acciones y decisiones que se ejecuten en las distintas organizaciones, en pos de desarrollar un claro enfoque al cliente, nos permite considerar al enfoque al cliente como un factor evolutivo que se desarrollará al avanzar en las etapas del proceso de institucionalización, lo que nos permite analizar el grado de madurez de esta variable.
El modelo que se propone para el análisis de la cultura organizacional debe evaluar el enfoque al cliente en la organización identificando tres estados posibles correspondientes a los grados de institucionalización (habituación, objetivación y sedimentación), basados en las acciones que implementa la organización observada.
El primer grado de institucionalización es la habituación, donde esperamos encontrar las acciones básicas del sistema de gestión de la calidad, acciones sencillas, mínimas e indispensables para el funcionamiento del sistema y que suelen ser las primeras en llevarse a cabo en las etapas tempranas de la implementación de la gestión de calidad. En la segunda etapa llamada objetivación, se presentarán acciones de una mayor complejidad necesarias para cumplir las exigencias de la norma y que demuestran el interés de la organización en hacer sostenible el sistema de gestión.
Finalmente, la tercer etapa denominada sedimentación deberá presentar aquellas acciones que las organizaciones consideren pertinentes para buscar un alto grado de madurez y sostenibilidad del sistema, estas no son requisitos de la norma, pero pueden ser herramientas propuestas por las normas que complementan a la ISO 9001 y permiten a la organización la búsqueda del éxito sostenido o situarlas en una posición de excelencia como la norma ISO 9004:2018. En la Tabla 2 se muestra el cuadro de análisis de enfoque al cliente.

HABITUACION	OBJETIVACION	SEDIMENTACION
La organización determina, comprende y cumple los requisitos del cliente	La organización identifica clientes y partes interesadas, y cumple sus necesidades y expectativas	La organización identifica a clientes y partes interesadas pertinentes y potenciales, identifica sus posibles necesidades y busca que sean coincidentes con sus objetivos de mejora
La organización satisface los requerimientos de los clientes sin diferenciación	La organización clasifica y diferencia a sus clientes y partes interesadas, y posee flexibilidad para atender las demandas particulares	La organización anticipa las posibles demandas y mantiene un equilibrio entre los clientes y otras partes interesadas pertinentes.
La organización realiza un tratamiento limitado de los informes de reclamos y percepción de satisfacción recibidos	Se analizan los reclamos y la satisfacción percibida en foma minuciosa y se aplican a la mejora de productos y servicios	La organización analiza el grado de satisfacción percibida, reclamos, necesidades y expectativas de las partes interesadas y los comunica a toda la organización.

Tabla 2: Cuadro de análisis de enfoque al cliente. Elaboración propia

Así hemos establecido tres ejes para evaluar el enfoque al cliente: en primer lugar, la forma en que la organización identifica a sus clientes y partes interesadas, sus necesidades y expectativas.

En segundo lugar, la forma en que la organización satisface los requerimientos de sus clientes y finalmente la forma en que la organización evalúa reclamos y la satisfacción percibida por los clientes.

4. CONCLUSIONES

Hemos presentado una adaptación del modelo de Tolbert y Zucker (1996) que permite analizar el proceso de institucionalización de un sistema de gestión de la calidad. Hemos identificado e incorporado los factores que permiten su utilización y análisis, presentando particularmente en este trabajo a la cultura organizacional y su variable enfoque al cliente. El análisis de entrevistas en profundidad realizadas en dos organizaciones inmersas en distintos ambientes nos ha permitido arribar a conclusiones e identificar la etapa del proceso de institucionalización en que se encontraban. El modelo desarrollado puede facilitar a las organizaciones detectar e identificar sus puntos débiles en el proceso de implementación de un sistema de gestión de la calidad.

5. REFERENCIAS

Ahire, S. L.; Golhar, D. Waller, M. (1996) “Development and validation of TQM implementation constructs. Decision Sciences, 27 pp 23 – 56.

Arnoletto, E. (2020) https://leyderecho.org/institucionalizacion/

Camisón, C., Cruz, S. y González, T. (2007). Gestión de la calidad: conceptos, enfoques y sistemas. Madrid: Pearson - Prentice Hall.

Dean, J.W.; Evans, J.R. (1994). Total Quality Management, organization, and strategy. St-Paul: Wet Publishing.

Plaza Mejia, M. (2002) “Modelo para la gestión estratégica de la calidad total: aplicación a la empresa agroalimentaria”. EOI Escuela de Organización Industrial

Robbins, S. y Judge, T. 2009. “Comportamiento organizacional” Prentice Hall. ISBN 978-607-442-098-2.

Scott, W. 1998. Organizations: Rational, Natural and Open Systems. Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie · January 1998

Tolbert, P. S. & Zucker, L. G. (1996). The institutionalization of institutional theory [Electronic version]. In S. Clegg, C. Hardy and W. Nord (Eds.), Handbook of organization studies (pp. 175-190). London: SAGE.

Wilkinson, A y Willmott, H. (1995). “*Making quality critical”*. Londres: Routhledge.

GESTIÓN DE ARBOLADO URBANO DEL PARTIDO DE TANDIL

Bueno, Moisés Evaristo; Dos Reis, María Rosa

Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA)
moisesbueno@gmail.com, mrosadosreis@gmail.com

RESUMEN

El proyecto en ejecución realiza un análisis y propuestas en relación al arbolado urbano desde aspectos del medio ambiente, la calidad ambiental, la calidad de vida de los ciudadanos y resalta efectos benéficos sobre la salud de las personas.

Se contemplan las necesidades de la ciudadanía, tanto en cuestiones de derecho o legales en relación a reclamos realizados al Municipio por causas del Arbolado; aspectos relacionados con la información o conocimiento del arbolado urbano, en especial sobre podas eficientes, especies permitidas por sectores geográficos y otras cuestiones que vincula a la sociedad y el arbolado urbano.

Para atender estos aspectos se está creando una App web que gestione y articule satisfacer en forma eficiente la gestión de la información y servicios a la ciudadanía.

Un punto de análisis no menor es atender necesidades insatisfechas en sectores vulnerables en relación a calefacción.

Para este último punto se está trabajando en conjunto con la Escuela de Educación Media de Cerro Leones y otros actores sociales de Tandil, en la fabricación de briquetas con biomasa que utiliza resto de podas como principal materia prima.

El enfoque multidisciplinar presente en las cuestiones propuestas atiende algunos aspectos de la gestión de Arbolado Urbano

Palabras Claves: CALIDAD AMBIENTAL, ARBOLADO URBANO, BIOMASA

ABSTRACT

The project in execution carries out an analysis and proposals in relation to urban trees from aspects of the environment, environmental quality, quality of life of citizens and highlights beneficial effects on people's health.

The needs of the citizens are considered, both in matters of law or legal in relation to claims made to the Municipality for causes of the Trees; aspects related to the information or knowledge of urban trees, especially on efficient pruning, species allowed by geographical sectors and other issues that link society and urban trees.

To address these aspects, a web App is being created that manages and articulates the efficient management of information and services for citizens.

An important point of analysis is to attend to unsatisfied needs in vulnerable sectors in relation to heating.

For this last point, work is being done in conjunction with the Cerro Leones Middle School and other social actors in Tandil, in the manufacture of briquettes with biomass that uses rest of pruning as the main raw material.

The multidisciplinary approach present in the proposed questions addresses some aspects of the management of Urban Trees

Keywords: ENVIRONMENTAL QUALITY, URBAN TREES, BIOMASS

1. INTRODUCCIÓN

En el marco de la convocatoria de Proyectos de Extensión de Facultad de Ciencias Exactas (UNCPBA) se presentó el proyecto "Gestión de Arbolado Urbano del Partido de Tandil" que fue aprobado por RCA 252/21. El presente trabajo contempla algunas cuestiones evaluadas del mencionado proyecto.

El proyecto en ejecución tiene como objetivo principal una gestión sustentable del arbolado urbano del municipio de Tandil, que sin ser exhaustivo, realiza un análisis y propuestas en relación al arbolado urbano desde aspectos del medio ambiente, la calidad ambiental, la calidad de vida de los ciudadanos y resalta efectos benéficos sobre la salud de las personas (Canales, 2002).

Al establecer como objetivo una gestión sustentable del arbolado urbano, resulta necesario no sólo medir índices de sustentabilidad (Fiorentino), también es necesario concientizar al ciudadano de la importancia y beneficios del arbolado urbano; sin descuidar las necesidades propias de la ciudadanía. Estas necesidades de la ciudadanía, conforme a lo relevado por el Municipio; hacen a cuestiones de derecho o legales en relación a reclamos realizados al Municipio por causas del Arbolado; aspectos relacionados con la información o conocimiento del arbolado urbano, en especial sobre podas eficientes, especies permitidas por sectores geográficos y otras cuestiones que vincula a la sociedad y el arbolado urbano.

Para atender estos aspectos relacionados a las necesidades relevadas de la ciudadanía y la concientización de los beneficios del arbolado urbano; se está creando una App web que gestione y articule satisfacer en forma eficiente la gestión de la información y servicios a la ciudadanía.

Resulta un punto de análisis no menor considerar acciones sustentables para atender necesidades insatisfechas en sectores vulnerables en relación a calefacción principalmente y de cocción en menor medida y, por la dinámica de acciones de recolección y desforestación para satisfacer demanda de leña, en congruencia con la utilización de restos de podas o leña generados por acciones del municipio sobre el arbolado urbano.

Para este último punto se está trabajando en conjunto con la Escuela de Educación Media de Cerro Leones y otros actores sociales de Tandil, en la fabricación de briquetas con biomasa que utiliza resto de podas como principal materia prima, combinando otros elementos como aserrín, papel, cartón, etc. (Mendoza, 2017) (https://www.elpopular.com.ar/, 2022)

El enfoque multidisciplinar presente en las cuestiones propuestas atiende algunos aspectos de la gestión de Arbolado Urbano.

1.1. Origen del proyecto.

El actual proyecto se origina a partir de la existencia de información asimétrica y necesidad de organización que existe en el sector de arbolado público de la Municipalidad de Tandil y cómo esto se ve afectado por la demanda de la sociedad y de la actividad del podado de árboles principalmente.

Como una solución a este problema, se propone la utilización de una aplicación tecnológica tipo APP que articule y constituya un canal de comunicación e información entre la ciudadanía y el Municipio de Tandil.

Esta herramienta servirá para recolectar y ordenar los reclamos de los vecinos realizados, las visitas y las actividades realizadas por personal municipal para atención de los reclamos, relevamiento o poda, y para tener un historial de las denuncias, asociando todo a cada árbol específico.

Finalmente, se brindará información importante sobre la necesidad de una adecuada poda, ya sea por seguridad o estética, las especies más comunes y recomendadas de árboles, sus necesidades y por último sus problemáticas como, por ejemplo, enfermedades.

En relación a la poda del arbolado urbano se proyecta trabajar con organizaciones sociales, copartícipes del proyecto, para utilizar los restos de las mismas para facilitar leña o algún sistema de calefacción (por ejemplo, crear briquetas) para los sectores más necesitados.

Los árboles urbanos pueden proporcionar numerosos beneficios a la sociedad y al medio urbano. Estos incluyen aspectos físicos - biológicos y sociales - económicos, como son mejor microclima y calidad del aire, acrecentamiento de la salud física y mental y mayor desarrollo económico.

La valorización de estos beneficios pueda ser sumamente significativa, pero al mismo tiempo hay costos asociados con la gestión de los árboles urbanos que deben ser reconocidos para desarrollar

planes óptimos de manejo forestal urbano. Los planes de manejo y plantación cuidadosamente diseñados, pueden maximizar los beneficios del arbolado urbano.

1.1.1 Aspectos a considerar. Interdisciplina.

El proyecto presenta un análisis interdisciplinar del arbolado urbano:

- Medio ambiente: el arbolado urbano promueve beneficios ambientales como:
  - Atemperan el clima.
  - Conservan la energía, dióxido de carbono y agua.
  - Mejoran la calidad del aire.
  - Remueven contaminantes del aire.
  - Disminuyen la escorrentía pluvial y las inundaciones.
  - Reducen los niveles de ruido
  - Suministran el hábitat para la fauna silvestre.
- Salud: efectos benéficos sobre la salud de las personas.
- Derechos ciudadanos: atención de necesidades de la ciudadanía, tanto en cuestiones de derecho o legales en relación a reclamos realizados al Municipio por causas del Arbolado; como también atender necesidades insatisfechas en sectores vulnerables por la ayuda en calefacción y la acción de actores sociales que trabajan en atender dichas necesidades.
- Turismo y paisajismo: en la ciudad de Tandil con fuerte impronta de ciudad turística, el arbolado urbano se destaca en el paisaje.

Con este abordar de los aspectos disciplinares mencionados se buscó colaboración externa de experiencias relacionadas; tal el caso de consulta en la red de UTN para conocer experiencias en 'chipeado' de leña-ramas y creación de briqueteadoras, por ejemplo.

En la investigación de experiencias relacionadas y en línea con la interdisciplina se evaluaron dos proyectos altamente vinculados con la presente propuesta:

"Plantas silvestres y soberanía alimentaria, territorios abundantes"; a cargo de la Dra. Cecilia Ramírez y "Desarrollo de un dispositivo de calefacción ecológico, económico y preventivo (CEEP) para la resolución de problemas de salud derivados de condiciones de vulnerabilidad socio-habitacional en la ciudad de Tandil en el actual contexto de la pandemia del Covid-19", dirigido por el Dr. Pablo Molina. El primer proyecto hace referencia al valor nutricional y ambiental de las especies nativas; el segundo, a la construcción de estufas sociales que se está llevando adelante en 30 hogares del Barrio La Movediza (Tandil – Argentina) y la necesidad de briquetas para su alimentación.

Otra experiencia mencionada es la que se lleva adelante en la localidad de Necochea que, bajo la misma premisa que plantea el Municipio de Tandil, plantado de 10000 árboles, propuso y acordó, mediante ordenanza del HCD, que un 20% de los mismos sean árboles frutales para su uso comunitario.

"Uno de los principales inconvenientes que se ha encontrado al momento de gestionar el arbolado urbano es la falta de interdisciplinariedad. Las intervenciones al espacio público no pueden ser vistas como elementos meramente estéticos, debe entenderse que su implementación afecta a personas con características socioeconómicas distintas" (Agudelo Varela, Becerra Granada, Bohórquez Castrillón, & Garzón Riaño).

2. METODOLOGIA.

Los autores del presente trabajo son responsables de la cátedra Formulación y Evaluación de Proyectos de la carrera Licenciatura en Tecnología Ambiental y, con alumnos de dicha materia se trabajó en evaluar y conocer antecedentes en relación a Arbolado Urbano.
En esta línea de acción se trabajó en reunir información existente de otros proyectos o actividades en la UNCPBA u otras instituciones que aporten conocimiento o experiencia. Se observaron los proyectos "Plantas silvestres y soberanía alimentaria, territorios abundantes"; "Desarrollo de un dispositivo de calefacción ecológico, económico y preventivo (CEEP) para la resolución de problemas de salud derivados de condiciones de vulnerabilidad socio-habitacional en la ciudad de Tandil en el actual contexto de la pandemia del Covid-19"; y se tuvo conocimiento de un trabajo de relevamiento de arbolado urbano desarrollado por la Facultad de Ciencias Humanas (UNCPBA).
Además, se realizaron entrevistas con personal del Municipio de Tandil, en especial del área Espacio Verdes Públicos; y con referentes sociales relacionados con la "mesa de arbolado", y de la cooperadora Sans Souci (relacionada con arbolado, paisajismo y turismo).
De las entrevistas con funcionarios municipales surgieron dos problemas que a su criterio necesitaban atención. El primero era contar con información registro de las intervenciones y control

sobre las denuncias y situaciones, que en alguno caso se judicializan; por accidentes o incidentes en relación al arbolado urbano. El segundo el tratamiento eficiente de los restos de poda.
Sobre este último punto se tomó conocimiento que el municipio cuenta con una 'chipeadora' y una 'briqueteadora' de tipo industrial, pero que no son compatibles entre sí. Ante esto se propone acciones que utilizan una u otra (o ambas) herramienta a través de actores sociales. El trabajo con la escuela secundaria de Cerro Leones es una de estas acciones.
También en relación a los restos de poda y conforme al Plan Girsu (Plan Girsu , s.f.) y conforme a investigaciones realizadas sobre trabajos en gestión integral de residuos verdes municipales (GARRIDO, PETTIGIANI, SILBERT VOLDMAN, MAZZEO, & CRUZ, 2021) y lo expresados por actores sociales que trabajan con sectores vulnerables es que la utilización de biomasa en forma de briquetas se constituye en una opción de calefacción y/o cocción mejorando la utlizacion de restos de poda.

3. RESULTADOS

En relación a los resultados, por tratarse de un proyecto en ejecución, se presentan algunos resultados alcanzados y otros esperados.

3. 1. RESULTADOS ALCANZADOS HASTA EL MOMENTO

En base principalmente a lo conversado con el personal del Municipio de Tandil, y la información facilitada por dicho municipio en relación a normativas, plan de arbolado urbano y demás requerimientos atendidos, es que se diagramó y realizó un prototipo de herramienta web APP con las siguientes funcionalidades (Figura 1):

Figura 1 Prototipo de aplicación web

- Novedades: se presenta alguna novedad en relación a Arbolado Urbano y estas comunicaciones se difundirían entre los usuarios registrados y que descarguen la APP.
- Especies por calle: se puede ver información de especias por calle y altura, es decir conocer que especie está reglamentada plantar en esa calle y altura.
- Documentos informativos: se presentan documentos asociados a arbolado urbano tales como normativas, plan de arbolado urbano de Tandil, etc.
- Realizar reclamos en forma on-line: permite realizar consultas y reclamos en forma rápida y eficiente con la facilidad de ubicar la calle y número de reclamo.
- Sugerencias: permite expresar sugerencias.

Se evidenció que el tema de la poda se constituye en uno de los puntos de contacto entre la ciudadanía y el Municipio.
En la APP se publicará contenido de cursos, capacitaciones, documentos informativos e información en general con relación a la poda. Por esto lograr la organización de campañas de poda y difusión junto al Municipio puede ser una forma de lograr participación y conocimiento ciudadano.
En relación a la poda afloró el problema del uso (o no uso) de los restos vegetales que originan la misma y el tratamiento o traslado al relleno sanitario. En conjunto con las organizaciones sociales y en línea con el Plan Girsu en lo referido al manejo de residuos de poda, se propuso la utilización de dichos residuos en forma de 'chipeado', briquetas, etc. a fin de ayudar a los sectores más vulnerables.

A modo de prueba piloto se diseñó un programa para trabajar con la Escuela Secundaria Nº16 de Cerro Leones de Tandil y en ámbito de la escuela se contempla hacer un mapeo del territorio para ubicar arbolado susceptible de podas, lugares de acopio de resto de poda y, lugar para fabricar y almacenar briqueta de biomasa.
Se espera desarrollar modelo de briqueteadora tipo manual (Figura 2) para hacer briquetas de biomasa y que tanto los alumnos de la escuela como sus familias o vecinos del barrio puedan producir sus briquetas para calefacción y/o cocción.

Figura 2 Esquema de Briqueteadora manual (https://ar.pinterest.com/pin/478085316700015062/) y diferentes moldes (fuente: http://nicolasdiruscio.com.ar/wordpress/?p=1416)

Considerando que el objetivo es atender a sectores más vulnerables, es por esta razón que se planteó crear la briqueteadora con bajo costo y que pudiera realizarse fácilmente. Ante esto se propuso crear la misma a partir de un "pallet" para ladrillos que se 'descartan' en la construcción.
El primer modelo creado se observa a continuación:

Figura 3 Briqueteadora manual creada desde 'palet' para ladrillos.

Y al presente se comenzaron a realizar briquetas a modo de experimentar distintas 'recetas' para obtener mejores resultados.

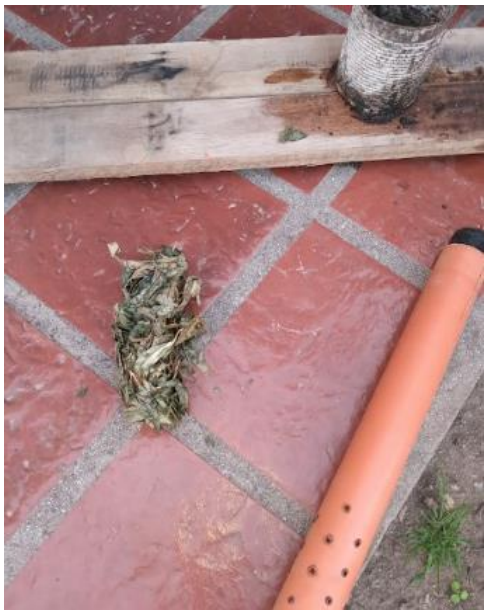


Figura 4 Primer briqueta creada con hojas de Eucalipto.

3. 2. RESULTADOS ESPERADOS.

Si bien parte del proyecto en ejecución se realizó en contexto de pandemia por COVID 19 y se vio muy afectado en su realización, es importante resaltar que aspira lograr:

- Informar eficazmente a la ciudadanía en relación al arbolado público urbano del Partido de Tandil.

- Poder recibir quejas o consultas a través de la aplicación y poder organizarlas, y a su vez, que la información esté al alcance del vecino y de personas involucradas o interesadas.

- Un diagnóstico participativo en constante evolución, donde el vecino o actor territorial sea un actor activo, esté informado y capacitado para lograr un arbolado urbano de mejor calidad y con mayores beneficios para el ciudadano.

- Concientizar a la población mediante distintas formas de difusión sobre la importancia del correcto arbolado urbano.

- Realizar una poda bien ejecutada para lograr beneficios como: control del tamaño del árbol, reducir los riesgos a transeúntes y sus bienes, mejorar su apariencia, mejorar la estructura y arquitectura de la copa, incrementar el paso de la luz y el aire a través de la copa, estimular la floración y fructificación, incrementar el valor del árbol y de sus productos, suprimir focos de infección de plagas, disminuir los costes de la cosecha en frutales, etc.

- Lograr cubrir en parte la necesidad de calefacción en sectores vulnerables a través de restos de poda o utilización de biomasa.

- Motivar el uso de residuos de podas en métodos de calefacción

4. CONCLUSIONES.

Conforme al objetivo de abordar el tratamiento del arbolado urbano del municipio de Tandil hacia una gestión sustentable, se hizo necesario actuar en forma interdisciplinar con la participación de diferentes actores; además de investigar y analizar otros casos aplicados en dicha problemática, tanto en Tandil como en otros municipios.

El enfoque interdisciplinar de Arbolado Urbano es importante para diseñar una gestión integral del mismo y potenciar mejor calidad de vida para toda la ciudad y sus habitantes. Construir en la ciudadanía conciencia de los beneficios del arbolado urbano y, trabajando directamente con alumnos de una escuela secundaria; se constituyen en agentes transformadores y principales actores multiplicadores de acciones y políticas sustentables en relación a la temática.

La desinformación en relación a la poda, así también como que especies están permitidas plantar en las diferentes calles y como canalizar o realizar reclamos; son cuestiones a atender que demanda la ciudadanía.

En líneas general la problemática energética y más en sectores vulnerables es un gran problema que, como mayormente la calefacción es basada en leña; se depredan o desforestan zonas para obtener calefacción; y esto podría evitarse con la buena utilización de residuos de poda y la fabricación de briquetas de biomasa.

Mediante el proyecto se pretende informar y formar a la población en las ventajas y beneficios del arbolado urbano a través principalmente de una aplicación que puede ser accedida masivamente por medio de celular. Y no descuida el tratamiento medio ambiental y el ahorro de energía que implica crear un esquema de fabricación económico de briquetas de biomasa que atienda las necesidades de los sectores más vulnerables.

Se espera que, gracias a la sistematización y documentación de lo actuado, el proyecto pueda ser replicado en otros lugares y construir mejor calidad de vida.

5. REFERENCIAS.

Agudelo Varela, M., Becerra Granada, W. F., Bohórquez Castrillón, E. O., & Garzón Riaño, J. R. (s.f.). *Impacto de la arborización urbana en la calidad de vida de los habitantes de una población: Caso Villavicencio.*

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13592/1/Impacto_arborizacion_urbana.pdf.

Canales, C. P. (Noviembre de 2002). *Beneficios del Arbolado Urbano.* https://www.academia.edu/19875001/Beneficios_del_arbolado_urbano.

Fiorentino, J. A. (s.f.). Obtenido de https://www.academia.edu/22547430/Tesis_SUSTENTABILIDAD_DEL_ARBOLADO_URBANO_VIARIO_DE_LA_CIUDAD_DE_BUENOS_AIRES_EVALUACI%C3%93N_DE_LA_SUSTENTABILIDAD_ECOL%C3%93GICA_DEL_ARBOLADO_URBANO_VIARIO_EN_TRES_COMUNAS_DE_LA_CIUDAD_DE_BUENOS_AIRES

GARRIDO, G., PETTIGIANI, E., SILBERT VOLDMAN, V., MAZZEO, N., & CRUZ, N. (2021). *Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales.* San Martín: : Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

https://www.elpopular.com.ar/. (16 de Junio de 2022). *https://www.elpopular.com.ar/*. Obtenido de https://www.elpopular.com.ar/nota/8935/2022/06/queremos-que-la-gente-no-tenga-frio-y-que-pueda-calefaccionarse-con-pocos-recursos

Mendoza, E. (2017). *Estudio de factibilidad de una empresa productora de briquetas de aserrín en la Provincia de Salta.* Salta: Universidad Católica de Salta -Facultad de Ingeniería .

Plan Girsu . (s.f.). Obtenido de https://www.mesagirsu.org/que-es-la-girsu

Consumo Sostenible del Agua: Propuestas de eficiencia en el consumo de agua residencial

Moreno, Valeria K.*; Alfarano, Javier; Freytes, Mariano; Luque Vazquez, Florencia; Monasterolo, Nicolás

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
valeriakmoreno@gmail.com

RESUMEN

Con el propósito de brindar soluciones al gran consumo de agua potable, este proyecto tiene como principal objetivo definir las bases que servirán para el desarrollo de un Manual de Buenas Prácticas en Argentina. El primer objetivo fue definir un hogar tipo para cada región del país y la definición de un hogar teórico que contemple la totalidad de los consumos que puedan surgir en el mismo. Determinados los valores principales, el segundo objetivo, busca desarrollar las alternativas de eficiencia en el consumo residencial.

Se planea presentar diversas alternativas que puedan implementarse para obtener un consumo más eficiente de este vital recurso. Dependiendo de la propuesta, se visualizarán diferentes escalas de mejoras que podrán extenderse a miles de residencias.

La metodología parte en la definición de un hogar teórico, que cuenta con los consumos de agua potable que se pueden encontrar en los diferentes tipos de hogares y que no cuenta con ninguna propuesta de mejora para lograr un consumo eficiente. Luego se desarrollarán las diversas alternativas, que se clasificarán según su costo de implementación. Estos pueden ser desde buenos hábitos, hasta la adquisición de equipos para consumos responsables.

Como resultado, se cuantificarán los valores y se realizará la comparativa con el hogar tipo de cada región para analizar los potenciales ahorros que se pueden obtener en el país implementando las propuestas de mejora, acompañadas de sus reducciones traducidas en TnCO2eq. El usuario podrá optar por las más convenientes para su hogar.

Palabras Claves: Consumo sostenible, hogar base, propuestas/alternativas de eficiencia, buenas prácticas, agua residencial.

ABSTRACT

With the purpose of providing solutions to the high consumption of drinking water, this project seeks to develop a Manual of Good Practices in Argentina. The first objective was to define a typical household for each region of the country and the definition of a theoretical household that contemplates all the consumption that may arise in it. Once the main values have been determined, the second objective seeks to develop alternatives for efficiency in residential consumption.

It is planned to present various alternatives that can be implemented to obtain a more efficient consumption of this vital resource. Depending on the proposal, different scales of improvements will be displayed that may extend to thousands of residences.

The methodology is based on the definition of a theoretical home, which has the consumption of drinking water that can be found in the different types of home and that does not have any proposal for improvement to achieve efficient consumption. Then the various proposals will be developed, which will be classified according to their implementation cost. These can be from good habits to the acquisition of equipment for responsible consumption.

As a result, the values will be quantified and the comparison will be made with the typical household of each region to analyze the potential savings that can be obtained in the country by implementing the improvement proposals, accompanied by their reductions translated into TnCO2eq. The user will be able to choose the most convenient for his home.

Keywords: Sustainable consumption, basic household, efficiency/alternatives, good practices, residential water.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para la vida de todos los seres vivos. Sin embargo, hoy en día el agua se encuentra bajo amenaza extrema debido al aumento de la población mundial, la creciente demanda de la agricultura y la industria y, en especial, de los efectos del cambio climático en el planeta.

A pesar de que el 70% del planeta está compuesto de agua, solo el 2,5% es agua dulce. Sin embargo, de esta cantidad, tan sólo el 0,007% está disponible para consumo humano.[1]

Cabe destacar entonces, la importancia en el cuidado del agua dulce como insumo indispensable en la vida de todos, teniendo en cuenta no solo su escasa disponibilidad en el planeta sino también la necesidad de proteger este recurso.

Es así que este proyecto tiene como objetivo principal plasmar soluciones o propuestas de eficiencia a la hora de hablar del consumo de agua potable a nivel residencial en Argentina.

Se hará hincapié en un hogar que posee amplios y diversos consumos con el objetivo de mostrar una mayor cantidad de propuestas basadas en cada uno de los diferentes consumos que a los que se pueden incurrir en un hogar.

Luego se mostrarán estas propuestas para el hogar tipo o promedio cuya definición proviene de la presentación “Consumo sostenible de agua: metodología para determinar el consumo real” [2]. y “Consumo sostenible de agua: tipo de hogar e índices de correlación” [3].

Es así como en el documento a continuación, se encuentra la definición de “hogar teórico” que contempla la totalidad de los consumos que puedan surgir en el mismo y luego un “hogar tipo” para cada región del país.

Determinados los valores de consumo principales, el equipo se enfocará en desarrollar distintas alternativas para disminuir el consumo excesivo. A su vez, para cada tipo de consumo se mostrarán 3 alternativas viables que se diferenciarán principalmente en el costo de implementación, así como también en el ahorro traducido. Así, cada usuario podrá elegir por implementar las que crea más convenientes para su hogar según sus recursos y necesidades.

Luego de explicar y ejemplificar cada una de las alternativas se mostrarán los valores en forma cuantitativa y se realizará una comparación en el ahorro que muestran las mismas para el hogar teórico.

Se seleccionarán aquellas alternativas que se adapten al hogar tipo de cada región para mostrar ahorros potenciales que se pueden obtener en el país implementando estas propuestas de mejora.

Finalmente, todos los valores se traducirán a TnCO2eq.

2. METODOLOGÍA

Partiendo de la definición de Hogar Tipo desarrollada previamente, cómo metodología de trabajo, el equipo se basó en las siguientes 2 etapas.

Por un lado, a partir del hogar tipo e incluyendo una nueva definición de hogar teórico, se desarrollarán cada una de las alternativas de reducción de consumo propuestas. Mostrandolas primero para un hogar teórico, clasificándolas según su costo de implementación. Las mismas van desde buenos hábitos hasta la adquisición de equipos para consumos responsables.

Como segunda parte, se seleccionarán aquellas propuestas que se adaptan al Hogar Tipo. Se cuantificarán los ahorros que se pueden obtener en cada región al implementar las alternativas enfocadas en este hogar promedio. También se presentará este ahorro traducido a TnCO2eq. Observando así cuánto se puede reducir el consumo y la huella de carbono con su implementación.

2.1. Etapa 1: Definición Hogar Tipo, Teórico y Propuestas de Mejora

2.1.1. Hogar Tipo

La definición de un hogar tipo surge con la intención de mostrar los consumos de agua potable que se producen en un hogar promedio, concentrándose en aquellos consumos mínimos e indispensables que puede haber en el mismo.

2.1.2. Hogar Teórico

El hogar teórico se centra en los consumos de agua potable que se pueden encontrar en los diferentes hogares residenciales. Tratando de abarcar la mayoría de los consumos que las personas puedan demandar en un hogar.

2.1.3. Propuestas de Mejora

Estas se desarrollarán centrándose en el hogar teórico y de acuerdo al consumo establecido se generarán las diferentes alternativas organizándose según su costo de implementación. Pueden ser desde buenos hábitos hasta la adquisición de equipos para practicar un consumo responsable.

2.2. Etapa 2: Cuantificación de los ahorros y aplicación en el hogar tipo

2.2.1. Cálculo de los ahorros potenciales

Para calcular los ahorros potenciales de agua, se deberá llevar a cabo mediante la selección de ciertas propuestas que se consideran aquellas que se adaptan al hogar promedio de Argentina. De esta manera, se puede cuantificar los ahorros que se podrían obtener en los hogares tipos de cada región de estudio.

Seleccionadas las propuestas correspondientes, se determinarán los ahorros que se obtienen teniendo en cuenta los consumos normales.

2.2.2. Cuantificación de los ahorros en el hogar tipo

A partir de las propuestas correspondientes y cuantificados los ahorros potenciales, teniendo en cuenta el promedio por hogar de litros diarios de cada región, se indicará cómo impactan los porcentajes de ahorros en este tipo de hogar.

2.2.3 Traducción a TnCO2eq

Cuantificados los ahorros de cada región, se reflejarán los resultados en TnCO2eq.

3. RESULTADOS

3.1. Etapa 1: Definición Hogar Tipo, Teórico y Propuestas de Mejora

3.1.1. Hogar Tipo

La primera etapa de este proyecto fue determinar el consumo de un hogar tipo para cada región del país. Para ello se elaboró una metodología para determinar los consumos en litros por habitante diarios para cada provincia [1]. Donde, a partir de una encuesta realizada a nivel nacional, el uso de datos reales de consumos provenientes de una localidad del sudeste de Córdoba y sitios web de entes oficiales de cada provincia se pudieron determinar los siguientes resultados:

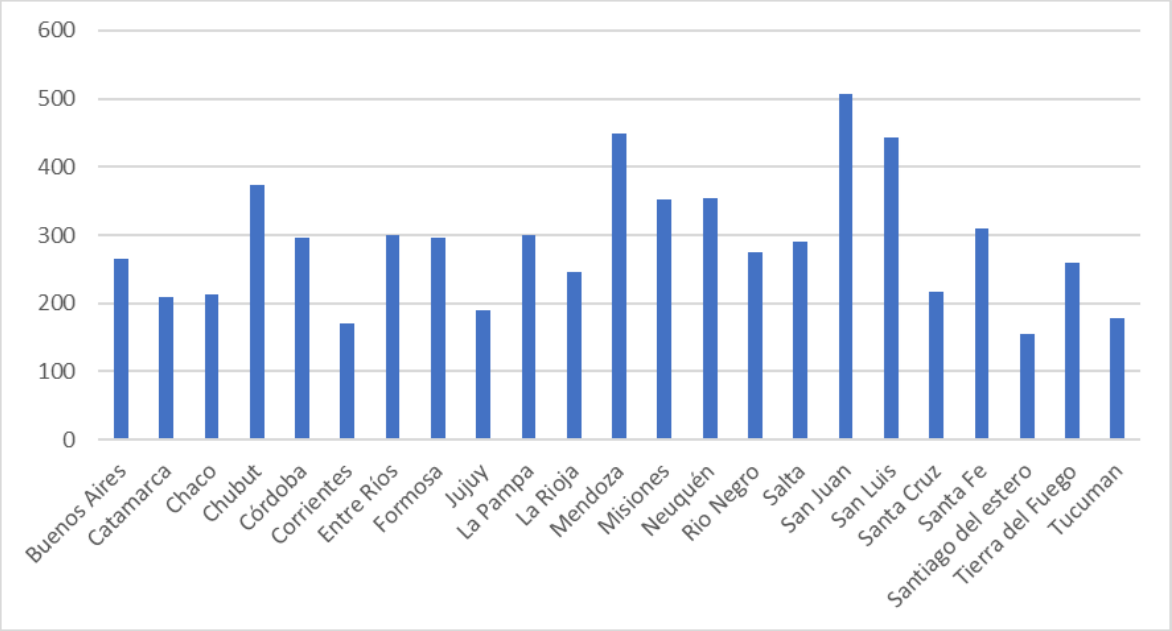


Figura 1: *Consumo diario de agua en Litros por habitante por provincia.* [2]

Vistos estos datos, surge la necesidad de analizar los consumos de los hogares ya que muchos consumos son compartidos entre los integrantes de una familia.

Por este motivo, y teniendo en cuenta que no todo el país tiene los mismos hábitos de consumo, se realizó también una caracterización del sector residencial, analizando datos sobre la población, la climatología, la situación de consumo, etc. Quedando el análisis dividido en tres regiones:

- Norte: Catamarca, Chaco, Corrientes, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santiago del Estero, Tucumán
- Centro: Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, La Rioja, Mendoza, San Juan, San Luis, Santa Fe
- Sur: Chubut, Neuquén, Rio Negro, Tierra del Fuego, Santa Cruz.

Esta división se realizó bajo la suposición de que estas regiones tienen características similares.

Una vez que se analizaron todos los datos provenientes de diversas fuentes, y se procesaron a través de un software de análisis de datos, se llegó a los valores que se muestran a continuación. [2]

Tabla 1 *Consumo de un hogar tipo por región*. Elaboración propia

Región	**Habitantes en el hogar**	**Consumo en litros por día en un hogar**
Norte	4	909,1
Centro	3,3	1151,3
Sur	3,4	993,9

3.1.2. Hogar Teórico

La definición de un hogar teórico surge con el propósito de contar con una base de análisis que permita exponer la mayor cantidad de propuestas para un consumo eficiente del agua en el hogar.

El hogar teórico se lo ha definido como aquel compuesto por cuatro sectores establecidos por el grupo de investigación, en donde los principales consumos de agua que se han identificado mediante diversos estudios se encuentran distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 2 *Sectores de consumo en el Hogar Teórico. Elaboración propia*

<table>
<tr><th>Sector del hogar</th><th>Baño</th><th>Cocina</th><th>Jardín</th><th>Otros</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Consumos</td><td>Inodoro</td><td>Limpieza frutas/verduras</td><td>Pileta</td><td>Pérdidas generales</td></tr>
<tr><td>Lavatorio</td><td rowspan="2">Lavado de platos</td><td rowspan="2">Riego de Plantas</td><td>Lavado de Ropa</td></tr>
<tr><td>Ducha</td><td>Lavado del Auto</td></tr>
</table>

De esta manera, a partir de las frecuencias de tiempo y usos promedios que requiere una persona al utilizar estas diversas demandas de agua, y conociendo también el parámetro de consumo promedio asociado a cada una, se logra determinar el consumo diario en este tipo de hogar sin contar con alguna forma de propuesta o mejora implementada.

Es necesario destacar que estos valores se obtuvieron luego de un exhaustivo análisis realizado por el equipo de trabajo, el cual puede ser consultado en el informe técnico “Consumo sostenible de agua: metodología para determinar el consumo real” [2]. Los resultados obtenidos se reflejan en el siguiente gráfico para cada sector y demanda.

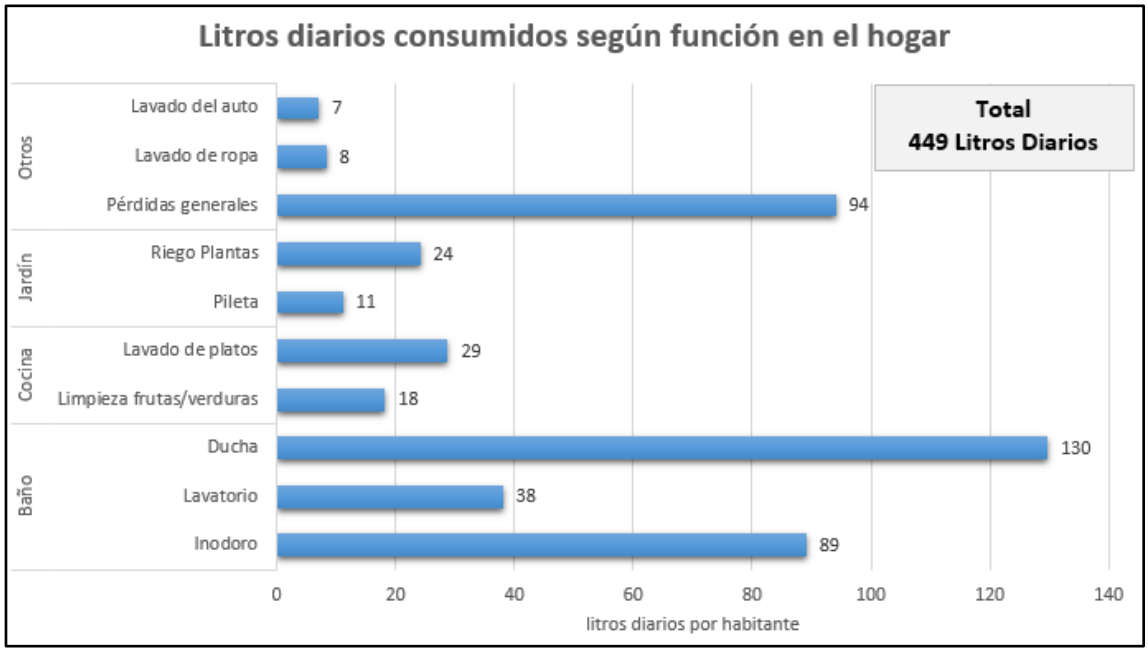


Figura 2: *Consumo diario para cada demanda de agua en el Hogar Teórico. Elaboración propia en base a* [2]

Se observa como un hogar compuesto por una única persona en donde no posee ningún tipo de propuesta de mejora y considerado la mayoría de los consumos posibles, derrocha **aproximadamente** de manera diaria 449 litros. De los cuales, las principales demandas se deben a pérdidas generales, ducha y uso del inodoro.

De esta manera, tomando como base este hogar teórico, se lo estudia con el fin de proponer la mayor cantidad de alternativas posibles para un consumo eficiente del agua.

3.1.3. Propuestas de Mejora

Durante el transcurso en la formulación de las alternativas de mejora, se detectó que existen diversas posibilidades para reducir los consumos de agua, lo cual conduce a que distintas propuestas impacten en una misma actividad que se lleva a cabo en el hogar.

Por ejemplo, para reducir los consumos al utilizar el inodoro, se propuso reemplazar la mochila del mismo por una de menor volumen. También existe la posibilidad de invertir en una mochila con doble botonera, o la más económica, colocar una botella de un determinado tamaño para lograr reducir el volumen de carga.

A partir de esto se consideró que las propuestas que se repetían difieren bajo un único criterio que era desde el punto de vista económico. Por tanto, se elaboraron alternativas para reducir los consumos de agua dentro de las cuales el habitante pueda optar por alguna según su situación económica o la que más considere apropiada.

Además, se determinaron dos formas de implementación de mejoras en el hogar para reducir los consumos. Estas son:

1. **Propuestas tecnológicas/innovadoras/de instalación**; alternativas que requieren la compra o instalación de un equipo ya sea para reemplazo o mejora para implementarse.
2. **Propuestas de hábitos**; se pueden comenzar a implementar desde el momento cero, no requieren de inversión o una muy baja.

Los tipos de hogares con propuestas de mejoras se clasifican de la siguiente manera:

- **COSTO ALTO:** aquel hogar en donde las alternativas de mejora requieren de una considerable inversión para llevarse a cabo.
- **COSTO MEDIO:** si bien no contempla inversiones considerables como el primer punto, para llevarlas a cabo se debe recurrir a un pequeño gasto.
- **COSTO BAJO:** no es necesario recurrir a ningún tipo de egreso monetario, las alternativas asociadas a este tipo de hogar forman parte de propuestas de hábito que pueden adoptar los habitantes.

A partir de lo redactado, se indicarán las distintas propuestas elaboradas describiéndolas según el sector en donde impactan.

Es importante resaltar, que se formularon **23 propuestas de mejora,** de las cuales 7 impactan en “Costos Altos”, 5 en “Costos Medios” y 6 en “Costos Bajos”, el resto de las propuestas impactan en 2 o en los 3 tipos de hogares propuestos.

A continuación, se presentan resumidas en tablas las diferentes propuestas elaboradas para cada uno de los sectores del hogar.

Tabla 3 *Propuestas de mejora para sector Baño. Elaboración propia en base a* [4] [5]

Sector del hogar	***Función***	***Tipo de propuesta***	***Descripción***	***Tipo de hogar***
Baño	Utilización del inodoro	Innovación	Reemplazo del inodoro tradicional por uno de consumo eficiente: Doble botonera	COSTO ALTO
Baño	Utilización del inodoro	Innovación	Reemplazar la mochila de inodoro por una de menor volumen.	COSTO MEDIO
Baño	Utilización del inodoro	Hábito	Utilizar una botella con agua para reducir el volumen de carga.	COSTO BAJO
Baño	Utilización lavatorio	Innovación	Incorporación de un economizador de agua a la canilla	COSTO MEDIO
Baño	Utilización lavatorio	Hábito	Práctica de cerrar la canilla al momento que no se requiera agua (cuando se cepilla los dientes o enjabona)	COSTO BAJO
Baño	Utilización lavatorio	Innovación	Incorporación en el grifo de un sensor infrarrojo para corte automático.	COSTO ALTO
Baño	Utilización de la ducha	Innovación	Incorporar un economizador de agua a la Ducha	COSTO ALTO-COSTO MEDIO
Baño	Utilización de la ducha	Hábito	Reducir el tiempo de ducha a 4 minutos	COSTO BAJO

Tabla 4 *Propuestas de mejora para sector Cocina.* [6] [5]

Sector del hogar	***Función***	***Tipo de propuesta***	***Descripción***	***Tipo de hogar***
Cocina	Lavado de frutas o verduras	Hábito	Utilizar un recipiente con agua limpia en reemplazo de la canilla abierta	COSTO ALTO-COSTO MEDIO-COSTO BAJO
Cocina	Lavado de platos	Hábito	Enjabonar toda la vajilla en seco primero para luego enjuagar todo junto, utilizando agua solo en la segunda etapa.	COSTO BAJO
Cocina	Lavado de platos	Innovación	Si se dispone de lavavajillas utilizarlo a plena capacidad según el ciclo que corresponda.	COSTO ALTO
Cocina	Lavado de platos	Innovación	Utilizar un aireador ya que el mismo es un accesorio en la salida del pico de la canilla.	COSTO MEDIO

Tabla 5 *Propuestas de mejora para sector Jardín* [7] [5]

Sector del hogar	***Función***	***Tipo de propuesta***	***Descripción***	***Tipo de hogar***
Jardín	Pileta	Hábito	Gasto en uso de químicos y filtros apropiados para mantener el agua de la pileta.	COSTO ALTO
Jardín	Pileta	Innovación	Invertir en el uso de Ionizador Solar para mantener agua de pileta	COSTO MEDIO-COSTO BAJO
Jardín	Riego jardín	Innovación	Reemplazar riego a manguera con pistola especial diseñada para el regado de los jardines	COSTO MEDIO
Jardín	Riego jardín	Hábito	Aplicar diferentes métodos/técnicas de riego para lograr ahorrar el agua, sin la necesidad de incorporar algún artefacto	COSTO BAJO
Jardín	Riego jardín	Innovación	Utilización de diferentes artefactos para lograr un correcto sistema de riego en el jardín, trayendo ahorros considerables	COSTO ALTO

Tabla 6 *Propuestas de mejora para sector Otros* [8][5]

Sector del hogar	***Función***	***Tipo de propuesta***	***Descripción***	***Tipo de hogar***
Otros	Pérdidas	Innovación	Reparación de pérdidas generales de las instalaciones	COSTO ALTO-COSTO MEDIO-COSTO BAJO
Otros	Lavarropas	Hábito	Lavar ropa con cargas eficientes y programas apropiados	COSTO MEDIO-COSTO BAJO
Otros	Lavarropas	Innovación	Adquisición de equipo con eficiencia A + + + trayendo ahorros considerables tanto de agua, como de energía.	COSTO ALTO
Otros	Lavado del auto	Hábito	Lavar el vehículo utilizando un balde de agua y correcto consumo	COSTO BAJO
Otros	Lavado del auto	Innovación	Utilizar pico difusor para lavar el auto	COSTO MEDIO
Otros	Lavado del auto	Innovación	Utilizar hidrolavadoras eficientes	COSTO ALTO

3.2. Etapa 2: Cuantificación de los ahorros y aplicación en los hogares tipos.

3.2.1. Cálculos de los ahorros potenciales

Las propuestas de mejora seleccionadas abarcan las siguientes funciones en un hogar promedio, además, se reflejan los ahorros que se pueden obtener según su frecuencia de tiempo o uso que corresponda.

Los valores de reducciones fueron obtenidos mediante diversas investigaciones en fuentes y experimentación en el hogar las cuales no abarcan su presentación en el correspondiente paper.

Tabla 7 *Propuestas de mejora para el hogar promedio. Elaboración propia*

Sector del Hogar	Demanda	Tipo de propuesta	Clasificación	Consumo
Baño	Inodoro	Hábito	Costo Bajo	12 [Lt/uso]
	Lavatorio	Hábito	Costo Bajo	10 [Lt/min]
	Ducha	Hábito	Costo Bajo	12 [Lt/min]
Cocina	Limpieza frutas/verduras	Hábito	Costo bajo,medio y alto	7 [Lt/lavado]
	Lavado de platos	Hábito	Costo bajo	21 [Lt/lavado]
Jardín	Riego de Plantas	Hábito	Costo bajo	4 [Lt/minuto]
Otros	Lavado de Ropa	Hábito	Costo bajo y medio	42 [Lt/uso]

Teniendo en cuenta los consumos normales de cada demanda de agua contemplados en el hogar teórico, aplicando las propuestas seleccionadas se obtienen los siguientes ahorros.

Tabla 8 *Cuantificación de los ahorros. Elaboración propia*

Sector del Hogar	Demanda	Consumo Normal [Lt/día]	Consumo con propuesta [Lt/día]	Ahorro	Ahorro en Litros Diarios
Baño	Inodoro	89,09	71,27	20%	17,82
	Lavatorio	38,04	7,61	80%	30,43
	Ducha	129,74	48,00	63%	81,74
Cocina	Limpieza frutas/verduras	18,25	12,77	30%	5,47
	Lavado de platos	28,81	20,17	30%	8,64
Jardín	Riego de Plantas	24,12	19,30	20%	4,82
Otros	Lavado de Ropa	8,34	7,00	16%	1,34
	Total	336,38	186,12	45%	150,27

Se observa que con la aplicación de propuestas de bajo costo en general, donde involucra buenos hábitos, se logra reducir aproximadamente el 45% del consumo.

3.2.2. Cuantificación de los ahorros en los Hogares Tipos

Teniendo en cuenta el ahorro total que se obtiene con la aplicación de mejoras, se determinan los consumos eficientes para los hogares de cada región.

Tabla 9 *Cuantificación de los ahorros en los hogares tipos de cada región. Elaboración propia*

Región	Habitantes en el hogar	Consumos diarios normales de agua en un hogar tipo	Consumos diarios eficientes de agua en un hogar tipo	Por habitante
Norte	4	909,1	503,00	125,75
Centro	3,3	1151,3	637,00	193,03
Sur	3,4	993,9	549,91	161,74

3.2.3 Traducción a TnCO2eq

Tabla 10 *Traducción de los ahorros en los hogares tipos a TnCO2eq. Elaboración propia*

Región	Habitantes en el hogar	Consumos diarios normales de agua en un hogar tipo	Consumos diarios eficientes de agua en un hogar tipo	Consumo de energía diario [KWh]	TnCO2eq anuales por hogar	TnCO2eq en el total de hogares
Norte	4	909,1	406,10	0,175	0,0296	69.543
Centro	3,3	1151,3	514,30	0,221	0,0375	383.479
Sur	3,4	993,9	443,99	0,191	0,0323	24.702

Con una correcta implementación de las propuestas de mejora en los hogares de Argentina, se lograría reducir por año en el país **un total de 477.724 TnCO2eq.**

4. CONCLUSIONES

Mediante la información presentada en este trabajo y, para lograr obtener una solución a la problemática del consumo de agua potable en nuestro país, los resultados expuestos servirán como base para el llevar a cabo el objetivo principal que corresponde a la creación de un Manual de Buenas Prácticas que brindará alternativas para realizar un consumo residencial sostenible del recurso.

Los resultados obtenidos, permiten organizar las propuestas de mejora para cada una de las tres regiones establecidas (norte, centro y sur).

A través de estas alternativas de consumo que se propusieron, se calcularon también los ahorros que podrían darse en cada hogar.

Por otro lado, cabe destacar que, sin las bases de los papers en donde se desarrolló la definición de hogar tipo no hubiese sido posible pensar en la elaboración del hogar teórico y posteriormente, en propuestas de mejora.

Estas propuestas formarán la base para la creación del Manual de Buenas Prácticas que tiene por objetivo final este grupo.

Finalmente, la aplicación de las mejoras en un hogar de Argentina traerá significativos ahorros en el consumo diario de un habitante promedio del país. Como se aclaró, la reducción equivale a un 45% aproximadamente, esto implica un consumo diario por habitante en Argentina de 160 Litros, en donde su comparativa con botellas diarias de 2,5 Litros que se estarían demandando sería de aproximadamente 64 botellas, una reducción considerable teniendo en cuenta al Paper expuesto en la presentación del 2021 que correspondía a un total de 116 botellas por día.

5. REFERENCIAS

[1] Aqua Fundación - Día mundial del agua. [Página web] Disponible en: https://www.fundacionaquae.org/wiki/valor-agua-dia-mundial/

[2] “Consumo sostenible de agua: metodología para determinar el consumo real”. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial (COINI). ISBN 978-987-4998-86-6 (2021)

[3] “Consumo sostenible de agua: tipo de hogar e índices de correlación”. Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021 (CADI CLADI). ISBN 978-987-88-1872-6 (2021).

[4] El país. 10 ideas para ahorrar en el baño [Página web] Información disponible en: https://elpais.com/elpais/2013/07/31/alterconsumismo/1375259100_137525.html

[5] Espinosa Sarria, M. (2020). Manual para el Hogar. Superintendencia de Servicios Sanitarios.

[6] EFIMARKET, El blog de Efimarket.com ¿Cómo ahorrar agua en la cocina de casa? [Página web] Información disponible en: https://www.efimarket.com/blog/como-ahorrar-agua-cocina-casa/

[7] Canales sectoriales. Ahorre agua de forma inteligente con los productos de GARDENA Información disponible en: https://www.interempresas.net/Jardineria/Articulos/245080-Ahorre-agua-de-forma-inteligente-con-los-productos-de-GARDENA.html

[8] 6 consejos para ahorrar agua al lavar la ropa. Información disponible en: https://mejorconsalud.as.com/consejos-ahorrar-agua-lavar-ropa/

RSU de un Hogar Tipo Argentino: Índices de correlación

Moreno, Valeria K*; Bacaloni, Victoria; Carranza, Juan Ignacio;
Jara, Nicolás; Mussa, Coseano Melanie

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional
valeriakmoreno@gmail.com

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo la creación de un Manual de Buenas Prácticas que brindará alternativas para realizar un consumo residencial sostenible de diferentes recursos. En esta etapa, el análisis se basa en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), para lo cual primero se realizó una clasificación de los mismos.

La metodología se basa en la aplicación de herramientas de BI para procesar datos que son el input necesario para describir un hogar tipo argentino. Se utilizará la plataforma PowerBI para consolidar estas variables dentro de una base de datos, que permitirá acceder a cálculos, medidas estadísticas y visualizaciones que ayuden a entender de forma analítica cuales son los RSU que más impacto tienen en un hogar.

Para definir un hogar tipo es necesario comprender cómo se relacionan las variables mediante el cálculo de índices de correlación. Dichos índices permitirán establecer relaciones entre el consumo de RSU, la cantidad de habitantes por hogar, el índice de pobreza y de empleo de las diferentes provincias del país. Los resultados obtenidos, permiten definir un hogar tipo para cada provincia, uno para tres regiones establecidas (norte, centro y sur) y uno a nivel nacional.

Los índices de correlación brindan información sobre variaciones en este consumo. Este hogar tipo es la base para la elaboración de las propuestas de mejora en el consumo, ya que los resultados obtenidos se tomarán como base para crear buenas prácticas que ayuden a eficientizar el consumo.

Palabras Claves: RSU, Índice de correlación, buenas prácticas, hogar tipo, consumo sostenible.

ABSTRACT

The main objective of this project is the development of a Manual of Good Practices that provides alternatives for sustainable residential consumption of different resources. At this stage, the analysis is based on Urban Solid Waste (RSU), for which, classification of them was carried out.

The methodology is based on the application of Business Intelligence (BI) tools to process data, which is the necessary input to describe an Argentine-type household. The PowerBI platform is used to consolidate these variables into a database, which allows access to calculations, statistical measurements, and visualizations that help to understand analytically which are the RSU that have the most impact on a home.

To define a typical household, it is necessary to understand how the variables are related by calculating correlation indices. The aforementioned indices allow for establishing relationships between the consumption of RSU, the number of inhabitants per household, the poverty index, and the employment index of the different provinces of the country. The results obtained allow for defining a typical household for each province, one for the three established regions (north, center, and south) and one at the national level. Correlation indices provide information on variations in consumption.

This type of home is the basis for drawing up proposals to improve consumption since the results obtained are taken as the basis for creating good practices that help make residential consumption more efficient.

Keywords: RSU, Correlation index, good practices, typical household, sustainable consumption.

1. INTRODUCCIÓN

A través del presente proyecto se pretende determinar una serie de prácticas a ser implementadas en los hogares de Argentina, con el fin de disminuir las emisiones de CO2 que se generan. La innovación del proyecto se dará en la traducción de cada consumo analizado, en una unidad de medida (TnCO2eq) comparable, simple y adaptada al sector residencial argentino. Teniendo en cuenta que sólo puede mejorarse aquello que puede ser medido, esto permitirá comparar fácilmente el beneficio derivado de la implementación de diferentes medidas de consumo responsable.

Se intenta determinar una guía de buenas prácticas que permitan utilizar cada consumo de una forma eficiente, sostenible y que involucre el cuidado del medioambiente. Esto permitirá a los hogares generar un ahorro económico en sus tarifas. Para comenzar con el desarrollo de la investigación, se crea un grupo de investigación, que se unirá al grupo existente GICAPP (Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción).

La investigación que se pretende realizar busca determinar el uso más racional y adecuado, de los diferentes consumos que se generan dentro de un hogar residencial, contribuyendo a través de ello a desarrollar un sistema eficiente y sostenible de reducción de emisiones de CO2.

El objetivo es concientizar y proponer alternativas para el consumo sostenible, y en esta etapa en particular se analizarán los diferentes consumos asociados a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) residenciales.

2. METODOLOGÍA

La Metodología implementada se divide en dos etapas:

1. Definición de un hogar tipo.
2. Análisis de correlación

2.1. Metodología Etapa 1.

Se procederá a la definición de un hogar tipo de nuestro país, determinando el consumo y los RSU generados, según las diferentes provincias, regiones y un valor a nivel nacional.El Objetivo 1 implica: Definir hogar tipo y evaluar su consumo en RSU.

Para definir el hogar tipo la investigación se guiará de diversas fuentes de información. A través del perfil de hogar tipo establecido como parámetro, se realizará el análisis de situación de consumo de los mismos y se especificarán las características de consumo en cuanto a:

- Plásticos
- Papel, cartón, vidrio y metal
- Orgánicos

2.2. Metodología Etapa 2

Se realizará un análisis de correlación, a través del cual se calcularán los índices de correlación correspondientes. Esto tendrá como objetivo el establecimiento de relaciones entre:

- Pobreza VS Residuos
- Empleo VS Residuos
- Población VS Residuos

3. DESARROLLO

3.1. Caracterización de las Regiones

Debido a su extensa superficie, el presente estudio se realizará teniendo en consideración tres principales regiones o zonas dentro del país:

- Región Norte:
  - Noroeste Argentino (NOA): Comprende las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero.
  - Nordeste Argentino (NEA): Comprende las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes, Misiones.
- Región Centro Región Sur:
  - Cuyo: Comprende las provincias de La Rioja, San Juan, San Luis y Mendoza.
  - Pampeana: Comprende las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, La Pampa y Buenos Aires.
- Región Sur: Comprende la Región Patagónica.
  - Patagonia Argentina: comprende las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego.

3.1.2. Población.

La población de la República Argentina se encuentra repartida de forma desigual, concentrándose en la zona del Área Metropolitana Buenos Aires (Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Conurbano Bonaerense) donde vive aproximadamente el 33% de la población total del país [9].

3.2. Consumo: Residuos Sólidos Urbanos

3.2.1. Introducción

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son análogos a los denominados domiciliarios y pueden ser de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas. La cantidad de RSU que generan (directa o indirectamente) los habitantes de un área refleja las condiciones de producción y consumo de la sociedad. [19]. Quienes producen o generan RSU reciben el nombre de “generadores”. [18]. En el presente proyecto, sólo se considerarán aquellos RSU de origen domiciliario. Los residuos sólidos urbanos están compuestos de los siguientes elementos:

- Vidrio. Son los envases de cristal, frascos, botellas, etc.
- Papel y cartón. Periódicos, revistas, embalajes de cartón, envases de papel, cartón.
- Restos orgánicos. Son los restos de comida, de jardinería, etc. En peso son la fracción mayoritaria en el conjunto de los residuos urbanos.
- Plásticos. En forma de envases y elementos de otra naturaleza.
- Metales. Son latas, restos de herramientas, utensilios de cocina, mobiliario etc.
- Otros: Los que se encuentran en menor proporción. Se incluyen en este grupo los materiales textiles, los escombros, y otros elementos considerados peligrosos como las pilas, baterías, aceites, residuos de material electrónico, medicamentos, lámparas y bombillas de bajo consumo.

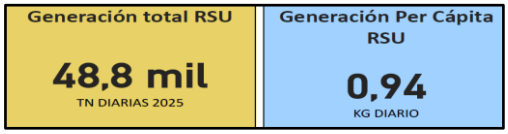
3.2.2. Consumo: Residuos Sólidos Urbanos a Nivel Nacional

3.2.2.1. Introducción

La situación actual en Argentina respecto a los RSU se encuentra regulada por la Ley de Presupuestos Mínimos 25.916 que establece los presupuestos mínimos para un manejo adecuado de los residuos domiciliarios, a partir de propender a una gestión integral de los mismos, propiciar su valorización y promover su minimización en la generación y disposición final. En términos generales, comprenden desechos de hogares y centros comerciales, oficinas e industrias que, dada su composición, son comparables con aquellos generados en domicilios particulares. [19]

El Gobierno de la Nación, indica que la población Argentina se encuentra altamente concentrada (como es de esperarse) en zona urbana, la cual abarca el 90% de la población [19]. De ese total de población, se conoce que el 64,7% de sus residuos son destinados a una disposición final en Rellenos Sanitarios y el otro 33,3% son destinados a vertederos controlados (aproximadamente el 10%) y alrededor del 25% dirigidos a Cielo Abierto. [19] Es importante destacar que si bien Argentina cuenta con más del 50% de sus residuos destinados a un tratamiento dentro de los Rellenos Sanitarios, no existe aún una correcta Gestión Integral de los Residuos, la cual está última contribuye a una Economía Circular, ya que luego de diversas operaciones se logra reintegrar los residuos para su comercialización y posterior consumo.

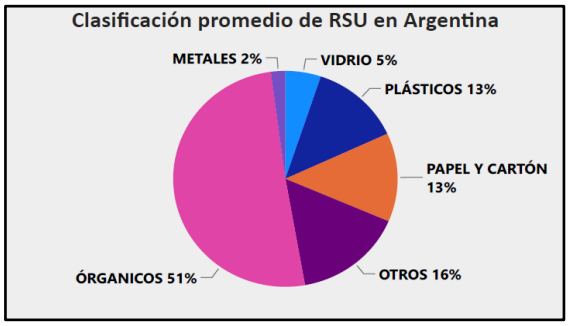
A partir de la recopilación de datos de diversas fuentes, es posible estimar el total de RSU que Argentina estaría generando diariamente y además, conociendo el total aproximado de la cantidad de personas que habitan en el país, se puede determinar la producción per cápita que existiría debido al consumo en masa de los diversos productos que componen a los RSU. Los valores se reflejan a continuación.



Generación de Tn diarias total y Kg Per Cápita de RSU de Argentina

3.2.2.3. Composición de los RSU en Argentina

Teniendo en cuenta la descripción de la clasificación mencionada anteriormente y, a partir de los datos recopilados, Argentina cuenta con la siguiente composición de RSU que caracteriza el consumo de la población.

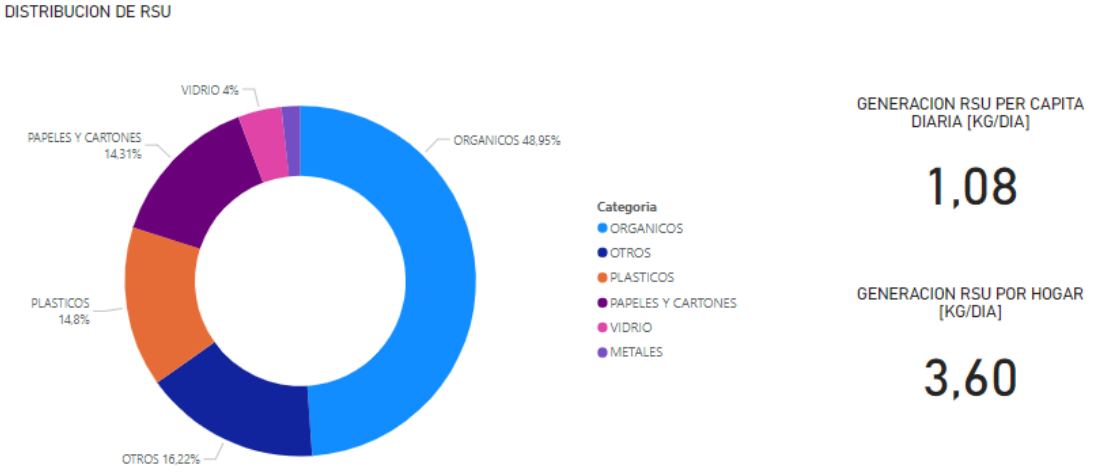


Composición de los RSU en Argentina

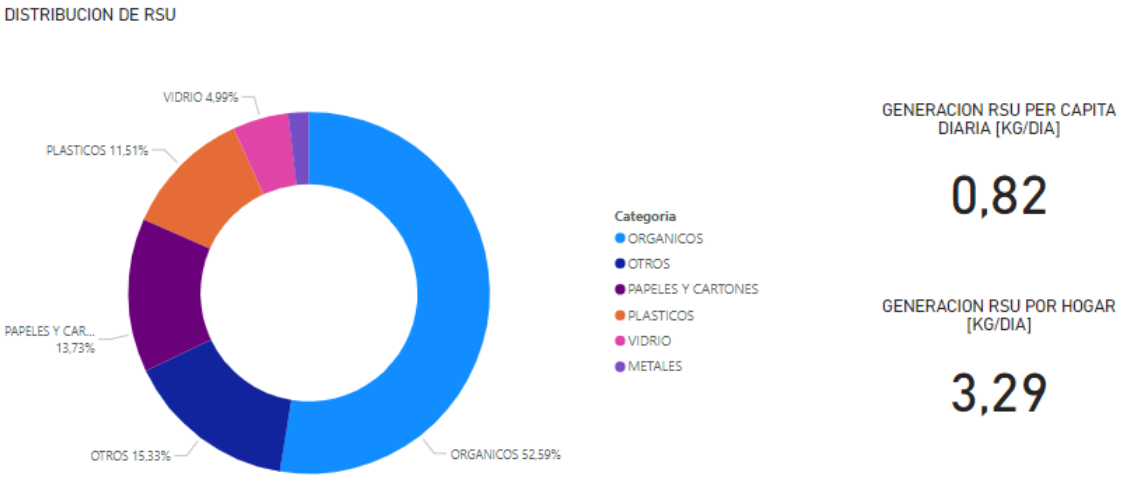
3.3. Hogar Tipo y Parámetros de Consumo

3.3.1. Definición de Hogar Tipo

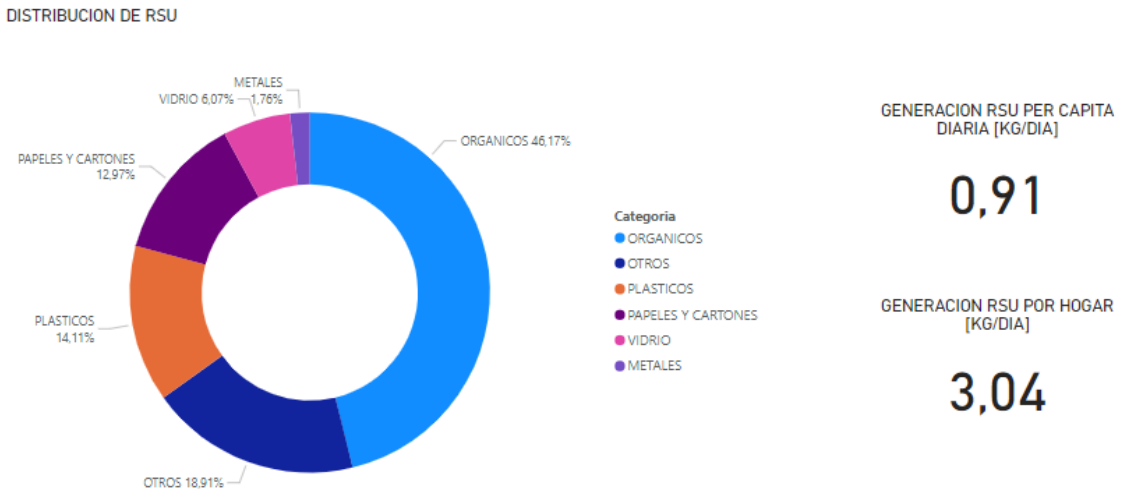
Teniendo en cuenta la generación de RSU a nivel regional, se define a continuación un hogar tipo por cada región de la siguiente manera:



Hogar Tipo Zona Centro



Hogar Tipo Zona Norte



Hogar Tipo Zona Sur

3.3.2. Índices de Correlación

Otra herramienta relevante en que fue utilizada es el índice de correlación, dicho índice muestra la relación que existe entre dos parámetros, puede tomar valores entre 1 a -1.

La interpretación de los mismos, como se mencionó anteriormente, es la siguiente:

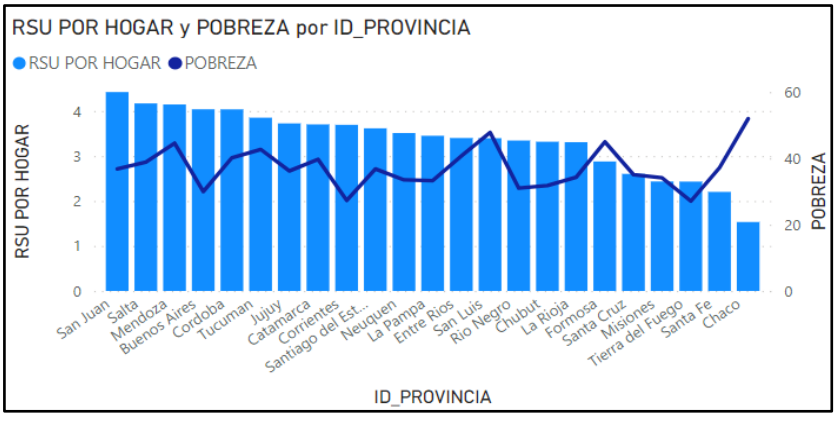
- Si los valores son cercanos a 1: Los parámetros son proporcionales.
- Si los valores son cercanos a 0: No es posible establecer una relación entre los parámetros.
- Si los valores son cercanos a -1: Los parámetros son inversamente proporcionales.

3.3.2.1. Índice de Correlación Pobreza Vs Residuos

Correlación: -0,13

Esta correlación indica que en cierto porcentaje a medida que la pobreza aumenta, la cantidad de residuos sólidos urbanos disminuye. Sin embargo, la correlación no es muy significativa, ya que el valor resultante es cercano a 0 y por lo tanto, no es posible establecer una relación clara y acertada entre los parámetros.

Es por esa razón, que se analizaran las provincias por separado, para tener una noción más clara y acertada de lo estudiado.



Correlación RSU por hogar y pobreza en hogares de Argentina. Elaboración propia

Región Sur

Correlación: 0,33

Esta correlación indica que a medida que se incrementa la pobreza, la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por hogar también se incrementa.

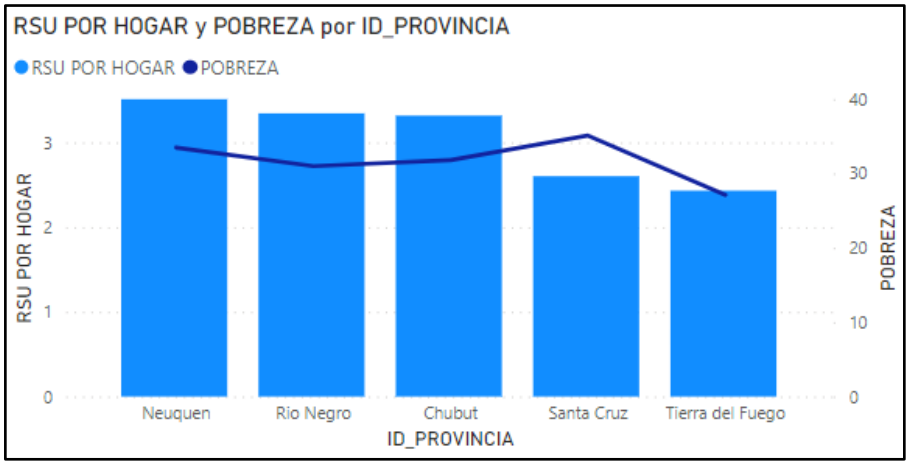
Aunque la fuerza de la correlación no sea tan marcada, el sentido indica que una provincia que tenga mayor cantidad de habitantes con bajos recursos, tendrá un consumo mayor en el hogar.

Analizando la distribución de los residuos sólidos urbanos de la región, se pudo observar que las provincias del sur son las que menos residuos orgánicos (46,17%) y más vidrio consumen (6,07%) en comparación con las demás regiones. Los residuos plásticos (14,11%) también suman un valor importante en la distribución.

En el sur, la fruta y la verdura tienen un costo muy elevado debido a las bajas temperaturas, por lo tanto, se supone que las familias priorizan los productos envasados. Además, si se compara en densidad, los residuos orgánicos generan menos volumen que los residuos envasados.

Orgánicos	46,17%
Papel y Cartón	12,97%
Plásticos	14,11%
Otros	18,91%
Vidrio	6,07%
Total sin orgánicos	52,06%

Tabla de Distribución de Residuos Región Sur . Elaboración propia



Correlación RSU por hogar y pobreza en hogares de Argentina Región Sur. Elaboración propia

Región Norte

Correlación: -0.54

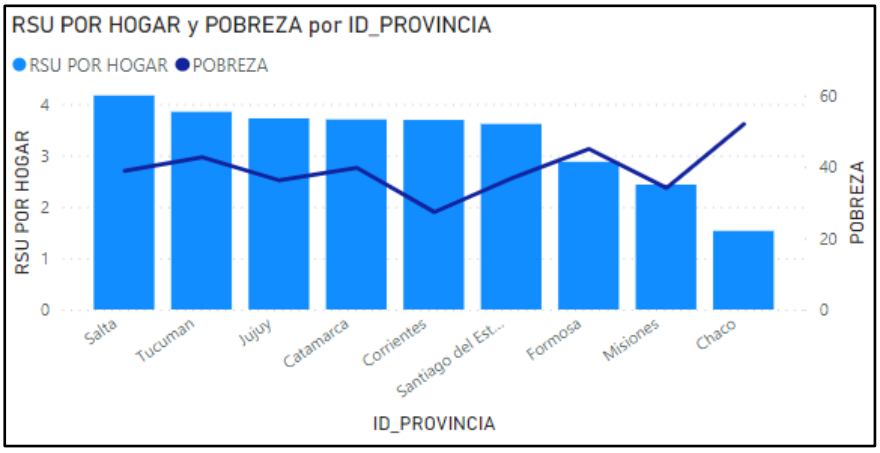
Esta correlación indica que en cierto porcentaje a medida que la pobreza aumenta, la cantidad de residuos sólidos urbanos disminuye. Contrario a lo que sucede en el sur, las provincias del norte son las que consumen mayor cantidad de orgánicos (52,59%) y menor cantidad de productos envasados como el plástico (11,21%) consumen.

En la región norte, las frutas y las verduras pueden conseguirse a un precio menor debido a que el clima es propicio para su producción. Además, limita con países como lo son Bolivia por ejemplo, donde se importa gran variedad a buen precio. Por esa razón, se supone que las personas de bajos recursos priorizan consumir estos alimentos en lugar de los envasados.

Por otra parte, en las provincias del norte es muy común que varias familias humildes compren por mayor o a granel. De esta manera se reduce el volumen de envases desechados.

Orgánicos	52,59%
Papel y Cartón	13,73%
Plásticos	11,21%
Otros	15,33%
Vidrio	4,99%
Total sin orgánicos	47,41%

Tabla de Distribución de Residuos Región Norte . Elaboración propia



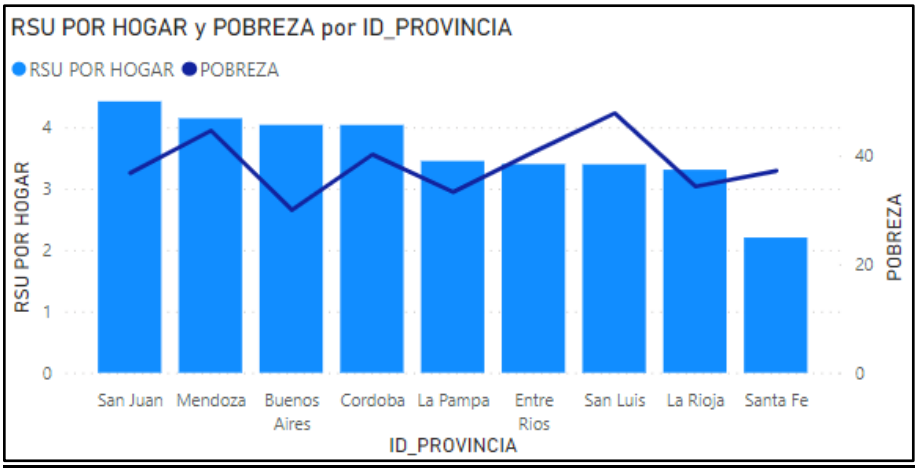
Correlación RSU por hogar y pobreza en hogares de Argentina Región Norte. Elaboración propia

Región Centro

Correlación: -0.01

Con el valor obtenido, se puede llegar a la conclusión de que no es posible establecer una relación entre los parámetros.

La correlación es casi nula porque hay mucha variación entre las provincias que componen la región. Mientras en las provincias de Córdoba y Mendoza por ejemplo, la cantidad de residuos sólidos aumenta con la pobreza, en La Pampa no sucede lo mismo. Esto puede deberse a una cultura de reciclaje de las personas que habitan las provincias.



Correlación RSU por hogar y pobreza en hogares de Argentina Región Centro. Elaboración propia

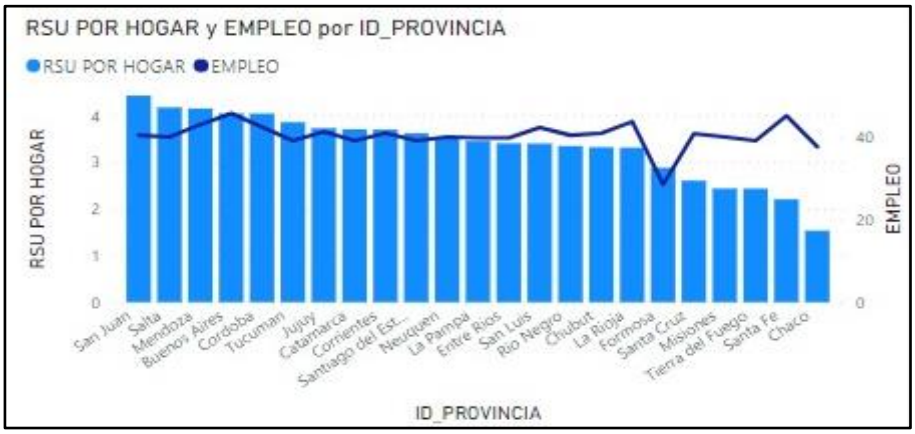
3.3.2.1. Índice de Correlación Empleo vs Residuos

Debido a la gran cantidad de datos que actualmente podemos recabar sobre los índices de población y empleo, se ha decidido realizar un análisis por regiones dividiendo a la Argentina en zona sur, centro y norte, buscando mayor profundidad a las conclusiones que se puedan extraer. Es decir se analizará a la Argentina en su totalidad para luego observar qué sucede por regiones. Con éste índice intentamos estudiar qué relación hay entre la tasa de empleo y la cantidad de residuos que se produce por hogar en Argentina.

Correlación: 0,24

Como el índice es positivo se da en general una relación directamente proporcional donde a medida que se incrementa el empleo, hay más ingresos y consumos, por lo que la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por hogar también se incrementan.

Al estar el valor del índice más cercano a cero la correlación no es tan marcada ni proporcional, por lo que se analizaron las provincias por regiones, para tener una noción más clara y acertada de lo estudiado.



Correlación RSU por hogar y tasa de empleo en hogares de Argentina. Elaboración propia

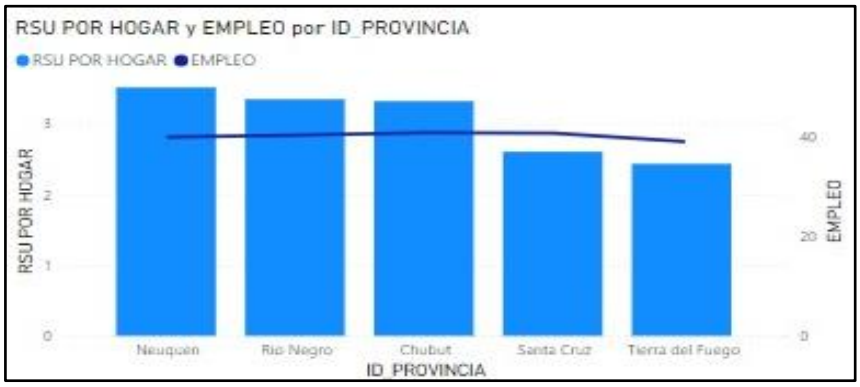
Región Sur

Correlación: 0,40

En la región sur el índice es positivo por lo que se da una relación directamente proporcional donde se puede observar en el gráfico que a medida que se incrementa el empleo, se genera mayor cantidad de residuos sólidos urbanos por hogar.

Al estar el valor del índice más cercano a cero la correlación no es tan marcada, como se puede observar en Neuquén, que la relacion es menor por lo que hay mayor cantidad de RSU por hogar pero su tasa de empleo es menor que en Río Negro o Chubut, es decir menos personas que trabajan pero mas consumo o menos cultura de reciclaje. En el caso de Chubut es la provincia de la región sur con mayor tasa de empleo y se encuentra en las que mas RSU genera sobre todo de orgánicos, papeles y cartones.

Para una mejor conclusión de éste comportamiento se estudiará de manera integral con los demás índices. Sin embargo, se puede decir que a medida que las provincias de zona sur tienen mayor tasa de empleo, hay más ingresos por hogar y consumos, por lo que generan más residuos.



Correlación RSU por hogar y tasa de empleo en hogares del sur de Argentina. Elaboración propia

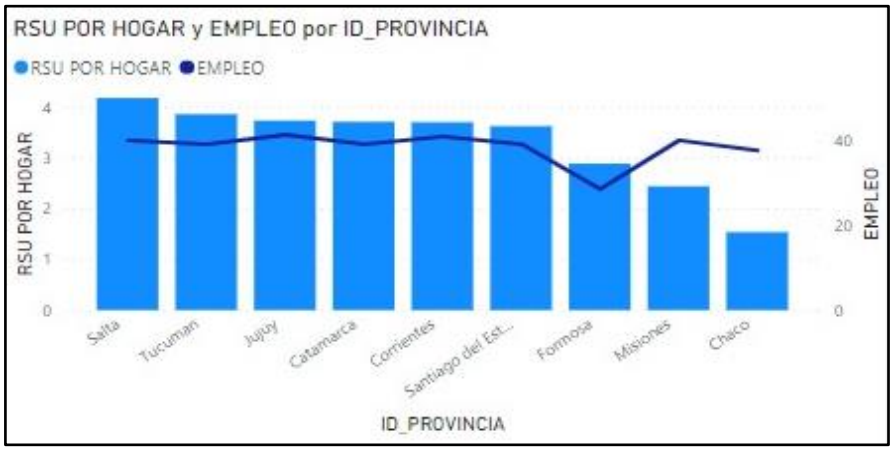
Región Norte

Correlación: 0,33

Como el índice es positivo se da una relación directamente proporcional donde se puede observar en el gráfico que a medida que se incrementa el empleo, hay más ingresos y consumos, por lo que la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por hogar también se incrementa.

Al estar el valor muy cercano a cero se puede visualizar que no tiene una correlación tan marcada, observando valores como la provincia de Formosa que su tasa de empleo disminuye pero los RSU aumentan, quizás porque hay menos personas trabajando pero más cantidad por hogar que aumentan los residuos y/o la baja concientización de reciclaje. Por el contrario Misiones y Chaco tienen alta tasa de empleo pero menos generación de RSU, ya que son las provincias que menos residuos plásticos generan favoreciendo el reciclaje y compost.

para una mejor conclusión de éste comportamiento se estudiará de manera integral con los demás índices. Sin embargo, se puede decir que a medida que las provincias de zona norte tienen mayor tasa de empleo, la generación de residuos por hogar es mayor.



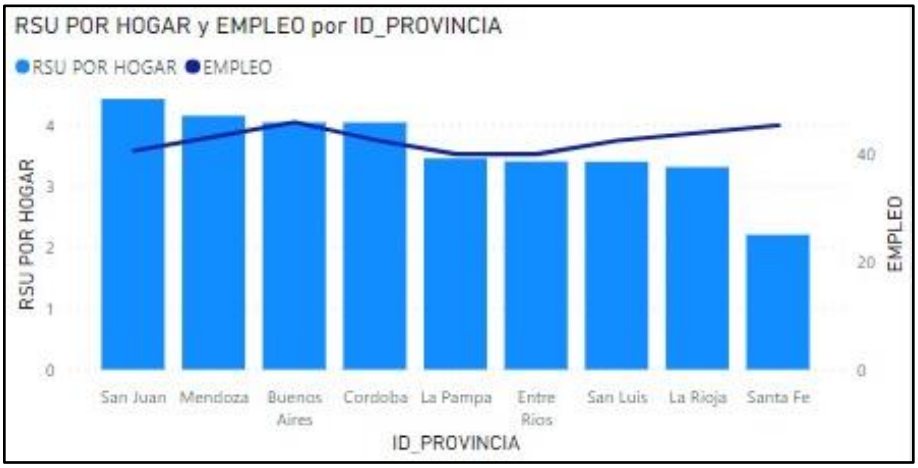
Correlación RSU por hogar y tasa de empleo en hogares del norte de Argentina. Elaboración propia

Región Centro

Correlación: -0,27

Como el índice es negativo se da una relación inversamente proporcional donde a medida que aumenta el empleo, la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por hogar decrece, al estar muy cerca de cero la relación no se observa tan marcada en el gráfico.

Al estar el valor cercano a cero se puede visualizar en el gráfico que no tiene una tendencia marcada ni proporcional, observando valores como las provincias de Buenos Aires que su tasa de empleo es alta y la generación de residuos también lo es, este fenómeno se da por la densidad poblacional que es mayor en ésta provincia, para una mejor conclusión de éste comportamiento se estudiará de manera integral con los demás índices. Sin embargo, se puede decir que en general a medida que las provincias de zona centro tienen mayor tasa de empleo, la generación de residuos por hogar es menor, una de las razones puede ser una fuerte cultura de reciclaje y concientización de sustentabilidad y medio ambiente.



Correlación RSU por hogar y tasa de empleo en hogares del centro de Argentina. Elaboración propia

3.3.2.1. Índice de Correlación Poblacional vs Residuos Sólidos Urbanos.

Debido a la gran cantidad de datos que actualmente podemos recabar sobre los índices de población, se ha decidido en este análisis incluir en primer lugar un contexto mundial, buscando mayor profundidad a las conclusiones que se puedan extraer. Es decir se analizará a niveles de regiones mundiales para luego reducir el marco a niveles nacionales y luego a las regiones ya delimitadas dentro de nuestro país.

Análisis Mundial:

Correlación Mundial: 0,76

Este índice se obtuvo de realizar la comparación de ambas variables en las cien poblaciones principales de nuestro planeta, buscando evitar el sesgo de incluir países cuya población no fuera representativa.

Podemos notar en el análisis que la correlación es fuerte y se coincide algunas de las poblaciones más elevadas con la mayor generación de residuos, como podíamos esperar. Aun asi si realizamos el análisis de la generación per cápita de residuos sólidos urbanos, podemos notar que no es correcto centrar el análisis únicamente a este factor, ya que existen países o incluso

regiones con baja generación de residuos per cápita. Podemos mencionar como ejemplo la región de Oriente Medio y el norte de áfrica, donde la generación per cápita es menor al nivel mundial promedio aún con poblaciones elevadas como la de Egipto.

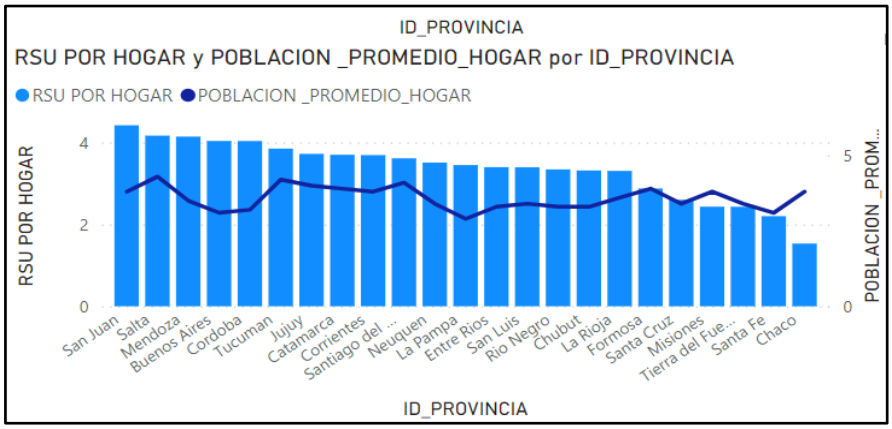
Habiendo definido esto, podemos concluir que existe una correlación entre la población y los residuos que se generan. Además determinar que está relación es de proporcionalidad. Sin embargo, debemos incluir en el análisis que dentro de cada población habrá diferentes factores pueden estar afectando a la generación de residuos, y además, notaremos que la importancia como variable de la población no será constante en cada caso analizado.

Correlación Nacional: 0,16

Está correlacion que se obtuvo a partir del cruzamiento de datos definido para todo el país, indica que si bien la correlación no es muy fuerte, se evidencia que la misma es proporcional es decir, el aumento de la variable población promedio en hogares indica un aumento de los residuos sólidos que se generan.

Aun así, está variable no enfoca la totalidad del aumento, es decir que si analizamos la generación de residuos sólidos urbanos como una problemática multivariable podremos definir la población como una de ellas, sin embargo no la principal. Solo basta con considerar otra correlación analizada en el presente informe como el empleo, para definir cómo esta afecta en mayor medida la generación de residuos al menos en nuestro país.

Este análisis se complementa con el realizado a escala mundial, donde podemos notar que el índice de correlación es menor al obtenido globalmente. Indicando que al menos en nuestro territorio una variable de peso a nivel mundial no logra explicar estadísticamente la problemática. En consecuencia, se deberá profundizar sobre otras variables que afectan la generación de residuos en nuestro país.



Correlación RSU y Población promedio en hogares en Argentina. Elaboración propia

Profundizando, podemos notar que si bien las poblaciones promedio en hogar tienen a lo largo del país menores variaciones en sus valores, notamos mayores variaciones entre los valores máximos y mínimos de los residuos sólidos que se producen en estos hogares. Esto indica que aún con poblaciones de hogares similares en todo el país, la variación en la generación de residuos es profunda, incluso superior al valor de los residuos generados per cápita para Argentina. Adjudicando a esto aspectos particulares de consumo que tiene cada provincia o región, parte del análisis que buscamos generar. A continuación una tabla referenciando estas desviaciones que se mencionan.

RSU por hogar (kg)	
Chaco	1,53
San Juan	4,42
Variacion máx.	**2,89**
Poblacion Promedio Hogar	
La Pampa	2,9
Salta	4,3
Variacion máx.	**1,4**

Tabla variaciones. Generación propia

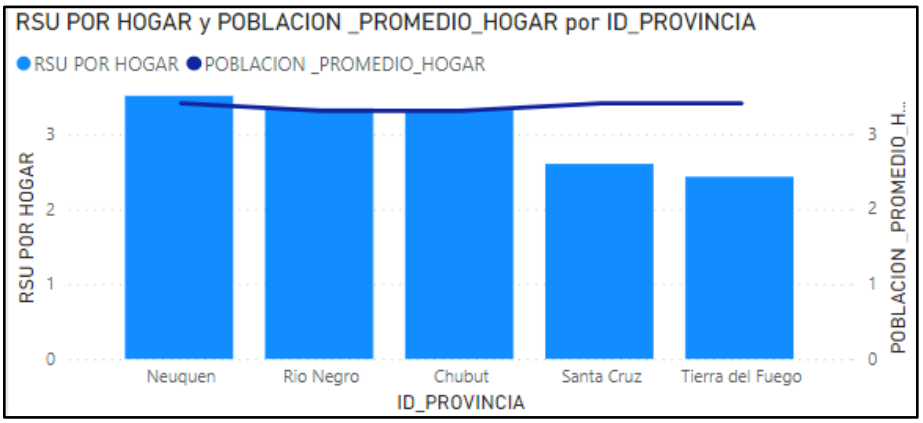
Región Sur

Correlación -0,54

Podemos notar como para el caso puntual de la región sur, las provincias que componen está región presentan poblaciones promedio en hogares muy estables a lo largo de todo el conjunto. Sin embargo se notan diferencias significativas en cuanto a los residuos sólidos urbanos que se

generan. Siendo muy marcada la diferencia entre la provincia de Neuquén y tierra del fuego donde en ambos casos la población en hogares es constante en un valor de 3,40 personas por hogar, sin embargo la provincia neuquina presenta un incremento en residuos del 44% respecto a la provincia de tierra del fuego.

Este dato puntual apoya la conclusión que al menos en la zona de región sur el impacto de la variable población en hogares es inversamente proporcional a la generación de residuos en las provincias. Aun más marcado el caso en las provincias de Santa Cruz y Río Negro, donde está ultima tiene menor poblacion en hogares pero aun asi genera mayor cantidad de residuos por hogar.



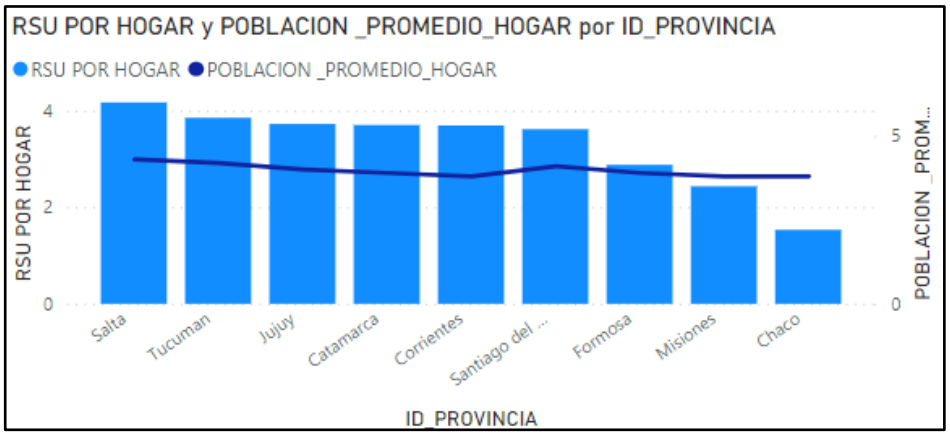
Correlación RSU y Población promedio en hogares de la región sur de Argentina. Elaboración propia

Región Norte

Correlación 0,68

En el caso específico de la región norte de nuestro país podemos ver una correlación fuerte y proporcional, indicando que en la región es factible realizar un análisis de proporcionalidad en tendencias a futuro sobre ambas variables. Es decir, habiendo verificado una correlación fuerte podemos predecir una variable en función de otra a futuro en la región. Específicamente podríamos aplicar los datos predictivos sobre la variable población para estimar a futuro de manera aproximada el nivel de residuos que se generarán en la región.

Parte de la diferencia respecto a la región analizada previamente pueden erradicar en los tamaños de grupos familiares que aquí encontramos, siendo en promedio hogares con más integrantes, habilitando otras formas de consumo en lo que respecta a alimentación o descartables. Opciones de mayor volumen de producto pueden influenciar la reducción en cuanto a los desechos generados per cápita, es decir el consumir productos empaquetados con mayor volumen reduce el nivel de desechos que se generan en cada caso puntual.

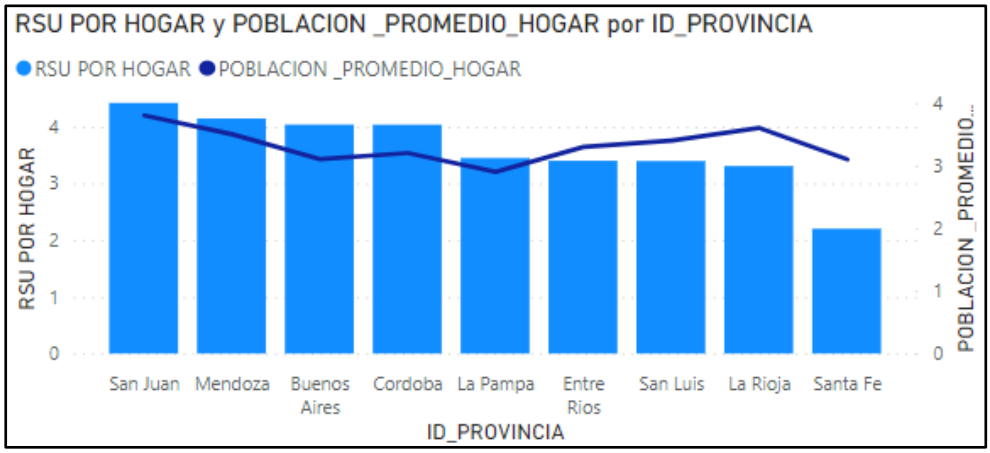


Correlación RSU y Población promedio en hogares de la región norte de Argentina. Elaboración propia

Región Centro

Correlación 0,42

Finalmente encontramos una correlación positiva y proporcional en la región centro. Se podría determinar como una zona de transición si analizamos el conjunto nacional, aun cuando la correlación es proporcional y más cercana al comportamiento de la región norte del país. Podemos notar casos puntuales donde aún con poblaciones elevadas en hogares se producen pocos residuos como en Santa Fe, puede deberse a implantadas políticas de reciclaje.



Correlación RSU y Población promedio en hogares de la región centro de Argentina. Elaboración propia

3. CONCLUSIONES.

El presente proyecto tiene como objetivo la creación de un Manual de Buenas Prácticas que brindará alternativas para realizar un consumo residencial sostenible de diferentes recursos. En esta etapa, el análisis se basa en los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), para lo cual primero se realizó una clasificación de los mismos.

En esta primera etapa se procedió a la caracterización del mismo a través de parámetros como la cantidad promedio de RSU se generan en cada hogar de nuestro país, diferenciado según las diferentes provincias del país, y las diferentes regiones.

Las principales características a nivel Regional se resumen a continuación:

Generación RSU por Hogar [Kg/día]

- Zona Sur: 3,04
- Zona Centro: 3,29
- Zona Norte: 3,60

Luego, se calcularon determinados índices de correlación, los cuales permitieron establecer relaciones entre el consumo de RSU, la cantidad de habitantes por hogar, el índice de pobreza y de empleo de las diferentes provincias del país. Los resultados obtenidos, permiten definir un hogar tipo para cada provincia, uno para tres regiones establecidas (norte, centro y sur) y uno a nivel nacional. Los índices de correlación brindan información sobre variaciones en este consumo. Este hogar tipo es la base para la elaboración de las propuestas de mejora en el consumo, ya que los resultados obtenidos se tomarán como base para crear buenas prácticas que ayuden a eficientizar el consumo.

4. REFERENCIAS.

[1] ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Página web] Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/ (Consulta: Mayo, 2019)

[2] ONU. Producción y consumo responsables: por qué son importantes. [Página web] Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/10/12_Spanish_Why_it_Matters.pdf (Consulta: Mayo, 2019)

[3] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Plan Argentina Innovadora 2020. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/ciencia/argentina-innovadora-2030/plan-argentina-innovadora-2020 (Consulta: Mayo, 2019)

[4] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Ambiente y Desarrollo Sustentable. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/plan-argentina-innovadora-2020/ambiente-y-desarrollo-sustentable (Consulta: Mayo, 2019)

[5] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico documento de referencia reducción de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reduccion_de_gases_invernadero_doc.pdf (Consulta: Mayo, 2019)

[6] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, adaptación al cambio climático en ambientes urbanos y valoración económica, medición y evaluación de servicios ecosistémicos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reduccion_emision_gases_plan.pdf (Consulta: Mayo, 2019)

[7] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico reciclado de distintas corrientes de residuos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reciclado-de-residuos_doc.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
[8] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico - Recursos Hídricos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/recursos_hidricos_doc.pdf. (Consulta: Mayo, 2019)
[9] Wikipedia. Argentina. [Página web] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Argentina (Consulta: Mayo, 2020)
[10] Universidad Católica Argentina (UCA). Observatorio de la deuda social Argentina. [Página web] Disponible en: https://mapa.poblaciones.org/map/7201/#/@-39.189006,-62.552896,4z (Consulta: Mayo, 2020)
[11] https://hablemosdeargentina.com/c-zona-austral/region-pampeana-argentina/
[12] https://www.argentina.gob.ar/salud/desastres/centro
[13] https://hablemosdeargentina.com/c-zona-austral/region-pampeana-argentina/
[14] Ministerio del Interior. Región de la Patagonia. [Página web] Disponible en: http://www.mininterior.gov.ar/municipios/gestion/regiones_archivos/Patagonia.pdf] (Marzo, 2020)
[18] Secretaria de asuntos municipales. Gestión integral de residuos sólidos urbanos. [Pdf]. Disponible en: https://www.mininterior.gov.ar/municipios/pdfs/SAM_03_residuos_solidos.pdf
[19] Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Gestión de residuos sólidos urbanos. [Página web] . Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu
[20] Sameh Wahba, director de Desarrollo Urbano y Territorial, Gestión de Riesgos de Desastres, y Resiliencia del Banco Mundial.
[21] Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. [Pdf] . Disponible en: https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/glosario_censo2010.pdf
[22] Éforo fundación.CARACTERIZACIÓN DE HOGARES DE ARGENTINA. [Pdf] . Disponible en: https://www.eforo.org.ar/_files/ugd/b20ed2_cbe9d1475c4c437cb93e54a245422f57.pdf

UNA ADAPTACIÓN DEL MÉTODO DE LA NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 330 DE RIESGO PARA FRAUDE ALIMENTARIO EN LA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANO CONGELADO

Chauvet, Susana; Bello, B. Eli; Alves, Nancy; Sánchez Loria, Carlos

Facultad de Ciencias exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
schauvet@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

Actos fraudulentos ponen en peligro a la cadena de suministros de alimentos, razón para disponer de una metodología para evaluar el riesgo a sufrir fraude alimentario. Se utilizó la Nota Técnica de Prevención 330 (Método simplificado de evaluación de riesgos) que evalúa las deficiencias con el nivel de riesgo (NR), como el nivel de consecuencias (NC) por el de probabilidad (NP). Este se calcula por el nivel de deficiencia de las medidas (ND) y la exposición al riesgo. Para determinar la vulnerabilidad de fraude alimentario se redefinió el ND como nivel de factores (NF) que favorecen y al NR como vulnerabilidad al fraude. Se modificó escalas para el NF y NE a 1 o 2, de donde se obtienen valores de 1, 2 y 4, adoptando estos para NC, resultando que NV sean entre 1 a 18. Se adoptó NV de 8 a 16 es crítica. En la producción de arándano orgánico congelados, se identificaron entradas y etapas de procesos, al aplicar la metodología resultaron críticos: la compra de arándano con pesticidas prohibidos e insumos no grado alimentario. En el proceso se identificó, el descuento de fruta adquirida y usar fruta convencional por orgánico en el envasado. Esto llevó a definir nuevos controles a los proveedores e internamente efectuar balances de masa para tener evidencia que son prácticas que no se utilizan. La metodología es sencilla de aplicar y factible de aplicarse a otras producciones de alimentos.

Palabras Claves: Fraude alimentario, arándano, Análisis de vulnerabilidad, Nota Técnica de Prevención 330

ABSTRACT

Fraudulent acts endanger the food supply chain, which is the reason for having a methodology to assess the risk of suffering food fraud. The Prevention Technical Note 330 (Simplified Risk Assessment Method) was used, which evaluates the deficiencies with the risk level (NR), as the consequence level (NC) by that of probability (NP). This is calculated by the level of deficiency of the measures (ND) and the risk exposure. To determine the vulnerability of food fraud, the ND was redefined as level of factors (NF) that favor and the NR as vulnerability to fraud. Scales for NF and NE were modified to 1 or 2, from which values of 1, 2 and 4 are obtained, adopting these for NC, resulting in NV between 1 and 18. NV was adopted from 8 to 16 is critical. In the production of frozen organic blueberries, inputs and process stages were identified, when applying the methodology, the following were critical: the purchase of blueberries with prohibited pesticides and non-food grade inputs. In the process, the discount of purchased fruit was identified and the use of conventional fruit for organic in the packaging. This led to define new controls for suppliers and internally carry out mass balances to have evidence that they are practices that are not used. The methodology is simple to apply and feasible to apply to other food productions.

Keywords: Food fraud, blueberry, Vulnerability Analysis, Prevention Technical Note 330

1. INTRODUCCIÓN

El fraude como concepto se refiere a una estafa, un engaño. Se estaría frente a este concepto cuando se hace entrega de un producto que no existe como tal, o sus condiciones son distantes a las que se ofertaban. En el sector alimentario se refiere a fraude cuando de forma consciente se

modifica la calidad de un alimento provocando un perjuicio al consumidor y en busca del lucro del vendedor.

En los últimos años con el número creciente de eventos alimentarios la importancia del fraude alimentario ha crecido, y ha llevado a una menor confianza del consumidor en la industria alimentaria.

Los dos tipos principales de la adulteración económicamente motivadas (Sibera, Areste y Cugat Pugol 2017), son:

1)Venta de alimentos los cuales son inadecuados y potencialmente perjudiciales, tales como:

-Reciclaje de subproductos de origen animal de nuevo en la cadena alimentaria;

-Empaque y venta de alimentos, por ejemplo, carne, con origen desconocido;

-Venta de productos con conocimiento de tener más allá de su "fecha de vencimiento".

2)Etiquetado incorrecto mal intencionado de alimentos, tales como:

-Productos sustituidos con una alternativa más económica, ej. Salmón de criadero vendido como silvestre, o el arroz basmati adulterado con variedades más económicas;

-Falsas declaraciones sobre el origen de los ingredientes, es decir, su posición geográfica, su origen vegetal o animal.

Aunque la causa de los actos de fraude alimentario es por razones económica, puede, no obstante, también resultar en un riesgo de inocuidad alimentaria. Tal riesgo es a menudo causado por negligencia o falta de conocimiento de los estafadores (Spink, 2018). Para el consumidor, los riesgos relacionados con el fraude alimentario pueden ser:

a) Riesgos directos para la inocuidad: el consumidor corre un riesgo inmediato (por ejemplo, la adición de melamina a la leche en polvo que da lugar a una exposición extremadamente tóxica; el ocultamiento de sustancias, por ejemplo, alérgenos no declarados);

b) Riesgos indirectos de la inocuidad: el consumidor se pone en riesgo por la exposición a largo plazo (por ejemplo, altos niveles de metales pesados en los complementos alimenticios que causan daño, o durante un período de tiempo más prolongado)

c) Riesgo técnico de fraude alimentario: no existe un riesgo directo o indirecto para la inocuidad de los alimentos (por ejemplo, una errónea interpretación de la información del país de origen). Sin embargo, esto indica que la trazabilidad del material puede haberse visto comprometida y la empresa ya no puede garantizar la inocuidad de sus productos alimenticios.

Para los fabricantes de alimentos, el impacto económico puede ser alto (por ejemplo, recuperación, pérdida de ventas, costo de reconstrucción de la reputación, etc.), pero también la confianza del consumidor es importante, no solo para las empresas, sino también para la industria alimentaria (sector). El esquema FSSC 22000 de Sistemas de Gestión de Inocuidad alimentaria introdujo un capítulo sobre la mitigación del fraude alimentario en la última versión del Esquema (v4.1), convirtiéndolo en obligatorio a partir del 1 de enero de 2018 e incluye los requisitos para una evaluación de vulnerabilidad de fraude alimentario y un plan de prevención de fraude alimentario aplicable a todos los productos.

En este artículo se trabajó en un Empaque de arándanos de la provincia de Tucumán que procesan fruta congelada IQF (Individually Quick Frozen) para exportación. La empresa posee el sistemas de gestión de inocuidad alimentaria bajo el esquema FSSC 22000 certificado, Ante el cambio en los requisitos, sobre fraude alimentario ha debido adecuarse a esta nueva versión del esquema, por lo que requirió de una metodología para llevar a cabo este cambio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para determinar la metodología para el riesgo de fraude alimentario se tomó como base la Nota Técnica de Prevención (NTP) 330, denominado método simplificado de evaluación de riesgos de accidente del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Bestratén Belloví y Pareja Malagón, 2013). El método pretende facilitar la tarea de evaluación de riesgos a partir de la verificación y control de las posibles deficiencias en los lugares de trabajo (Rubio Romero, 2004), permite cuantificar la magnitud de los riesgos existentes y, en consecuencia, jerarquizar racionalmente su prioridad de corrección.

La evaluación del método de la Nota Técnica de Prevención 330 (Moreno Hurtado, 2004) plantea dos conceptos clave, que son: a) la probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños, y b) la magnitud de los daños (consecuencias).

La probabilidad y las consecuencias son los dos factores cuyo producto determina el riesgo, que se define como el conjunto de daños esperados por unidad de tiempo. La probabilidad y las consecuencias deben, necesariamente ser cuantificadas para valorar de una manera objetiva el riesgo.

La información que aporta este método es orientativa, ya que el objetivo de simplicidad que persigue esta metodología no se emplea los valores reales absolutos de riesgo, probabilidad y consecuencias, sino sus "niveles" en una escala de cuatro posibilidades (Moreno Hurtado, 2004).

Así, se habla de "nivel de riesgo (NR)", "nivel de probabilidad (NP)" y "nivel de consecuencias (NC)". Los criterios de clasificación están basados en aspectos cualitativos. En esta metodología se considera que el nivel de probabilidad (NP) es función del nivel de deficiencia (ND) y de la frecuencia o nivel de exposición (NE) a la misma, de donde se calcula el NP mediante ecuación (1).

$$NP = ND \times NE \quad (1)$$

La metodología define el ND a la magnitud de la vinculación esperable entre el conjunto de factores de riesgo considerados y su relación causal directa con el posible accidente, asigna valores en una escala de 0 (aceptable), 2 (mejorable), 6 (deficiente) y 10 (muy deficiente).

Por otro lado, plantea que el NE es una medida de la frecuencia con la que se da exposición al riesgo, por ejemplo, si la situación de riesgo está controlada, una exposición alta no debiera ocasionar, en principio, el mismo nivel de riesgo que una deficiencia alta con exposición baja.

Para el cálculo se utiliza una escala según la exposición 1 (esporádica), 2 (ocasional), 3 (frecuente) y 4 continua). Aplicando (1) surgen valores de NP desde 0 a 40. Según la metodología el nivel de probabilidad se agrupó en 4 niveles: baja (0-4), media (6-8), alta (10-20) y muy alta (24-40).

El nivel de riesgo (NR) se calcula mediante ecuación (2), como el producto de NP y del nivel de consecuencias (NC).

$$NR = NP \times NC \quad (2)$$

Para el NC, considera cuatro niveles 10 (leve); 25 (grave), 60 (muy grave) y 100 (mortal), por lo que en el NR se han definido 4 niveles de riesgo: I (situación crítica, corrección urgente), II (corregir y adoptar medidas de control), III (mejorar si es posible, sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad) y IV (no intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique).

Tomando como base la metodología NTP 330 se redefinió el NR como nivel de vulnerabilidad (NV) al fraude y se calcula mediante ecuación (3).

$$NV = NP * NC \quad (3)$$

El NP se calcula mediante ecuación (4)

$$NP = NF * NE \quad (4)$$

Donde NF es el nivel de factores que favorecen el fraude alimentario y NE el nivel de exposición al fraude. Tanto para NF y como para NE se definió solo 2 niveles: 1 (bajo) y 2 (alto), de donde resulta que el NP puede tomar valores de 1, 2 y 4, siendo baja, media, alta probabilidad que ocurra un fraude alimentario, respectivamente.

Tabla 1 Niveles de Vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad		Nivel de Consecuencias		
		Baja: 1	Media: 2	Alta: 4
Nivel Probabilidad	Baja: 1	1	2	4
	Media: 2	2	4	8
	Alta: 4	4	8	16

Se adoptó para NC una escala de 1 (baja), 2 (media) y 4 (alta) según el nivel de consecuencias al ocurrir el fraude. Resultando valores para NV según (3) de 1, 2, 4, 8 y 16, según se muestran en la Tabla 1. Se adoptó NV de 8 a 16 como una situación crítica al ocurrir el fraude alimentario.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Siguiendo el flujo del proceso para la obtención de arándano congelados (IQF), etapa por etapa, desde la adquisición de las materias primas e insumos hasta el despacho de productos se aplicó la metodología. A modo de ejemplo, se presenta para la adquisición de arándano:

Etapa: Adquisición de Arándano

Fraude: arándanos con pesticidas prohibidos

Nivel de Factores: 2

Nivel de exposición: 2

Nivel de Probabilidad = 4, según (4)

Nivel de Consecuencias: 4

Nivel de vulnerabilidad = 16, según (3), indicando que se trata de un riesgo crítico.

En la tabla 2 se brindan ejemplos de la aplicación.

Tabla 2 Aplicación de metodología para algunas etapas

Etapa	Fraude	NF	NE	NP	NC	NV
Adquisición arándano	Pesticidas prohibidos	2	2	4	4	16
Adquisición arándano	Pesticidas en niveles no permitidos	2	2	4	4	16
Bolsa polietileno	Envases de inferior calidad	1	2	2	2	4
Recepción de Fruta	Asignar menor % de fruta podrida o fuera de grado	2	2	4	2	8
Lavado de fruta	Lavar fruta con menor % de Hipoclorito de Sodio	1	2	2	4	8
Envasado de Fruta	Envasar fruta convencional en lugar de orgánica	2	2	4	4	16

Al aplicar la metodología se han detectados los riesgos significativos en la compra de arándano con pesticidas prohibidos y aplicaciones fuera de especificación e insumos no grado alimentario. En el proceso se identificó, el descuento de fruta adquirida, utilizar menor concentración de hipoclorito de sodio y usar fruta convencional por orgánico en el envasado.

Se analizaron las medidas de control que la empresa poseía, lo que llevó a establecer nuevos controles, para reducir, ya sea la probabilidad o las consecuencias de sufrir un fraude o de disponer de evidencias para demostrar a los clientes que la empresa no utiliza esta práctica de fraude. Por ello se planteó un plan de muestreo de la fruta recibida en relación a los pesticidas, ya que al momento sólo se aprobaba con una declaración jurada; en relación al % de descarte, se planteó realizar balances de masa con relación a la fruta descartada por maña calidad, sobre usar menor % de hipoclorito de sodio en la etapa de lavado, se decidió implementar periódicamente un balance de masa sobre los consumos de hipoclorito y el usado en la lavadora y por ultimo a fin de poder asegurar que se envía fruta orgánica, hacer balance de masa sobre la fruta recibida como orgánica afectada por un valor promedio de fruta descartada debería brindar la fruta despachada como orgánica.

La metodología es sencilla de aplicar, permite identificar los riegos más críticos y permitió revisar si las medidas aplicadas eran suficiente o no, en cuyo caso se planteó nuevas medidas.

3. CONCLUSIONES.

Con la metodología aplicada se logró identificar los riesgos al fraude alimentario, tanto en la materia prima e insumos como en las etapas de proceso. Al evaluar los riesgos por vulnerabilidad y consecuencia sólo se han identificado riesgos significativos para el proceso de arándano congelado

(IQF) en la adquisición de arándano con niveles de pesticidas fuera de lo establecidos y el uso de pesticidas prohibidos; y en los insumos utilizados (envases, hipoclorito de sodio) que no fueran grado alimentario. En las etapas de proceso se detectaron, el asignar un mayor % de descarte de arándano al momento de la recepción, el aplicar una concentración menor de hipoclorito de sodio en la etapa de lavado y el envasar arándano convencional como fruta orgánica. Al evaluar las medidas de control se determinó que las implementadas no eran suficientes, llevando a definir nuevas medidas para reducir tanto la probabilidad como las consecuencias de sufrir fraude; y de disponer de evidencia para demostrar a los clientes que la empresa no utiliza fraude alimentario en sus procesos, mediante la aplicación de balances de masa. Además, analizando la metodología, es simple de utilizar y es factible de aplicarse a otras producciones de alimentos, con mínimos cambios.

4. REFERENCIAS.

Sibera Areste, M. & Cugat Pugol, G. (2017), *Guía para la prevención de fraude Alimentario*. PermiunLab, Vol 1

Spink John. (2018). *Tackling Food Fraud through Food Safety Management Systems*. Review of GFSI Food Fraud Technical Document

Bestratén Belloví, M. & Pareja Malagón, M. (2013). *NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.* Revista Seguridad Minera n°103. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España

Rubio Romero J. C. (2004) *Métodos de evaluación de riesgos laborales*. Ediciones Díaz de Santos. España.

Aplicación de tecnologías emergentes en sensores remotos para procesar información almacenada y reducir riesgos ambientales

Chinni, Guillermo Andrés*;

Facultad de Ingeniería, Universidad del Salvador.
Champagnat 1599, Ruta Panamericana Acceso Norte Km.54.5,
B1630AHU Pilar, Buenos Aires, Argentina.
chinni.guillermoandres@usal.edu.ar

RESUMEN

Los sensores remotos proporcionan datos relevantes para monitorear y administrar información proveniente del medioambiente. La obtención y el procesamiento de una fuente amplia de imágenes y señales emitidas por diversos satélites posibilitará una mejor comprensión de los sistemas naturales y en los cuales la humanidad interviene inevitablemente. Sin embargo, un impedimento para el uso y el monitoreo del medioambiente ha sido la necesidad de que los administradores de recursos comprendan las nuevas capacidades que ofrecen una variedad cada vez mayor de fuentes de imágenes y técnicas de análisis. Este trabajo propone pautas que permitirán a los gestores de recursos colaborar más eficazmente para desarrollar y aplicar la integración de tecnología con aplicaciones en la gestión ambiental.

Se propone entonces explorar, describir y eventualmente explicar casos específicos en los que resultaría posible reducir riesgos ambientales y generar nuevo conocimiento aplicando tecnologías existentes y emergentes. Se propone como caso experimental un monitoreo ambiental automatizado para estudiar las variaciones en los frentes de los glaciares patagónicos. Sobre estas variables ambientales seleccionaremos casos específicos de estudio y aplicación.

Palabras Claves:
Riesgos ambientales, monitoreo, clasificación de imágenes, glaciares, sensores remotos.

ABSTRACT

Remote sensing provides relevant data to monitor and manage information from the environment. Obtaining and processing a wide source of images and signals emitted by various satellites will enable a better understanding of natural systems and those in which humanity inevitably intervenes. However, an impediment to the use and monitoring of the environment has been the need for resource managers to understand the new capabilities offered by an ever-increasing variety of image sources and analysis techniques. This work proposes guidelines that will allow resource managers to collaborate more effectively to develop and apply the integration of technology with environmental management applications.
It is therefore proposed to explore, describe and eventually explain specific cases in which it would be possible to reduce environmental risks and generate new knowledge applying existing and emerging technologies, such as the case of variations in Patagonian glaciers. It includes specific cases of study and applications.

Keywords: Environmental risks, monitoring, image classification, glaciers, remote sensing.

1. INTRODUCCIÓN

Los grandes volúmenes de información sin precedentes que actualmente proporcionan los sensores de satélites ocasionan un nuevo problema: los datos superan la capacidad de procesamiento y de generación de conocimiento. Es entonces que resulta necesario comenzar a incluir técnicas de

aprendizaje automático que podrían mejorar el análisis de este tipo de datos; sin embargo, la mayoría de los algoritmos tradicionales de aprendizaje automático actuales no pueden procesar grandes volúmenes de datos. Recientes avances plantearon la posibilidad de superar las limitaciones computacionales relacionadas con el análisis de Big Data en teledetección con la implementación de nuevos algoritmos, soluciones de agrupamiento distribuido e infraestructura de computación en la nube para procesar conjuntos de datos muy grandes con paquete de minería de datos tipo InterCloud. Estas tecnologías todavía no han sido difundidas para el monitoreo del medioambiente en la Argentina, como podría ser el caso de fluctuaciones en los frentes de glaciares o incluso en índices de calidad del aire urbano, por citar algunos ejemplos de componentes ambientales críticos para la vida.

El proyecto busca explorar, conocer y emplear el uso de tecnologías emergentes y existentes en la obtención, procesamiento y aplicación de sensores remotos para la gestión del medioambiente. Nuevas fuentes de información y procesamiento permitirán una mejor gestión de los ecosistemas y zonas urbanas, tal es el caso del almacenamiento conectado en la nube (Cloud Storage Connection files), procesamiento de imágenes (Image Management), generación de mapas, aprendizaje profundo y clasificación de imágenes (Deep Learning and Image Classification) y herramientas de visualización e interpretación (Visualization Motion Imagery - Full Motion Video). Se propone entonces explorar, describir y eventualmente explicar casos específicos en los que resultaría posible reducir riesgos ambientales y generar nuevo conocimiento aplicando tecnologías existentes y emergentes para monitorear variaciones en los frentes de los glaciares patagónicos.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La generación de datos por parte de los sensores remotos supera la posibilidad de procesamiento y generación de conocimiento sobre el medioambiente, tal es el caso del monitoreo de glaciares y el seguimiento de la calidad del aire. Para reducir esta brecha entre información sin procesar y conocimiento resulta necesario generar nuevos espacios de cooperación científica que permitan aplicar nuevas tecnologías como la automatización y el procesamiento en forma más rápida y eficiente bajo ciertos estándares.

Las inundaciones por rupturas de glaciares sobre lagos o espejos de agua representan una amenaza significativa para las comunidades aguas abajo y la infraestructura existente, debido principalmente a su potencial para liberar rápidamente el agua almacenada. En estudios previos de campo en la Patagonia, se documentaron casos de rupturas con efectos locales en glaciares de la cuenca del Lago Argentino y en Chile (Chinni, 2004 a; Chinni, 2004 b; Chinni, 2005). Los desencadenantes más comunes de estas rupturas son el movimiento masivo de hielo que ingresa a un lago, el desprendimiento del frente glaciar o destrucción de la morrena terminal debido a presiones hidrostáticas o una modificación en la dinámica glaciar.

Los cambios en los glaciares indican también cambios en el clima regional y global. Es por ello que la detección y evaluación de riesgos, así como el monitoreo de glaciares resultan relevantes. Estos cambios pueden representar riesgos para las comunidades que viven cerca de ellos. Las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los flujos de escombros y los desprendimientos pueden destruir infraestructura y tomar vidas en una repentina avalancha de agua, hielo, sedimentos, rocas y tierra. Las avalanchas de hielo pueden desencadenar peligros de gran alcance, como enormes avalanchas de nieve, afectar lagos y flujos de lodo. Todavía no está claro si algunos de estos peligros son una parte normal del comportamiento de los glaciares, o si indican nuevas amenazas dramáticas de una criosfera cambiante. Es por ello que el monitoreo de glaciares facilita una mayor comprensión de nuestro sistema climático, la formación de glaciaciones y los efectos de estos cambios.

3. METODOLOGÍA

3.1. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo es la producción de un marco de referencia y un conjunto de conocimientos que permitan procesar mayor datos provenientes de satélites, particularmente en cuanto al monitoreo de glaciares y al seguimiento de fuentes de contaminación del aire.

Objetivos específicos

1. Generar un marco de referencia que permita procesar grandes volúmenes de información.

2. Establecer las tecnologías existentes y emergentes posibles de aplicar.

3. Generar un marco de referencia para instituciones y aplicaciones de sensores remotos en el monitoreo del medioambiente.

4. Desarrollar vínculos de cooperación con otras instituciones y proyectos internacionales, como es el caso del proyecto GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space).

5. Establecer pautas para el procesamiento y monitoreo del medioambiente de tal manera que posibilite la generación de nuevos conocimientos tomando casos de aplicación en monitoreo de glaciares.

3.2. Diseño y metodología

La metodología para el marco teórico se basó en fichas de lectura, método de mapeo, mapa conceptual y experiencias previas. Se utilizaron herramientas de gestión bibliográfica. Se han propuesto una serie de pautas para evaluar, recolectar, analizar y desarrollar la investigación en base al estudio de casos. Las búsquedas bibliográficas se realizaron por medio de buscadores académicos, como es el caso de la plataforma del Ministerio De Ciencia, Tecnología e Innovación, Google Académico y ResearchGate. La Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología tiene acceso desde instituciones habilitadas a través de Internet al texto completo de revistas científico-técnicas, libros, conferencias y congresos, así como a bases de datos referenciales de gran valor para la comunidad científica. Se emplearon palabras claves, como ser: riesgos ambientales, monitoreo, clasificación de imágenes, glaciares, sensores remotos.

3.3. Indagación en bibliografía internacional y estudio de casos

El alcance de la investigación ha sido exploratorio y descriptivo donde se incluyeron estudios de caso y aplicaciones. Respecto al diseño ha sido de tipo exploratorio. La metodología para el marco teórico se basó en el diseño mencionado previamente.

Se han propuesto una serie de pautas para evaluar, recolectar, analizar y desarrollar la investigación en base al estudio de casos en la bibliografía a partir de algunas preguntas orientativas, como ser:

1. ¿Cómo se procesa actualmente la información proveniente de sensores remotos? ¿Qué ocurre con la información? ¿Cómo se genera conocimiento?

2. ¿Qué problemática y marcos de referencia es posible tratar?

3. ¿Cuáles son las tecnologías utilizadas y qué limitaciones tienen?

4. ¿Cuáles son las tecnologías emergentes y posibles de aplicar en sensores remotos para reducir la brecha entre información sin procesar y la generación de conocimiento sobre el medioambiente?

5. ¿Es posible incorporar casos de estudio como el monitoreo de glaciares y eventualmente el seguimiento de la calidad del aire para reducir la brecha entre información sin procesar y la generación de conocimiento?

4. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES EN SENSORES REMOTOS

4.1. Monitoreo de glaciares

El cambio climático es una problemática actual que enfrenta la humanidad. La contaminación del aire y la alteración de los recursos hídricos son hechos cada vez más frecuentes. Sobre este último recursos participan los glaciares como uno de los ecosistemas más afectados, es entonces que el conocimiento de la dinámica de los glaciares, por sus condiciones críticas de retroceso o fusión, puede lograrse mediante el análisis de datos provenientes de sensores remotos (teledetección), pero considerando los volúmenes de información que se acumulan sin procesar, podemos referirnos a este aspecto como un problema cada vez más importante, debido a que la cantidad de datos supera a la posibilidad de procesamiento. Estos aspectos fueron tratados en estudios como los de Ayma et al. (2019), donde se plantea que técnicas de aprendizaje automático tienen el potencial de mejorar el análisis de este tipo de datos; sin embargo, la mayoría de los algoritmos de aprendizaje automático actuales no pueden procesar adecuadamente grandes volúmenes de datos. En un intento por superar las limitaciones computacionales relacionadas con el análisis de Big Data de

teledetección, se ha propuesto el uso de algoritmos K-Means y Expectation Maximization, como soluciones de agrupamiento distribuido, aprovechando las capacidades de la infraestructura de computación en la nube para procesar conjuntos de datos muy grandes. La solución se desarrolló a través del paquete de minería de datos InterCloud, un conjunto de métodos de clasificación distribuidos, previamente empleados en el análisis de imágenes hiperespectrales. Para validar esta nuestra propuesta, Ayma et al. (2019), analizaron el glaciar Ausangate, ubicado en la Cordillera de los Andes, en Perú, mediante el mapeo de los cambios en dicho entorno a través de un análisis de detección remota multitemporal y una configuración de agrupación sobre una infraestructura de computación en la nube. Otra de las últimas tecnologías aplicadas incluye análisis de modelos de superficie 3D y visualización de glaciares (Wang et al., 2018).

Rounce et al. (2016) utilizaron evaluaciones cualitativas y cuantitativas para comprender los peligros asociados con ocho lagos glaciares en el Himalaya de Nepal que se consideran altamente peligrosos, para lo cual empleó sensores remotos con un enfoque de riesgo y gestión con el objetivo de que esta evaluación remota pueda guiar estrategias de mitigación de riesgos. Se descubrió que la evaluación remota proporciona información valiosa sobre los peligros que enfrenta cada lago glacial. Dadas las limitaciones de los estudios in situ en terrenos empinados y a menudo inaccesibles, los datos provistos por sensores remotos son un recurso valioso para una mejor comprensión y cuantificación de estos procesos (Kirschbaum et al., 2019).

A través del monitoreo a largo plazo de los glaciares del mundo es posible construir una base de datos histórica, detectar los cambios climáticos temprano con el propósito de predecir y evitar peligros para las comunidades humanas que viven expuestas. Los glaciares se monitorean de varias maneras, como ser las mediciones de balance de masa in situ y los sistemas de imágenes aéreas y espaciales (sensores remotos o teledetección), como es el caso de la fuente de datos primaria utilizada por GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space). El proyecto GLIMS es una iniciativa diseñada para monitorear los glaciares del mundo utilizando principalmente datos de instrumentos de sensores remotos. Es un proyecto compartido y diseñado por varias instituciones donde participan la NASA (National Aeronautics and Space Administration), NSIDC (National Snow and Ice Data Center) y profesionales de diversas universidades e institutos internacionales. El proyecto GLIMS, es el más completo y ambicioso a nivel mundial. Sobre un total estimado de 200.000 glaciares existentes en la Tierra, con un área aproximada de 750,000 km2 (sin incluir las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida), se han logrado monitorear 129.387 glaciares hasta los años 2016 o 2018, según zona. Esto implica que se ha monitoreado el 65 % de los glaciares del planeta (sin incluir las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida) y que además se lleva un retraso temporal en el procesamiento y la generación de conocimiento. El proyecto GLIMS ha comenzado un proceso de actualización y vinculación con nuevas instituciones y profesionales dado que, como expresa en su publicación online (ver en Ref. GLIMS):

"El resultado es que la cantidad de glaciares y del área cubierta por hielo es demasiado extensa para el estado actual de los glaciares monitoreados. Esperamos que esto se solucione pronto".

En la actualidad este proyecto internacional se encuentra en la búsqueda de cooperación para solucionar los problemas de procesamiento y monitoreo de glaciares. Se ha tomado contacto con organizadores del proyecto GLIMS, Regine Hock (University of Innsbruck) y Fabien Maussion (University of Alaska), para establecer una posible cooperación en el futuro.

4.2. Monitoreo de calidad del aire

La problemática descrita con relación al monitoreo de glaciares también se presenta en cuanto al monitoreo del aire. La contaminación del aire es la otra problemática frecuente y donde el volumen de información proporcionado por los sensores de satélites supera a la posibilidad de procesamiento y generación de conocimiento. Es en lo referido a calidad de aire o control de contaminación donde también es posible incorporar nuevas tecnologías para el procesamiento de información. Para ello se ha comenzado a desarrollar índices de contaminación que resultan confiables para abordar el problema de identificar una fuente de contaminación individual o sectorizada, basada en datos de sensores remotos, generando así una herramienta útil para la gestión de la calidad del aire (Chen et al., 2017). Otros trabajos (Liu et al., 2020) han propuesto el desarrollo de un algoritmo de monitoreo cuantitativo basado en inteligencia artificial para evaluar la contaminación del aire empleando sensores remotos. La monitorización cuantitativa por teledetección de la contaminación del aire sería posible de acuerdo con la turbidez de los aerosoles. Los resultados experimentales han mostrado que el algoritmo propuesto ha resultado ser de alta eficiencia de monitoreo, permitiendo un amplio rango de monitoreo y una alta precisión.

4.3. Propuesta para un sistema de monitoreo de alertas ambientales interconectado y automatizado

La complejidad de las variables ambientales podría ser abordada implementando un modelo de gestión integrado a un sistema de procesamiento de imágenes satelitales que considere la provisión inmediata y continua de imágenes por parte de los diversos proveedores y agencias espaciales; de esta manera, el procesamiento sería posible sin mediar demoras, en forma automatizada, con el propósito de generar alertas tempranas para informar a agencias, responsables técnicos y fuerzas de salvataje. A continuación se presenta una propuesta que integra algunas de la tecnologías planteadas:

1. Acuerdos institucionales para provisión de imágenes satelitales
2. Desarrollo y validación de las diversas interfaces de programación de aplicaciones (API: Application Programming Interfaces).
3. Determinación de áreas por mapear y monitorear.
4. Configuración de la provisión, georreferenciación y almacenaje en la nube.
5. Generación de mosaicos de imágenes provenientes de territorios preconfigurados (ej: Hielos Patagónicos se ubican entre las latitudes 46º30´S y 51º30´S sobre la longitud 73º30´W).
6. Implementación de algoritmos para comparaciones multiespaciales y multiespectrales de los mosaicos de imágenes satelitales georreferenciadas ya almacenadas y fechadas.
7. Generación de mapeo por diferencias comparativas entre los mosaicos
8. Emisión de alertas e informes.

Figura 1. Sistema de monitoreo ambiental en tiempo real empleando imágenes satelitales provistas por diferentes proveedores.

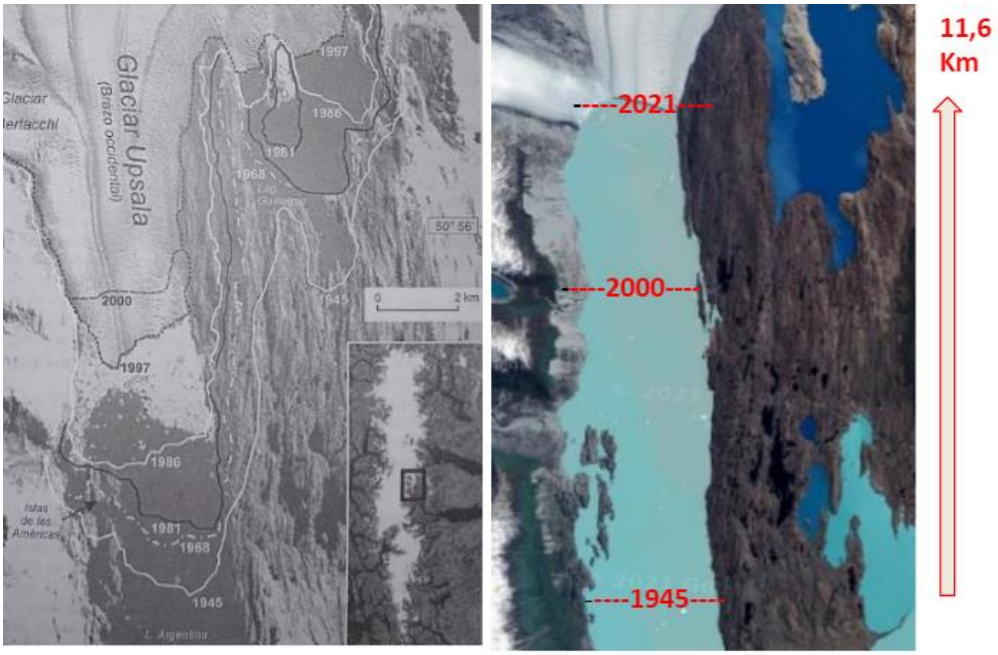


Figura 2. Monitoreo preliminar del glaciar Upsala. Producción propia en base a publicaciones previas (Chinni, G.A.) y nuevas imágenes obtenidas.

.

5. CONCLUSIONES

El procesamiento de la información proveniente de sensores remotos se ha realizado hasta hace pocos años a posteriori (no en tiempo real). Quiere decir que, una vez obtenidas las imágenes, el volumen de datos es almacenado hasta su requerimiento. Así mismo, el avance y lanzamiento de nuevos satélites genera constantemente más información sin haber sido transformada en conocimiento, solo se acumula, con lo cual un monitoreo ambiental automatizado podría ser una solución para generar alertas e informes en tiempo real. También, resulta necesario establecer propuestas de cooperación científica para poder aplicar estas nuevas tecnologías de manera eficiente con el propósito de generar conocimiento aplicable y reducir riesgos ambientales; tal podría ser el caso del monitoreo de glaciares o el seguimiento de fuentes de contaminación del aire.

Nuevas experiencias podrían acelerar la aplicación del modelo planteado, aspecto que se espera profundizar en próximas investigaciones.

6. REFERENCIAS

Ayma, Victor & Beltrán Castañón, Cesar & Nigri Happ, Patrick & Costa, Gilson & Feitosa, Raul. (2019). MAPPING GLACIER CHANGES USING CLUSTERING TECHNIQUES ON CLOUD COMPUTING INFRASTRUCTURE. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XLII-2/W16. 29-34. 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W16-29-2019.

Chen, Yunping & Wang, Shudong & Han, Weihong & Xiong, Yajv & Wang, Wenhuan & Tong, Ling. (2017). A New Air Pollution Source Identification Method Based on Remotely Sensed Aerosol and Improved Glowworm Swarm Optimization. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. PP. 1-11. 10.1109/JSTARS.2017.2690943.

Chinni, Guillermo A. (2004 a). Glaciares del Lago Argentino & El Chalten. Ciudad de Buenos Aires: Zagier & Urruty Pubns. pag.160. isbn 978-1879568587

Chinni, Guillermo & Warren, Charles. (2004 b). The 2004 outburst flood at Glaciar Perito Moreno, Argentina. Journal of Glaciology - J GLACIOLOGY. 50. 615-616. 10.3189/172756504781829792.

Chinni, Guillermo A. (2005). Glaciares de la Patagonia. Buenos Aires: Zagier & Urruty Pubns . 2007a. pag.224.isbn 978-9872232917

Kirschbaum, Dalia & Watson, C. Scott & Rounce, David & Shugar, Dan & Kargel, Jeffrey & Haritashya, Umesh & Amatya, Pukar Man & Shean, David & Anderson, Eric & Jo, Minjeong. (2019).

The State of Remote Sensing Capabilities of Cascading Hazards Over High Mountain Asia. Frontiers in Earth Science. 7. 10.3389/feart.2019.00197.

Liu, Yun & Jing, Yuqin & Lu, Yinan. (2020). Research on Quantitative Remote Sensing Monitoring Algorithm of Air Pollution Based on Artificial Intelligence. Journal of Chemistry. 2020. 1-7. 10.1155/2020/7390545.

Rounce, David & Mckinney, Daene & Lala, Jonathan & Byers, Alton & Watson, C. Scott. (2016). A new remote hazard and risk assessment framework for glacial lakes in the Nepal Himalaya. Hydrology and Earth System Sciences. 20. 3455-3475. 10.5194/hess-20-3455-2016.

Wang, Xianwei & Xie, Hongjie. (2018). A Review on Applications of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) in Water Resources and Flood Risk Management. Water. 10. 608. 10.3390/w10050608.

Plataformas de búsqueda

Biblioteca Electrónica de Ciencia y Tecnología. https://biblioteca.mincyt.gob.ar/ Consulta 5/3/2022 al 1/8/2022.

GLIMS: Global Land Ice Measurements from Space. https://www.glims.org/, http://glims.colorado.edu/glacierdata Consulta 24/5/2020.

Google Académico. https://scholar.google.es Consulta 5/3/2022 al 1/8/2022.

ResearchGate. https://www.researchgate.net/ Consulta 5/3/2022 al 1/8/2022.

Innovación y Gestión de la Mejora en una ONG

Gallegos, María Laura*; Cinalli, Marcelo; Hetze, Vanesa; Altube, Eugenio; Arotce, Victoria

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional

mgallegos@frsn.utn.edu.ar mcinalli@frsn.utn.edu.ar vhetze@frsn.utn.edu.ar
ealtube@frsn.utn.edu.ar varotce@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

La universidad, en su función de productora de conocimiento, tiene por misión aportar mejoras y desarrollo a la sociedad en un marco institucional de innovación. La articulación multisectorial entre estado, universidad y empresa, constituye la clave para impulsar el desarrollo socioeconómico regional y nacional. Los más recientes estudios incorporan un cuarto componente al marco de interacciones: la sociedad.

Se describe en el presente trabajo, el desarrollo de la gestión del conocimiento en una Organización No Gubernamental (ONG) a partir de herramientas de mejora continua y de la aplicación de buenas prácticas para la estandarización y autogestión de sus actividades.

En una experiencia de cooperación, entre el Grupo de Investigación en Gestión, Innovación y Mejora Continua- GIMCo, de UTN- FRSN, conformado por docentes y estudiantes becarios y una ONG local, integrada por sus líderes y voluntarios, se viene proyectando y diseñando un plan de trabajo centrado en el autodiagnóstico y búsqueda de oportunidades de mejora para sus prácticas diarias.

Los resultados de la experiencia de articulación ONG-Facultad hasta el momento, revelan la importancia de la aplicación de herramientas de calidad y mejora continua para detectar y resolver problemas, la relevancia de la formación práctica y por competencias y la visión compartida en la búsqueda de oportunidades desde la ingeniería industrial para la mejora organizacional.

Palabras Claves: Ingeniería industrial, Herramientas de calidad, ONG, articulación

ABSTRACT

The university, in its role as producer of knowledge, has the mission of contributing improvements and development to society in an institutional framework of innovation. The multisectoral articulation between the state, university and business is the key to promoting regional and national socioeconomic development. The most recent studies incorporate a fourth component to the framework of interactions: society.

This paper describes the development of knowledge management in a Non-Governmental Organization (NGO) based on continuous improvement tools and the application of good practices for the standardization and self-management of its activities.

In a cooperative experience, between the Research Group in Management, Innovation and Continuous Improvement - GIMCo, of UTN- FRSN, made up of professors and scholarship students and a local NGO, made up of its leaders and volunteers, a work plan focused on self-diagnosis and search for improvement opportunities for their daily practices.

The results of the NGO-Faculty articulation experience to date reveal the importance of applying quality tools and continuous improvement to detect and solve problems, the relevance of practical and competency-based training, and the shared vision in the search for opportunities from industrial engineering for organizational improvement.

Keywords: Industrial engineering, Quality tools, NGO, articulation

1. INTRODUCCIÓN

La universidad, en su función de productora de conocimiento, tiene por misión aportar mejoras y desarrollo a la sociedad en un marco institucional de innovación. La articulación

multisectorial entre estado, universidad y empresa, constituye la clave para impulsar el desarrollo socioeconómico regional y nacional. Los más recientes estudios incorporan un cuarto componente al marco de interacciones: la sociedad.

Se describe en el presente trabajo, el desarrollo de la gestión del conocimiento en una Organización No Gubernamental (ONG) a partir de herramientas de mejora continua y de la aplicación de buenas prácticas para la estandarización y autogestión de sus actividades.

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El modelo de innovación de triple hélice se refiere a un conjunto de interacciones entre la universidad, la industria y los gobiernos, para fomentar el desarrollo económico y social. En este modelo, la universidad es la principal fuente de producción de conocimiento; la industria es la generadora de producción de bienes de manufactura y servicios y su comercialización; y el gobierno mantiene su función de regulador, administrador y planificador. (Etzkowitz & Leydesdorff, 1998) El modelo de triple hélice, evoluciona a una hélice cuádruple incorporando un cuarto componente al marco de interacciones: la sociedad. (Carayannis & Campbell, 2009)

El diseño, evaluación y desarrollo de políticas, estrategias y acciones públicas son parte de una agenda compartida con el estado y los diversos actores sociales y productivos. A tal fin, la Universidad debe formar profesionales competentes, que sean responsables ante los problemas sociales, comprometidos con el desarrollo económico y social, local y regional, articulando necesidades, saberes y soluciones.

En este rol intrínseco, en su función de formar, investigar y transferir el conocimiento a la sociedad, funciones sustantivas que atraviesan procesos sociales, culturales y económicos, las universidades se constituyen en protagonistas del desarrollo económico y social promoviendo la innovación a través de procesos sociales (Dimeglio & López Bidone, 2010) articulando formación con la realidad del mundo de hoy.

Unesco, en su artículo primero de la Declaración Mundial sobre la Educación Superior (ES) en el siglo XXI declara *"la necesidad de preservar, reforzar y fomentar aún más las misiones y valores fundamentales de la educación superior, en particular la misión de contribuir al desarrollo sostenible y el mejoramiento del conjunto de la sociedad*". (UNESCO, 2019) En cuanto a la extensión universitaria, Alcántara analiza y reconoce cuatro modos de ejercerla: altruista, divulgativo, concientizador y vinculatorio empresarial. (Serna Alcántara, 2005) La Conferencia mundial sobre Educación superior en el siglo XXI, menciona tendencias de cambio, características y desafíos, que Sol Arriaza resume en: calidad, pertinencia, equidad, gestión y financiamiento, TIC y cooperación internacional. (Sol Arriaza, 2005) Entre las acciones prioritarias recomendadas se encuentran "*Instaurar nuevas modalidades de colaboración entre los establecimientos de ES y los distintos sectores de la sociedad, para que la ES y los programas de investigación contribuyan eficazmente al desarrollo local, regional y nacional*". (UNESCO, 2020) Forjando una nueva visión de la ES, con la misión de educar, formar y realizar investigaciones, su firme función ética, autonomía, responsabilidad y prospectiva. Con la premisa de que las universidades e instituciones de ES, se conviertan en aliados fundamentales para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en su responsabilidad de ofrecer apoyo a las personas y las comunidades, desde un enfoque de sostenibilidad y en una lógica de configuración y adaptación a las transformaciones sociales, económicas, culturales y ambientales, científicas y tecnológicas. (UNESCO, 2020)

En un mundo tecnológico globalizado, con cambios permanentes y ciclos de innovación cada vez más cortos, las universidades se encuentran en procesos de revisión y replanteo de sus diseños curriculares y trayectos formativos, atendiendo al perfil de profesionales que egresa. Las necesidades derivan en un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística, que involucra la definición de competencias presentada por CONFEDI en el Libro Rojo. (CONFEDI, 2018) En el caso de Ingeniería Industrial, se señalan competencias específicas de la disciplina, tecnológicas, (identificar, formular y resolver problemas de ingeniería) y sociales, políticas y actitudinales (comunicarse con efectividad, actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. (CONFEDI, 2018)

En un mismo sentido, la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Tecnológica Nacional, propone criterios que orientan a los investigadores hacia el desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación aplicada. El Grupo de Investigación en Gestión, Innovación y Mejora Continua (GIMCo), dependiente del Departamento Ingeniería Industrial de Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Nicolás (UTN-FRSN), aporta conocimiento desde la investigación aplicada en la optimización de recursos, empleando nuevas herramientas tecnológicas y digitales para una mejora en el desarrollo, competitividad y sostenibilidad de todos los ámbitos, organizaciones e

instituciones educativas, aplicables en sus alcances local, regional y nacional. (UTN-FRSN, 2021) También, promueve la participación en actividades de extensión para la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Industrial, a través de proyectos interdisciplinarios que estimulan el aprendizaje colectivo y el desarrollo social. Propende la mejora y la innovación en la educación (Gallegos, Cinalli, & Bárbaro, 2022) con el uso y aplicación de herramientas de calidad (Gallegos, Cinalli, & Hetze, 2022) y focaliza en proyectos de innovación para el desarrollo de actividades y procesos. (Gallegos M. L., y otros, 2018)

En este contexto, se relata un trabajo realizado por el GIMCo acerca de buenas prácticas y análisis de oportunidades en una ONG local, para aplicar herramientas innovadoras y de mejora continua en forma conjunta, promoviendo el desarrollo de proyectos sociales, la formación por competencias y la retroalimentación universidad - entorno. El objetivo es desarrollar la gestión del conocimiento desde la aplicación de buenas prácticas para la estandarización y autogestión de sus actividades.

Según la Naciones Unidas (ONU), una organización no gubernamental es cualquier grupo de ciudadanos voluntarios sin fines de lucro que se organiza a nivel local, nacional o internacional. (ONU, 2022) Alude a una institución que contribuye con acciones humanitarias relacionadas con lo social y es independiente de la administración pública de una nación. Para la Ley Nacional 25.855/2004 los voluntarios son "*personas físicas que desarrollan, por su libre determinación, de un modo gratuito, altruista y solidario tareas de interés general en dichas organizaciones, sin recibir por ello remuneración, salario, ni contraprestación económica alguna*". (Poder Ejecutivo Nacional, 2010) Los proyectos sociales, propugnan comunidades en la que es posible construir aprendizajes colectivos, "*se trabaja en proyectos interdisciplinarios en lugar de por área y se estimula el trabajo cooperativo*". (Torres Pernalete & Trápaga Ortega, 2010)

Como resultado de los proyectos sociales, todos ganan: las universidades, cumpliendo su rol de formación y transferencia; los docentes, a través de la aplicación de modelos de aprendizaje basados en proyectos sociales; los estudiantes, quienes ponen en práctica aprendizajes resultantes de su formación académica; y las organizaciones, quienes pueden mejorar sus procesos, desde el marco de la gestión del conocimiento. Esta última es considerada como un enfoque de gestión estratégica, que puede potenciar el desarrollo de las misiones de las ONG, generando mayor beneficio social. (BEDOYA-DORADO, 2015)

El trabajo se presenta con un enfoque metodológico centrado en entrevistas a grupos estratégicos, formularios semiestructurados para relevamiento de diagnóstico de intereses primarios y visitas técnicas de campo para contrastar los resultados del relevamiento.

3. DESARROLLO

3.1 Situación inicial

A partir de una experiencia de cooperación mutua, entre el grupo de Investigación GIMCo, conformado por docentes y estudiantes becarios, y una ONG, integrada por sus líderes, se viene proyectando y diseñando un plan de trabajo centrado en el autodiagnóstico y búsqueda de oportunidades de mejora para las prácticas diarias.

Ésta ONG constituye un centro educativo de formación, capacitación y apoyo en la región, que satisface dicha necesidad a personas con escasos recursos y que se encuentran en situación de riesgo y/o vulnerabilidad. Despliega mediante sus actividades y proyectos, contención, amor e igualdad de oportunidades. Además, integra un programa con fines específicos orientados a la detección de la desnutrición infantil, capacitación nutricional y promoción humana.

En una primera reunión de intercambio entre ambas instituciones, la ONG postuló el interés genuino por la profesionalización de actividades, la proyección de las personas y la fidelización de sus talentos, evidenciando la necesidad de fortalecer su estrategia de gestión para el crecimiento y desarrollo. Desde el GIMCo, se hizo foco en el diseño y aplicación de herramientas de mejora, la formación continua y una metodología de trabajo centrada en la sistematización de procesos. Ambas instituciones, desde distintas aristas y cada una con fines específicos, confluyen en un punto de unión: "lo educativo" y "la formación" para el desarrollo de la región y la sociedad en su conjunto.

Como primera instancia para abordar estos objetivos, se inició un proceso de diagnóstico, para luego plantear un plan de acción y el análisis de resultados desde la visión de la Ingeniería Industrial y específicamente desde el enfoque de innovación para la mejora continua (figura 1). Entre las propuestas emergentes, surgen la identificación de los principales procesos, su descripción y estandarización, para luego desarrollar acciones a fin de mejorar la *performace* de su gestión.

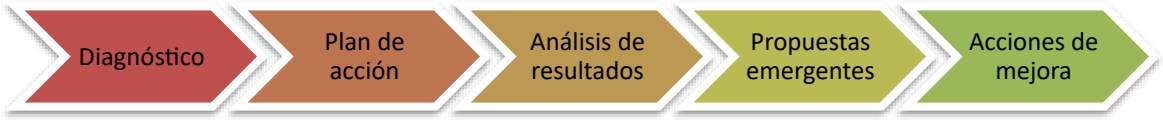


Figura 1. Metodología de abordaje Fuente: Elaboración propia

Con este propósito, se realizaron entrevistas y visitas programadas a la ONG. Las entrevistas efectuadas con los directores del Centro fueron virtuales y presenciales en instalaciones de la Facultad. Las visitas de relevamiento y diagnóstico se realizaron en la sede de la ONG, lugar donde desarrolla sus actividades.

3.2 Planificación de actividades

Se efectuó un primer diagnóstico para determinar los ejes del plan, aplicando la herramienta *brainstorming*, para analizar necesidades y detectar oportunidades. Para canalizar la información resultante, se utilizó la herramienta 5M, agrupando las ideas bajo las cinco categorías: Mano de obra (personas) Materia prima (insumos), Métodos (rutinas), Maquinaria (equipo-infraestructura) y Medio ambiente (contexto). Los resultados se sintetizan en la tabla 1.

Tabla 1: Herramientas 5 M. Fuente: elaboración propia.

Herrramienta: 5 M				
Mano de Obra	Métodos	Materia Prima	Maquinaria	Medio Ambiente
Las Personas	**Las rutinas**	**Los insumos**	**El equipo y la infraestructura**	**El contexto**
Gestión de voluntarios: captación, comunicación y seguimiento	Admisiones, altas, etc. registro de rutinas de limpieza, carta de donantes.	Actualización de existencias (inventario). Uso de registros.	*Layout* y distribución de espacios (para el programa y extras, ej. Huerta).	Contexto de la ONG. Grupos de interés
Difusión de la ONG, darla a conocer a más voluntarios y beneficiarios	Hoja de ruta para limpieza, *checklist*. Gestión de suministros y donaciones	Catálogo de donantes. Base de datos con información al momento	Climatización y luminaria	Climatización y luminaria
Formación continua del Equipo estratégico, profesional y operativo	Registro de movimientos de insumos en la cocina.	Gestión de la cocina (para las cocineras, uso del pizarra con existencias).	Computadoras y soffwares	Decisiones de logística interna-externa
Proyecto: Base de Datos de Voluntarios	STD de la gestión diaria. *checklist* de actividades que deben ser realizadas	Inventario de insumos / mercadería para cocinar y gestión del mismo.	Infraestructura y espacio físico	Análisis de riesgos y oportunidades
Definición de roles / funciones para actividades de rutina	Mecanismos de registro y comunicación con voluntarios	Gestión de artículos de limpieza.	Mobiliario / Alacenas / Frezzer	Horario y días de trabajo
Promover la delegación de tareas.	Logística interna Donantes: Mecanismos recepción, comunicación y registro.			

Esta información se constituyó en un elemento de entrada para la definición del plan de trabajo, el cual, se centró en dos ejes específicos:

- Gestión del Proceso de Voluntariado,
- Detección de Oportunidades de mejora.

Para avanzar con el plan, se determinaron las actividades, sus plazos, como así también las responsabilidades involucradas. Se destaca el liderazgo, compromiso y sinergia de los directivos de la ONG, como del equipo de profesionales y voluntarios, en el proceso de desarrollo de las actividades.

3.2.1 Proceso de Voluntariado

Ser parte del significado de la actividad voluntaria, que además es la acción de brindar tiempo y saberes por parte del voluntario, representa un recíproco iterativo de ganancias entre los involucrados. En este proceso, la ONG anhela “dejar huellas”, desde el inicio, con el primer contacto, hasta la finalización de la experiencia o su continuidad.

En la tabla 2, se sintetizan las fases de la metodología para la planificación, desarrollo, evaluación y mejora del proceso de voluntariado.

Tabla 2: Fases del proceso de voluntariado. Fuente: elaboración propia.

Fase - Proceso	Descripción	Instrumento	Resultado o Producto	Validación
Fase 1 - Convocatoria y postulación	Involucra el primer contacto con voluntario, listado de preguntas clave iniciales, instrumento de soporte para la entrevista, sistematización del registro.	Cuestionario online semiestructurado para la recolección.	Base de datos de voluntarios	Prueba piloto con voluntarios actuales con feedback acerca del uso del instrumento.
Fase 2 - Incorporación e inducción	Incluye las Políticas, derechos y obligaciones de la Institución, la comunicación de su estructura, el código de ética y derechos y deberes del voluntario.	Entrevistas y análisis bibliográfico	Manual del voluntario (estructura y desarrollo)	Jornada abierta participativa y de intercambio con Directivos y el equipo estratégico de voluntarios actuales.
Fase 3 - Acción del voluntariado	Implica el desarrollo del voluntariado, su seguimiento y monitoreo y el feedback continuo.	Formulario para canalizar consultas durante el proceso. Hoja de ruta del voluntario.	Informes de avance. Metodología para el control de avance.	Prueba piloto con voluntarios actuales con feedback acerca del uso del instrumento.
Fase 4 - Evaluación y análisis	Involucra la recolección de la experiencia del voluntario, el analisis, medición y evaluación, del proceso, y las acciones para continuar en contacto.	Encuesta semiestructurada online (feedback anónimo)	Encuesta. Informes de resultados.	Prueba piloto con voluntarios actuales. Analizar respuestas. Informe de resultados
Fase 5 - Innovación y Mejora	Incluye análisis de oportunidades de mejora (según factibilidad: recursos/ prioridad), informe y cierre final.	Planilla estilo A3 resumen de proyectos proyectos.	Matriz de priorización para Análisis de oportunidades	Prueba piloto con 10 primeros casos

3.2.2 Oportunidades de Mejora

Se analizaron oportunidades de mejora a partir del plan y diagnóstico sintetizado en el apartado 3.2. En consecuencia, actualmente, se está trabajando con los siguientes ejes:

- Estructura organizacional y roles en la institución
- Diagrama de las tareas diarias que deben ser realizadas por los voluntarios de la ONG con el objetivo de que puedan ser ejecutadas en caso de ausencia de la persona a cargo.
- Grupos de interés y socios estratégicos, para definir y planificar proyectos.
- Gestión de donaciones (mercadería / alimentos), base de donantes y estandarización de las comunicaciones;
- Gestión de inventario de insumos, para la generación de órdenes de pedido y mecanismos versátiles para el control de inventario. *Layout* del sector Cocina.
- *Checklist* de rutinas y tareas diarias, para delegación de actividades.
- Diseño y desarrollo de base de datos voluntarios, difusión de las actividades para dar a conocer la ONG y que actúe como mecanismo de consulta ante necesidad de voluntariado.
- Formulación, desarrollo y gestión de proyectos, para programas de voluntariado.

4. RESULTADOS

Actualmente se están desarrollando las fases 1) Necesidad de establecer mecanismos para la convocatoria y postulación de voluntarios y la 2) Constituir el Manual del Voluntario.

Los resultados se describen a continuación.

4.1 El perfil del Voluntario (Fase 1)

Para disponer de mecanismos que aseguren la postulación a todo voluntario dispuesto a sumarse a la entidad y definir un medio y soporte para la reclusión abierta, se analizaron opciones de herramientas virtuales de relevamiento buscando instrumentos versátiles y tecnológicos para priorizar el más conveniente. Los criterios de análisis seleccionados, evaluados en la tabla 3, fueron los siguientes:

a) Objetividad: obtener información objetiva y actualizada, con la capacidad de generar información histórica;

b) Accesibilidad: que la información se pueda recabar con facilidad y de manera sincrónica / asincrónica

c) Confidencialidad: que permita respetar tiempos, espacio y confidencialidad de partes interesadas;

d) Sistematicidad: que admita generar reportes ágiles para la toma de decisiones.

Tabla 3: Evaluación de herramientas disponibles. Fuente: Elaboración propia.

Herramienta virtual	Objetividad	Accesibilidad	Confidencialidad	Sistematicidad
Videoconferencia	NO	NO	SI	NO
Formularios online	SI	SI	SI	SI
E-mail	SI	NO	SI	NO
WhatsApp	SI	NO	NO	NO

A partir de esta pre-selección de la herramienta, se elaboró un cuestionario semiestructurado para relevar y conocer el perfil del voluntario y caracterizar la base de voluntarios actuales, en base a los ejes o dimensiones de la tabla 4, basado en las 5 W + 1H:

Tabla 4: Dimensiones para el diseño del cuestionario. Fuente: Elaboración propia.

Guía de preguntas	Resultados esperados
¿Quién es el voluntario?	Datos personales del voluntario (nombre, edad, otros.)
¿Qué áreas de interés?	Áreas o actividades en las que podría brindar o aportar conocimiento / experiencia
¿Cuándo y cuánto tiempo?	Disponibilidad en tiempo y espacios (días y horarios disponibles, caudal)
¿Cómo?	Profesión y/o experiencia, oficio, *hobbie*, otros.
¿Dónde o desde dónde?	Dentro de la ONG / de manera externa o remota
¿Para qué? ¿Por qué?	Sentido del voluntariado (tangibles e intangibles)

El formulario colabora en la preselección de tareas y actividades comunes, además de habilitar la conformación de la base de datos de voluntarios de la ONG. Se establecen frecuencias de revisión de la base de datos que arroja el formulario, para detectar nuevos voluntarios postulados.

En la práctica, y ante una necesidad de saber qué perfiles se necesitan, dónde encontrar a esas personas, o cómo se realiza la selección, se detecta a través del formulario el primer punto (personas que se quieran incorporar a la organización). De forma interna, la ONG debe determinar cuáles son las tareas en donde se requieren voluntarios, para establecer los perfiles más adecuados asignables a cada actividad.

Finalmente, se realizó la validación de expertos del instrumento y con ello, una primera caracterización de la ONG en un informe descriptivo compartido en una reunión de equipo.

4.2 El Manual del voluntario (Fase 2)

Docentes y becarios del GIMCo desarrollaron una primera propuesta de Manual del Voluntario que fue presentada en la reunión de equipo estratégico de la ONG.

Luego, se desarrolló una actividad de cierre del semestre del equipo de trabajo que implicó la participación del plantel completo de la ONG.

Allí, se compartieron objetivos institucionales, misión, visión y directrices para consensuar el Manual en una jornada enriquecedora, en la cual se crearon espacios a partir de dinámicas y estrategias participativas digitales y manuales para sumar contenido al documento, cuya función es representar e identificar a la ONG cimentado en el consenso. Durante el curso de la jornada, también se trabajaron dinámicas de formación sobre la necesidad y uso de métodos y estándares, en un espacio de intercambio fecundo.

¡Valores a tierra! Fue la última actividad de la Jornada. Para ello, el grupo de GIMCo utilizó una herramienta digital (*Mentimeter*) para motivar la participación abierta acerca de cuáles son los Valores que representan a la ONG y privilegiar el consenso. El resultado de la actividad se observa

en el gráfico de Nube de la figura 2, donde se aprecia en mayor tamaño los valores más elegidos (es decir, aquellos de mayor frecuencia).

Figura 2. Resultado de actividad ¡Valores a Tierra! Fuente: Menti-Elaboración propia

4.3 Próximos pasos

Actualmente, se está avanzando en las siguientes fases del proceso de voluntariado (3, 4 y 5), además, se está trabajando en innovaciones para las oportunidades de mejora planteadas en 3.2.2, por ejemplo, el diseño de una base de datos de elaboración propia para la gestión de órdenes de pedido y acciones para simplificar el proceso de donaciones.

Por último, desde la experiencia y aprendizajes que se vienen capitalizando por ambas instituciones durante el desarrollo del proyecto, se encuentra en proceso de elaboración, un instrumento de ayuda para la detección y uso de herramientas más adecuadas según las oportunidades detectadas.

Tabla 5: Matriz de herramientas para detección y monitoreo. Fuente: Elaboración propia

Oportunidad de Mejora		**Identificación / uso de Herramientas (H)**						Escala	Nivel de ayuda
Situación relevada	Categoría	H1	H2	H3	H4	H5	H_n	100	
								70	
								50	
								20	

5. CONCLUSIONES.

Los resultados parciales de la experiencia de articulación de dos organizaciones (ONG y FRSN), revelan la importancia y sinergia que se puede concretar poniendo en evidencia la teoría de la cuádruple hélice, integrando a la sociedad desde la universidad.

Desde el grupo de investigación de ingeniería industrial, se pueden aplicar herramientas de calidad y mejora continua para detectar y resolver problemas en organizaciones con un sentido social y humanitario (responsabilidad social universitaria). Esto demuestra la relevancia de la formación práctica, y por competencias, y la visión compartida en la búsqueda de oportunidades desde la ingeniería para la mejora organizacional. Resignifica la capacidad de unir esfuerzos para desarrollar estrategias bilaterales de generación de valor:

- Desde la FRSN, abordando soluciones a inquietudes locales, sosteniendo la extensión (función misional), con formación continua y en la práctica de docentes y futuros profesionales con retroalimentación del medio social y comunitario.

- Desde la ONG, analizando, mejorando, e innovando procesos y generando conocimiento organizacional, con foco en las personas voluntarias como cimiento estratégico y la visión de crecimiento, sostenido en la mejora continua y herramientas de calidad.

La implementación de estas actividades da cuenta del esfuerzo comprometido de ambas instituciones para transponer ideas a la acción: el uso de las herramientas más apropiadas, adecuación de dinámicas de formación y un conocimiento tácito que se explicita en los diferentes procesos y actividades.

Este cimiento, motiva a redoblar la apuesta para la continuidad del proyecto y culminar las fases pendientes hacia nuevos retos: GIMCo desde la formación y extensión y la ONG local para crecer dejando *huellas* en la sociedad con una mejor calidad de acciones de voluntariado.

6. REFERENCIAS.

BEDOYA-DORADO, C. (2015). Gestión del conocimiento en el tercer sector: de la competitividad a la eficiencia organizacional. *Revista Entramado - Universidad Libre - Cali*, vol. 11, no. 2, p. 94-111.

Carayannis, E., & Campbell, D. (2009). Modo 3' y 'Cuádruple hélice': hacia un ecosistema de innovación fractal del siglo XXI. *Revista Internacional de Gestión de Tecnología (IJTM)*, 46 (3/4), 201-234. https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374.

CONFEDI, C. F. (2018). *LIBRO ROJO DE CONFEDI.* Rosario, Argentina: Universidad FASTA Ediciones, 2018.

Dimeglio, F., & López Bidone, E. (2010). Contribuciones al proceso innovativo regional a partir de la vinculación universidad-empresa. Caso de estudio: polo informático UNICEN. *Transformaciones recientes de las universidades latinoamericanas. Agendas y actores en la producción de conocimiento, Argentina–México, BUAP/UNCPBAJ UAZ*, 217-246.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1998). *The Triple Helix a Model for Innovation Studies.* Nueva York, EEUU: Routledge; 2nd edición (25 Septiembre 2017).

Gallegos, M. L., Cinalli, M., & Bárbaro, L. (2022). *Cursado, seguimiento y autoevaluación en Práctica: Resultados de uso de plataforma autogestionable para PPS.* Mar del Plata, Argentina: Revista AACINI. Núm. 4 (2022): AACINI-RIII / 2022 / N°4. Editado en el Observatorio Tecnológico - OTEC, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.

Gallegos, M. L., Cinalli, M., & Hetze, V. (2022). Herramientas para relevar competencias en la Práctica Profesional Supervisada de Ingeniería Industrial. *6° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y 12° Congreso Argentino de Enseñanza de.* Buenos Aires, Argentina: Anales del 6° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y del 12° Congreso Argentino de Enseñanza de.

Gallegos, M. L., Cinalli, M., Balcof, J., Capra, C., Frascarelli, M., Kern, S., Orellano, C. (2018). *La rueda de Deming mejora el tránsito urbano de San Nicolás: aplicación de PHVA en la Dirección de Tránsito Municipal.* Campana: 23° Encuentro Nacional SAMECO, Tenaris University, Campana, Buenos Aires, Argentina.

ONU. (1 de 10 de 2022). *www.un.org.* Obtenido de Naciones Unidas: www.un.org

Poder Ejecutivo Nacional. (31 de 05 de 2010). Ley 25.855/2004 y Decr. Reglamentario 750/2010. *VOLUNTARIADO SOCIAL*. Buenos Aires, Argentina: Boletín Nacional del 03-Jun-2010.

Serna Alcántara, G. (2005). *Misión social y modelos de extensión universitaria: del entusiasmo al desdén.* Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653).

Sol Arriaza, R. (2005). *Reformas y tendencias de cambio en la educación superior y sus instituciones en Centroamérica.* No.5, junio 2005.

Torres Pernalete, M., & Trápaga Ortega, M. (2010). *Responsabilidad Social de la Universidad: Retos y Perspectivas.* Buenos Aires: Paidós 2010. ISBN 978-95012-4561-5.

UNESCO. (2019). *DECLARACIÓN MUNDIAL SOBRE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN EL SIGLO XXI: VISIÓN y ACCIÓN.* Caracas, Venezuela: Revista Educación Superior Y Sociedad (ESS), 9(2), 97-113.

UNESCO. (2020). *Contribución de la educación superior en América Latina y el Caribe a los objetivos de desarrollo sostenible: experiencias y prácticas desde sus funciones académicas.* Caracas, Venezuela: Revista Educación Superior y Sociedad, vol. 32, núm. 2, pp. 403-426] ISSN 07981228 (Formato impreso) ISSN 26107759 (Formato digital) Publicación semestral.

UTN-FRSN, D. I. (12 de octubre de 2021). Acta fundacional Grupo de Investigación Gestión, Innovación y Mejora Continua (GIMCo). San Nicolás, Buenos Aires, Argentina.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la ONG local por su predisposición, capacidad emprendedora e innovadora, su calidad humana y la permanente adhesión a la mejora continua.

A los estudiantes becarios que se sumaron al equipo de trabajo luego de iniciado el proyecto.

El liderazgo y la participación de las personas en la gestión pública. Un estudio de caso.

Meretta Javier*, Gómez Carlos.
Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
Grupo de investigación en tecnología de las organizaciones GITO.
Colon 332, 2900 San Nicolás
jmeretta@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo contiene información parcial de una tesis doctoral que estudia el proceso de institucionalización de prácticas de calidad, específicamente la norma ISO 9001 en organizaciones de la región Económica Local San Nicolás, con el objetivo de facilitar el proceso de implementación de un sistema de gestión de calidad y lograr su sustentabilidad en el tiempo. Se muestra un análisis del liderazgo y la participación de las personas en un organismo público. Tanto el liderazgo como la participación de las personas constituyen la base fundamental de una cultura organizacional orientada a la calidad. Este proceso de cambio implica un esfuerzo de la alta dirección en implementar acciones tendientes a sostener al sistema de gestión de la calidad e involucrar a las personas en el proceso. El contexto o ambiente externo, que rodea a las organizaciones es una combinación de ambientes técnicos e institucionales, donde las características distintivas presentes en estos ambientes consisten en que los elementos institucionales abarcan a los factores más simbólicos y culturales que afectan a las organizaciones; mientras que los elementos técnicos comprenden a las características más materialistas basadas en recursos. En nuestro caso de estudio la organización se encuentra inmersa en un ambiente predominantemente institucional.
Palabras claves: Gestión de calidad, liderazgo, compromiso.
ABSTRACT

This paper contains partial information from a doctoral thesis that studies the process of institutionalization of quality practices, specifically the ISO 9001 standard in organizations of the San Nicolás Local Economic region, with the aim of facilitating the process of implementing a quality management system and achieving its sustainability over time. An analysis of people's leadership and participation in a public organization is shown. Both leadership and the participation of people constitute the fundamental basis of a quality-oriented organizational culture. This change process implies an effort by senior management to implement actions aimed at sustaining the quality management system and involving people in the process. The context or external environment, which surrounds organizations is a combination of technical and institutional environments, where the distinctive characteristics present in these environments consist in that the institutional elements encompass the most symbolic and cultural factors that affect organizations; while the technical elements comprise the more materialistic characteristics based on resources. In our study case, the organization is immersed in a predominantly institutional environment.
Key words: quality management, leadership, commitment.

1. Introducción

Presentamos en este trabajo información parcial de una tesis doctoral que estudia el proceso de institucionalización de prácticas de calidad, en particular exponemos el análisis del liderazgo y la participación de las personas en el proceso de implementación de un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001 en un organismo público del Área Económica Local San Nicolás.
En primer lugar, explicaremos brevemente el concepto de institucionalización, luego la elección de nuestro caso de estudio, que entendemos por ambientes técnico e institucional y las características distintivas de cada uno. En segundo lugar, trataremos la importancia de las acciones de la alta dirección tendientes a sostener al sistema de gestión de calidad e involucrar a las personas en esta tarea. Finalmente expondremos las conclusiones a las que hemos arribado.

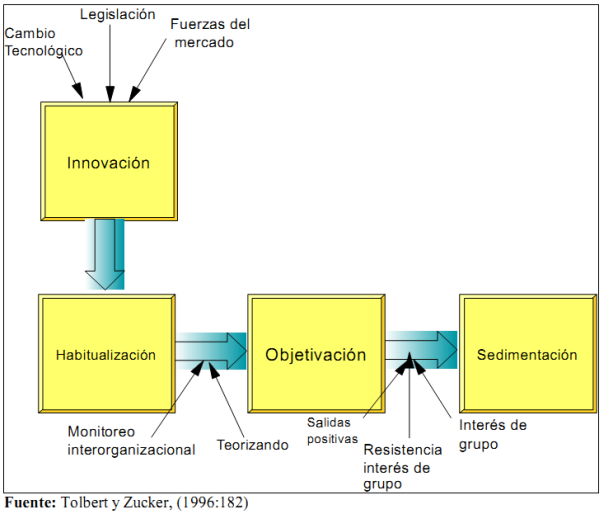
1.1 El proceso de institucionalización

Utilizamos en este trabajo el concepto de institucionalización, cercano a las ciencias sociales, en lugar del más simple y mecánico de "implantación", más afín a la ingeniería y a la administración, ya que refleja una realidad más compleja y real, de abordar el cambio o los intentos de cambio en las prácticas de gestión en las organizaciones. Podríamos indicar una primera definición de institucionalización como un proceso de transformación de una práctica, actividad o servicio, desde una situación informal hacia una situación altamente formalizada, con una práctica estable, cuya actuación puede ser predecible con cierto grado de confianza, y entenderse como la labor de una entidad dotada de una personalidad jurídica propia, con continuidad y proyección en el tiempo (Arnoletto, 2007).

Este concepto nos remite a la persistencia o fluidez de determinados hechos y acciones, que constituyen procesos cambiantes que se encuentran en construcción. Uno de los objetivos de nuestra investigación es cuestionar la idea rígida de éxito o fracaso en el cambio organizacional. El concepto de institucionalización nos ayuda a entender el cambio como un proceso con distintas fases de consolidación que es necesario identificar. En algunos casos esta institucionalización es fácilmente observable, manifiesta, y explícita, y en otras situaciones se nos presenta latente y contradictoria.

Hemos elegido y adaptado el modelo de Pamela Tolbert y Lynne Zucker (1996) para describir experiencias de institucionalización en nuestro trabajo ya que constituye un modelo evolutivo donde se pueden diferenciar tres fases en el proceso de institucionalización, resultando pertinente para estudiar el proceso de institucionalización de prácticas de calidad en el interior de una organización.

A continuación, describimos las características de las distintas fases de este modelo evolutivo Figura 1:



Fuente: Tolbert y Zucker, (1996:182)

FIGURA 1: modelo de Tolbert y Zucker

La primera etapa luego de introducida una innovación corresponde al proceso de pre-institucionalización y se denomina *Habituación,* en esta etapa surgen las primeras respuestas al cambio introducido en el sistema, la incipiente institución va cobrando legitimidad y se convierte en un recurso habitual para afrontar nuevas situaciones. En la organización, este proceso de habituación involucra la creación de nuevos arreglos estructurales y su posterior formalización.

La segunda etapa denominada *Objetivación,* o fase de semi institucionalización, es un movimiento hacia un estado más extendido y permanente que acompaña la difusión de la estructura. La tercer

y última fase se denomina de S*edimentación* y constituye una fase de consolidación, donde la institución se arraiga en la organización, independientemente de la perdurabilidad de las condiciones que facilitaron las etapas anteriores o la permanencia de los agentes.

Tolbert y Zucker (1996) no mencionan cuales pueden ser los factores que inciden en el proceso de institucionalización, aunque definen a su identificación como un elemento clave para analizar el proceso. Un aporte de este trabajo es la identificación de estos factores.

1.2 El entorno de las organizaciones

Al momento de identificar los factores que afectan a este proceso debemos tener en cuenta a las características propias de la filosofía de la calidad manifestada a través de los principios de la norma ISO 9001. Luego, se consideran factores internos tales como los valores, cultura, conocimientos y desempeño de la organización; y factores externos tales como entornos legales, tecnológicos, de competitividad, de mercado, culturales, sociales y económicos.

En el análisis de los factores externos adquiere relevancia el concepto de ambiente o entrono en el cual se encuentran inmersas las organizaciones. condicionan la utilización de ciertas prácticas organizativas, estos contextos son significativos para poder explicar la adopción y el grado de implantación de estas herramientas de gestión. Así las cosas, recurrimos al modelo conceptual de Scott (1998), que identifica dos tipos básicos de entorno: entornos institucionales o entornos técnicos, si bien estos dos tipos de entorno no se suelen dar de una manera pura y rígida, sino que constituyen de alguna manera dos características que se pueden combinar en cuanto a intensidad e influencia de una manera variable.

Tradicionalmente los enfoques más habituales acerca de la influencia del entorno sobre las organizaciones sostenían que éstas eran afectadas por sus posibilidades para acceder a un stock de recursos o en su defecto por sus posibilidades de acceso a información, entendidos ambos factores como dos “recursos” que generan un importante foco de dependencia para las organizaciones.

Con conceptos más recientes, los antropólogos y los psicólogos cognitivos han reparado especialmente en los factores cognitivos y culturales que condicionan las acciones de las organizaciones. Este reconocimiento de diferentes elementos que constituyen el denominado ambiente organizacional permitió de alguna manera ampliar el marco de conocimiento sobre las organizaciones; superando la un tanto restringida idea de considerarlos sistemas exclusivamente técnicos, para verlas también como sistemas humanos, políticos, sociales, y culturales. Por lo tanto, el impulso o el fracaso de determinadas prácticas tiene determinantes no exclusivamente técnicos, es decir no restringidos a las fuentes de insumos, los mercados de productos y los competidores. El entorno institucional y las presiones que este ejerce sobre las organizaciones se sienten en mayor medida en las organizaciones públicas dado que existe una fuerte dependencia de estas de la opinión de los ciudadanos para obtener legitimidad y recursos.

1.3 La cultura organizacional

En el presente trabajo partimos de la base de que una cultura orientada a los principios que promueve la calidad constituye un elemento necesario e indispensable para la implantación y consolidación en la organización de sistemas de gestión de la calidad.

La cultura en una organización es factible de ser adecuada mediante acciones de liderazgo de la alta dirección. Así, si la cultura dominante es aquella orientada a la calidad implica la existencia de una interpretación homogénea de lo que ésta representa en la organización, este significado compartido de la cultura hace que sea ésta un elemento poderoso para guiar y conformar el comportamiento de la gente en el sistema de gestión de la calidad (Robbins y Judge, 2017).

Habiendo establecido a la cultura organizativa orientada a la calidad como factor de análisis procedimos a establecer las variables que nos permitirían analizarla. Para ello recurrimos a los principios de la calidad: el enfoque al cliente, el liderazgo y la participación de las personas. Presentamos aquí como el liderazgo y la participación de las personas adquieren relevancia en el análisis del proceso de institucionalización de un sistema de gestión de la calidad.

2. Metodología

Para el estudio se ha optado por una metodología cualitativa como es el estudio de casos múltiples. El estudio de caso consiste en la exploración profunda y pormenorizada de un fenómeno contemporáneo en su contexto real de existencia (Yin R. 1984). Los interrogantes del tipo ¿Qué?, ¿Cómo? y ¿Por qué? Encuentran en esta metodología la herramienta apropiada para su satisfacción, siendo las respuestas a los mismos las teorías fundadas en los datos de casos que el investigador elabora. No son estas teorías generalizables ni tampoco es ésta la pretensión del

investigador. En cuanto a lo metodológico, el caso puede ser construido por el investigador en función de los datos que surgen de la misma investigación, o también puede ser derivado de constructos teóricos que aparecen en el estudio de acontecimientos similares. Así las unidades de análisis pueden ser organizaciones de carácter público o privadas, tipos de sujetos, documentos o el proceso de certificación ISO 9001 de una organización (Rut Vieytes, 2009).
Para la selección de casos tuvimos en cuenta los conceptos de Marradi et al. (2010), en primer lugar, el conjunto de los casos seleccionados no es considerado como una muestra estadística representativa de una población de donde se infieren generalizaciones. Luego, cada caso es estudiado y comprendido en su especificidad para luego proceder a la comparación entre ellos, dando lugar a la comprensión de una clase mayor de casos. En segundo lugar, la selección de los casos no es aleatoria, partiendo de la no equivalencia de estos, la selección se realiza basada en criterios teóricos, experiencias de observación, en función de la potencialidad para proveer una base empírica que permita comprender el fenómeno estudiado y finalmente de acuerdo con Stake (1995), de acuerdo con la accesibilidad o receptividad de las organizaciones a ser estudiadas.
Se realizaron entrevistas en profundidad semi estructuradas que se basaron en un cuestionario surgido de una conjunción de conceptos teóricos. Estas entrevistas fueron realizadas a personas directamente relacionadas con el sistema de gestión de calidad, ya sea en la decisión de implementar este sistema, de controlarlo o mantenerlo.

3. El caso de estudio: El Honorable Concejo Deliberante de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos.

El caso particular que nos atañe en este trabajo, el Honorable Concejo Deliberante (Legislativo, a partir de ahora HCD) de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos constituye una experiencia pionera en la implementación de prácticas de calidad iniciada en el año 2001 con la intención declarada de mejorar sus procedimientos de trabajo y la calidad de los servicios públicos, y así poder lograr una imagen de eficiencia y transparencia en la gestión con el objetivo de superar la conflictividad y el deterioro de la imagen social de las instituciones públicas durante la crisis del año 2001.
Así, la implementación de un sistema de gestión de calidad en el HCD ha sido principalmente una respuesta a presiones de tipo institucional, una búsqueda de transparencia en la gestión y de legitimidad social por sobre la búsqueda de eficiencia requerida por presiones del ambiente técnico.
Basados en el análisis de la literatura realizado, hemos considerado que una cultura organizativa que apoye al sistema de gestión de calidad debe fundarse en el liderazgo de la alta dirección y su compromiso con la calidad. Así, el soporte activo del sistema de gestión reside en la participación de la alta dirección en crear una conciencia de calidad en la organización, a la vez que integra la gestión de calidad en los valores, la visión, los planes y la estrategia de la organización; en forma clara, visible y consistente.
La implementación exitosa de un sistema de gestión de la calidad promueve un clima de trabajo caracterizado por la confianza, la colaboración y la cooperación, al tiempo que los empleados deben sentir que la organización los apoya en sus esfuerzos orientados a la calidad aumentando así su participación.
El liderazgo de la alta dirección y la participación de las personas han sido algunas de las variables elegidas para analizar la cultura organizacional, forman parte de la filosofía de la calidad y juegan un papel protagónico en el proceso de institucionalización del sistema de gestión.
Cabe aclarar aquí que el análisis se realiza sobre las acciones de la alta dirección, las que establecen las directrices de la política estratégica de la organización y aquellas que conforman la cultura organizacional. Esta cultura se conforma a través de acciones simbólicas que afectan la forma en que las personas entienden su propio comportamiento (Tushman y O´Reilly, 1998) es decir, que todas aquellas directivas que emanen de la alta dirección como traslados, reasignación de funciones y recursos, pautas de convivencia y otras decisiones similares, que se implementan en la organización afectan el comportamiento de las personas. La forma en que las personas perciben este cambio puede a su vez alterar la manera en que este se produce y hasta puede poner en peligro su éxito. Luego, el rol de la alta dirección consiste en implementar acciones para que el personal interprete las decisiones y los acontecimientos de forma de incrementar las posibilidades de éxito.

3.1 El liderazgo en el HCD

El estilo de liderazgo depende en gran medida de las características y disposición de los empleados de la organización. El análisis del liderazgo en la gestión pública requiere conocer entonces el comportamiento de las personas en este tipo de organización. En tal sentido para conducir el sistema de gestión de la calidad los dirigentes deben conocer estas particularidades y sumar a las habilidades técnicas ciertas habilidades sociales para poder liderar el cambio y resolver los diferentes problemas que se presentan en la organización, los cuales generalmente se encuentran en las relaciones entre las personas.
Hemos encontrado ciertas características distintivas de la administración pública como una alta centralización de la autoridad, una comunicación deficiente y una mala administración del personal que inciden notablemente en la cultura organizacional. Otro factor importante para tener en cuenta

es la naturaleza política de los cargos directivos que se renuevan periódicamente y son quienes conforman la alta dirección de la organización.
Hemos encontrado ciertas particularidades que resultan ser bastante comunes en la administración pública. En el caso de estudio, al momento de realizar las entrevistas, el HCD compartía edificio con la Municipalidad de San Nicolás y sus empleados se consideraban empleados municipales, si bien representan distintos poderes, el HCD depende para las compras y contrataciones, y la administración de su personal de las correspondientes dependencias municipales. Dentro de las particularidades podemos mencionar que el ingreso laboral a la municipalidad no requiere concurso ni demostración de aptitudes, las personas ingresan a trabajar por su pertenencia a redes sociales o políticas. Como consecuencia de esto, las personas mostrarán una buena disposición para trabajar mientas se mantenga el vínculo con el gobierno que los designó, ante cambios en el color político en la conducción de la municipalidad o el HCD, quienes pertenezcan a la planta estable pueden cambiar la actitud mostrando cierta reticencia a la nueva gestión. Este fenómeno es correspondido desde las autoridades, quienes no confían en quienes vienen de la gestión anterior, relegándolos en muchos casos a puestos de menor jerarquía, menor salario o incluso trasladándolos a lugares donde se sientan incómodos para forzar su renuncia. En este último punto hay que aclarar que el empleado público en argentina no puede ser despedido sin causa dado que cuenta con estabilidad laboral, el despido se produce entonces luego de un juicio sumario el cual suele darse en muy pocas oportunidades.
Si bien entrevistamos al responsable de calidad del sistema y a quien fuera presidente y decisor de implementar un sistema de gestión de calidad, hemos tenido charlas informales con los empleados quienes nos han manifestado estas particularidades. El HCD poseía una estructura fuertemente verticalista donde se hacía valer la jerarquía que usualmente era temporal, dando lugar a casos de empleados que cumplían funciones menores y que en otras gestiones habían sido personal jerárquico. La categoría dentro del escalafón que poseía el trabajador no se perdía, pero sí podían ser desplazados de su lugar de trabajo a cualquier otra repartición e incluso a realizar tareas donde estuviera sobrecalificado. El sueldo es extremadamente bajo y las diferencias se hacen mediante bonificaciones especiales (que se otorgan discrecionalmente por decreto y se retiran de igual manera) y horas extras, otro elemento de cooptación de voluntades.
Habíamos leído sobre estilos de liderazgo, pero aquí confirmábamos que no se buscaba un estilo en particular, sino que quien conducía buscaba la forma de liderar al equipo de trabajo, que en este caso era un tanto difícil, generalmente de una forma autoritaria. Parecía natural que en ese contexto de desconfianza y resquemor así lo fuese. En lo concerniente al sistema de gestión de calidad, fue visto como un elemento de control de las tareas y del personal por dirigentes y dirigidos:
"…ahora con la implementación ya el control es más estricto porque el director no es el único que controla si no el jefe de la división controla al empleado y aparte estoy yo que soy el auditor y estoy controlando continuamente, o sea como auditor y como representante de calidad estoy siempre dando vueltas por los sectores y controlando, viendo si se cumplen los procedimientos instructivos tal cual están. Entonces se generó mucho más control, por eso lo vinculo mucho al sistema de calidad con el tema de control."
Resulta llamativo el nivel de convencimiento de quienes son encargados de mantener el sistema de gestión de la calidad sobre la utilización de este como elemento de control, el responsable de calidad no ha mencionado las ventajas de trabajar con procesos definidos y documentados, de mejorar el clima laboral, ni de ninguna de los beneficios del sistema; la idea de control de personas y procedimientos fue el primer pensamiento expresado.
En este clima ciertas medidas suelen ser vistas como un desafío a la autoridad, en su función de auditor interno, el responsable de calidad aplicó una no conformidad a la alta dirección lo que generó una reacción de esta que, aunque desmedida resulta típica del ámbito público:
"…entonces en ese momento el presidente que estaba se enojó mucho conmigo y hubo una especie de persecución, me quitaron todo lo que podían quitarme. A todo esto, él decidió traer a una consultora externa, porque suponía que lo que estaba haciendo estaba mal..."
Nos hemos referido con anterioridad a este tipo de situaciones, a la pérdida de ciertos "privilegios" que se otorgan discrecionalmente y que también se utilizan como método de coerción como las horas extras, bonificaciones, alguna comodidad en el lugar de trabajo, o pequeños beneficios adquiridos. La presunción de que el responsable de calidad realizaba mal su trabajo se basa en que no puede nunca un empleado incomodar a los funcionarios.
"Cuando vino la ingeniera, hizo una auditoría interna y lo mismo que encontré yo encontró ella, entonces la ingeniera hablo conmigo y me dijo que el problema es que la dirección no toma las acciones que tiene que tomar, y ahí se generó todo eso."
Nuestro entrevistado pudo salir airoso de la situación al poder demostrar por terceros a la organización que sus resultados eran correctos. Esta situación les permitió a los legisladores comprender el rol del sistema de gestión de la calidad y el del responsable de calidad, para evitar situaciones de conflicto a futuro se le dio al auditor una cobertura de protección pasando a depender del cuerpo legislativo:

"Después a partir de ahí se designó al auditor externo por decreto del cuerpo, es decir, la función mía no me la da el presidente, si no el cuerpo legislativo, o sea yo no respondo al presidente si no al cuerpo legislativo. De esa manera pusimos en cubierto a la figura del auditor para que el presidente no pueda contra él porque si no iba a seguir pasando lo que pasó. A partir de ahí ese problema no lo tuvimos más."

De esta forma, el responsable de calidad adquiría estabilidad e independencia de los cambios de presidente del HCD. El ejercicio de la autoridad era compartido por la alta dirección y el responsable de calidad, pero las metas eran establecidas por la presidencia, aunque explicadas deficitariamente y sin motivar al personal. Las decisiones importantes para el sistema de gestión como la atención de las necesidades de personal, el presupuesto, el establecimiento de una visión clara de futuro del HCD y el reconocimiento de las personas entre otras, son potestad de la alta dirección. Sin perder liderazgo el presidente en ejercicio buscaba asesoramiento y apoyo en el responsable de calidad, el personal político no necesariamente debía conocer sobre la gestión de calidad lo cual le daba una mayor importancia al cargo y a la persona responsable de calidad, quien de esta manera ganaba liderazgo y aseguraba su supervivencia en la organización.

"…cuando cambia la dirección, como ha pasado, lo primero que hacen, me llaman a mí, o sea el presidente cuando entra llama al director legislativo, a los jefes de las divisiones y se reúne con ellos para proponer el trabajo que va a hacer durante su gestión, o parte del trabajo, como lo va a iniciar, y después me llama a mi para saber cómo estamos, que lo asesore con el tema de calidad, que es lo que tenemos, que objetivos tenemos. Hasta ahora los presidentes que me han tocado, y me han tocado algunos bravos, siempre me han llamado para consultarme, no me impusieron que tenía que hacer yo, me preguntaban si estaba de acuerdo en algunas cuestiones."

En este sentido el presupuesto y la atención de las necesidades mínimas de las personas está logrado por la alta dirección, por otro lado, no hemos visto el establecimiento y comunicación de una visión clara de futuro. Las metas, que no son desafiantes, son comunicadas al responsable de calidad y a la jefatura intermedia, si bien no son claramente explicadas al personal este las comprende y logra los resultados.

La idea de ética y transparencia en el HCD está centrada en la trazabilidad de la documentación que brinda el sistema de gestión de calidad y en el acceso a la información por parte de la ciudadanía a través de un número telefónico gratuito y la página web del organismo.

El estilo de liderazgo de la alta dirección no establece confianza en el personal, la amenaza de represalias frente a acciones del personal consideradas como no procedentes inspira temor en la planta de empleados quienes no reciben reconocimiento por sus tareas, éstas deben ser realizadas "porque para eso les pagan".

La asignación de recursos se limita a las necesidades de insumos para el normal funcionamiento del organismo y de la planta de empleados a quienes sí se capacita en diferentes áreas incluyendo temas de calidad y atención al público.

Luego del análisis de las entrevistas reflexionamos sobre algunas cuestiones que surgieron durante el transcurso de este proceso. Hemos remarcado que la implementación de prácticas de calidad en las organizaciones conlleva la realización de importantes cambios en estas, requiere cambiar la forma de hacer las cosas, un cambio cultural. Es aquí donde la alta dirección adquiere un papel protagónico: debe liderar ese cambio mediante decisiones y acciones estratégicas. Suele ocurrir en la mayoría de los casos que las organizaciones designen a un responsable de calidad en quien delegar ciertas funciones y que depende directamente de la alta dirección; en aquellos casos que hayan implementado un sistema de gestión de la calidad previo al año 2015 tienen un responsable de calidad porque así lo exigía la versión anterior de la norma ISO 9001. Entonces esto que anteriormente era un requisito hoy es una decisión de la alta dirección que puede estar basada en el aporte de los directores de calidad quienes tienen una experiencia funcional que les posibilita identificar prioridades estratégicas de la organización desde una mirada más técnica, cercana a la parte operativa.

Pudimos observar tal como se plantea en la literatura, una diferenciación entre la política y la administración y sus ámbitos de actuación que implica la coexistencia de dos tipos de agentes y dos tipos de liderazgo, en este caso los políticos y los profesionales de la administración. Mientras los primeros formulan políticas públicas los segundos son los encargados de su ejecución. Hemos podido asociar en ambos casos al liderazgo como una idea de autoridad que supervisa y controla, es decir que el liderazgo se concibe asociado al poder formal del aparato administrativo público. En lo que respecta al sistema de gestión de la calidad, el interés de los responsables de su liderazgo estaba centrado básicamente en el sostenimiento de la certificación para lo cual debían cumplir los objetivos de calidad fijados y satisfacer a unos pocas personas que tenían interés en el desempeño del HCD. Se atendían aquellos problemas u oportunidades que pudieran surgir en las auditorias y que significasen un riesgo para la certificación. Los objetivos y estrategias para lograrlos eran fijados por la alta dirección en algunos casos en forma conjunta con el responsable de calidad y eran comunicados en forma vertical respetando las jerarquías. Cabe destacar que el sistema de gestión de calidad otorga mayor legitimidad a la alta dirección que al personal.

Suelen comunicarse en forma efectiva los objetivos de calidad, aunque no siempre los objetivos particulares de la alta dirección. No se transmite una visión a los empleados, si existe solo es conocida por el poder político. Las personas requieren que la alta dirección implemente acciones que los integre y que agrupe sus esfuerzos en torno a los objetivos de la organización, algo que no sucede. Si bien no existe evidencia de tareas de socialización direccionadas por las autoridades ocurren acciones informales que refuerzan las relaciones del grupo de empleados o de gran parte de este; estas son reuniones fuera del ambiente laboral donde se realizan reuniones, celebraciones de cumpleaños o salidas.

3.2 La participación de las personas

La idea de compromiso basada en el análisis de la literatura era básicamente la de un vínculo entre los individuos y la organización, el cual está compuesto por las percepciones que éstos tienen de su apego a la organización y los costos asociados a dejarla. El involucramiento con su trabajo y el nivel de satisfacción que este les genera son consecuencias de estas percepciones y a su vez, se realimentan entre sí. Es decir, el trabajador se involucrará más con su trabajo en la medida que se sienta valorado, reconocido, que el clima laboral sea bueno, que comprenda la importancia de su aporte a la organización; de esta manera sentirá mayor satisfacción de realizarlo y crecerá su participación.

Analizamos anteriormente las acciones de liderazgo que permitían establecer una unidad de propósito y orientaban la organización fomentando la consecución de sus objetivos de calidad. En este apartado analizamos las acciones de liderazgo para crear y mantener un ambiente interno en el cual el personal pueda involucrarse en el logro de estos objetivos. Estas acciones de acuerdo con la literatura deben lograr que las personas se identifiquen con la organización, que comprendan su contribución con la misma y se sientan reconocidos, que compartan su conocimiento y trabajen en equipo, entre otras. La importancia de generar un alto grado de compromiso se destaca en la familia de normas con las cuales trabajamos y la literatura académica, existe una coincidencia en remarcar que las personas competentes y comprometidas permiten gestionar de manera eficaz y eficiente a la organización, al mismo tiempo con respecto al sistema de gestión de calidad, mejora la comprensión y el logro de los objetivos de calidad. Las personas comprometidas tienen una mayor participación en las actividades de mejora, aumenta la iniciativa y creatividad, tienen un mayor grado de confianza y colaboración lo cual impacta en el desarrollo de valores compartidos y en la cultura de la organización. A su vez los empleados altamente calificados y comprometidos con la organización pueden hacerse cargo de sus tareas en forma autónoma y autocontrolada dado que conocen la importancia y el valor de integrar sus metas personales con las de la organización.

Dado que el compromiso organizacional depende en parte de como los empleados socializan en su entorno laboral al realizar las entrevistas prestamos atención al ambiente de trabajo y las dimensiones de la calidad de vida laboral.

Lo primero que pudimos notar al recorrer las instalaciones era una condición de trabajo un tanto incómoda, de igual modo que en el resto de las dependencias municipales en el HCD que compartía edificio, las habitaciones eran de gran tamaño con techos altos y de difícil aclimatación. Las divisiones internas en la mayoría de los casos estaban construidas con armarios algunos de madera y otros de metal, pero todos distintos, esta especie de construcción precaria de oficinas formaba un laberinto difícil de transitar para quien no estaba familiarizado. Los empleados trabajaban hacinados en estos pequeños cubículos, pegados escritorios con escritorios o compartiendo mesas grandes.

Encontramos algunas cuestiones interesantes, su percepción del lugar de trabajo no era buena para algunos trabajar allí se parecía más a un castigo; recordamos aquí el concepto de relevancia social y pocos sentían orgullo de trabajar tanto en la municipalidad como en el HCD. Nos explicaron que la gente “de afuera” refiriéndose al resto de los ciudadanos, pensaba que eran vagos (típicos empleados públicos estereotipados por programas humorísticos de televisión) y bien pagados. La realidad era muy distinta los sueldos muy magros obligaban a tener dos empleos, y si bien algunos empleados que gozaban de ciertos privilegios se esforzaban poco, el resto debía suplir el desbalance. Dos frases graciosas en la charla resultaron muy gráficas:

“La mitad de los de adentro queremos salir y la mitad de los de afuera quiere entrar”

La frase hace referencia a que muchos empleados quieren dejar su trabajo en búsqueda de una mejor retribución, mayor reconocimiento o posibilidades de desarrollo personal o profesional.

En este clima laboral las relaciones interpersonales no eran fáciles, se producían roces entre las personas que pertenecían al oficialismo y el resto tal vez con mayor facilidad que entre el personal de planta permanente. Así el compromiso de las personas se manifestaba para con sus jefes en lugar de comprometerse con la organización, las personas respondían a quien las trataba bien, con consideración o les concedía pequeños favores. Así, los pequeños beneficios que podían recibir de sus jefes generaban un lazo que era respetado. Entre el personal era un poco distinto, se formaban camarillas que dificultaban la relación laboral y tornaban muy difícil el trabajo en equipo. El responsable de calidad nos dijo:

“Yo no sé si es en el ámbito de la administración pública, acá es muy difícil el trabajo en equipo, si se podría implementar el trabajo en equipo tendríamos mucho mejores resultados, es más cuando acá se empezó a implementar era cada cual por su lado.”

"…Pero lo que nunca logramos es que trabajaran como equipo."
Las charlas de sensibilización y el uso cotidiano fueron fundamentales para que la gente deje de ver al sistema como una amenaza, gradualmente fueron incorporando el vocabulario y las rutinas de trabajo; el sistema de gestión de la calidad delimitaba funciones y responsabilidades. Así lo contaba el responsable de calidad:
"Con el tema del personal diría que en línea general hay un compromiso con el sistema de calidad, tenemos aún un par de colgados, que en las empresas también pasa eso, pero en general diría que en un 80% el personal está comprometido, porque lo vemos hasta en las auditorías externas, cuando viene IRAM el personal está siempre dispuesto, no tiene ningún problema si se tiene que quedar para contestar, acá se trabaja hasta las trece, si se tienen que quedar hasta las cinco de la tarde se quedan, no tienen problemas para ser auditados, aparte vemos el entusiasmo también, una auditoría para ellos de IRAM no es como un castigo que se viene, ya están todos preparados, esperando a ver qué es lo que puede preguntar el auditor, o sea ya andan unos días antes dando vueltas juntando todo entusiasmados para demostrar lo que ellos hacen."
Es interesante que el responsable de calidad remarque el compromiso de las personas, la participación aún fuera del horario de trabajo y sin cobrar horas extras es un gran logro, sobre todo en un clima laboral donde la gente retacea su participación. Esta situación particular podría asociarse por un lado al miedo de perder la certificación y que existan represalias y en contraparte a algún grado de compromiso con la gestión política de turno o con los superiores. En algunas ocasiones el presidente del HCD de turno se muestra interesado en el tema de calidad y asume el liderazgo junto con el responsable de calidad, esta demostración de compromiso confiere mayor credibilidad para el resto de los empleados.
Hemos notado que se realiza en forma un tanto básica la identificación de las competencias de las personas y la formación del personal, que se circunscribe a necesidades puntuales del personal administrativo para su tarea cotidiana como el uso de hojas de cálculo y herramientas informáticas similares. El personal que se encuentra en atención al público ha recibido capacitaciones para mejorar el trato y resolver ciertas complejidades propias del ambiente.
La alta dirección asigna tareas básicas definiendo quien ocupa cada puesto de trabajo, al cambiar de color político o de dirigentes suelen ocurrir algunas modificaciones en la plantilla que está a cargo de los procesos administrativos del HCD. En este sentido el sistema de gestión de calidad ha aportado un cierto orden:
"…especificar los puestos del personal, armar un organigrama que no teníamos, o sea éramos todos polifuncionales acá. Un día estábamos acá y otro día allá."
"...nadie sabía lo que tenía que hacer…"
"Con el manual de calidad vino el organigrama y las funciones de cada uno."
En cuanto al responsable de calidad podemos afirmar que existe un alto grado de compromiso, sobre él la alta dirección delega la responsabilidad de controlar y mantener el sistema funcionando. La estabilidad que ha adquirido en el cargo al haber sido designado por ordenanza municipal y su formación continua le han permitido crecer en experiencia, conocimiento y le confieren un cierto estatus dentro de la organización; esto refuerza su rol y su compromiso.
No existe en la organización un plan global de capacitación, no se procura el aumento de la empleabilidad de los trabajadores ni se identifican sus competencias, las capacitaciones son las mínimas y necesarias para sostener al sistema de gestión de la calidad. Se definen y comunican tareas básicas, el liderazgo reactivo de la alta dirección se limita a asignar tareas básicas con instrucciones descendentes; en particular en lo referente al sistema de gestión suele delegar su liderazgo en el responsable de calidad.

4. Conclusiones

La información relevada nos ha confirmado que, en los entornos de naturaleza fuertemente institucional, de naturaleza política y con fuerte sustrato de culturas organizacionales burocráticas las acciones de liderazgo y el involucramiento de las personas reviste mayor complejidad.
La implementación y posterior certificación de un Sistema de Gestión de la Calidad en el HCD de la ciudad de San Nicolás de los Arroyos, ha sido una experiencia parcialmente exitosa y refleja las tensiones entre las fuerzas institucionales que pueden inducir un cambio y la búsqueda de eficiencia y mejora de procesos asociados a la naturaleza técnica de carácter complejo de las organizaciones públicas.
Las acciones de liderazgo se remiten al estilo personal de conducción que posean las autoridades de turno, mayormente de tipo autoritario y sin interés en el trabajo conjunto con el personal de planta permanente. En estas condiciones el involucramiento del personal se encuentra limitado al personal que simpatiza con la ideología política de turno o a aquellos que pudieran recibir algún tipo de beneficio.

6. REFERENCIAS

Arnoletto, E. (2020) https://leyderecho.org/institucionalizacion/

Marradi A, Archenti N, Piovani J.; (2010). “Metodología de las ciencias sociales”. Buenos Aires, Cengage Learning.
Robbins, S. y Judge, T. 2009. “Comportamiento organizacional” Prentice Hall. ISBN 978-607-442-098-2.
Scott, W. 1998. Organizations: Rational, Natural and Open Systems. Canadian Journal of Sociology / Cahiers canadiens de sociologie · January 1998
Stake, R. (1995) “The art of study case research” by Sage Publications, Inc.
Tolbert, P. S. & Zucker, L. G. (1996). The institutionalization of institutional theory [Electronic version]. In S. Clegg, C. Hardy and W. Nord (Eds.), Handbook of organization studies (pp. 175-190). London: SAGE.
Tushman, M. y O´Reilly III, C. 1998. “Innovación, cómo alcanzar el liderazgo organizacional a través de la renovación y el cambio”. Prentice Hall ISBN 0-87584-579-7.
Vieytes, Rut. (2009) en Aldo Merlino, Coordinador: “Campos de aplicación y decisiones de diseño en la investigación cualitativa; Investigación cualitativa en ciencias sociales, temas, problemas y aplicaciones”. Cap. 2. Buenos Aires. Cengage Learning.
Yin R. 2011. “Qualitative Research from Start to Finish” The Guilford Press ISBN 978-1-60623-977-3

Satisfacción con el trabajo y la reducción de los costos de la no calidad. El Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo en el contexto de pos pandemia

Anzoise, Esteban; Medici, Roberto M.; Scaraffia, Cristina A.; Cuenca, Julio H.

Instituto de Gestión Universitaria – Grupo IEMI
Facultad Regional Mendoza, UTN
Rodríguez 273, Ciudad (5500) Mendoza
esteban.anzoise@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) a través del Índice de Desempeño Industrial Competitivo (CIP) muestra que el proceso de industrialización está directamente relacionado con una mejor calidad de vida. Entre 1996 y 2020, Argentina cayó del puesto 35 al 57 entre los países industrializados y su valor CIP disminuyó un 50,5%. Dado que la productividad es uno de los componentes del CIP, este trabajo identifica diversos factores que permiten aumentar su valor desde la perspectiva del Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por Yoshio Kondo. Este modelo establece la relación entre objetivos claros y desafiantes, factores motivacionales, productividad y costos de no calidad. La investigación incluye análisis en campo, así como estudios longitudinales de satisfacción de la fuerza laboral en Argentina entre 2016-2022. Como primera conclusión, el Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo validado en el contexto cultural de Argentina, muestra el impacto positivo de la mejora en el establecimiento de objetivos claros y desafiantes en el nivel de satisfacción tanto general (34%) como en el trabajo. También el modelo muestra el lado humano de la calidad al enfatizar que ésta se halla más relacionada con la naturaleza humana que con los métodos e indicadores. El incremento en la satisfacción en el trabajo y la satisfacción general de la fuerza laboral reduce los costos de la no calidad (14%) lo que lleva al incremento en la productividad. Finalmente, en términos de los aportes al área del Capital Humano, sus resultados no solo validan la Teoría del Establecimiento de Objetivos Claros y Desafiantes y la de Auto Eficiencia, sino que amplían el modelo del Ciclo de Alto Rendimiento planteado por Kondo. Al postular la presencia de variables adicionales futuras investigaciones permitirán mejorar y adaptar el valor predictivo del modelo a diferentes contextos organizacionales en Argentina.

Palabras Claves: costos de calidad, satisfacción, factores motivadores, ciclo de alto rendimiento, Yoshio Kondo, teoría del capital humano, objetivos de desarrollo sustentable

ABSTRACT

The United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) demonstrates, through the Competitive Industrial Performance Index (CIP), that the industrialization process is directly related to a better quality of life. Between 1996 and 2020, Argentina fell from 35th to 57th place among industrialized countries, and its CIP score dropped by 50.5%. Since productivity is one of the components of CIP, this paper identify several factors that increase the value of CIP from the perspective of the High-Performance Cycle proposed by Yoshio Kondo. This model establishes the relationship between clear and challenging objectives, motivational factors, productivity, and non-quality costs. The research includes both field analysis and longitudinal studies of employee satisfaction in Argentina between 2016 and 2022. A first conclusion is that Kondo's High-Performance Cycle, validated in the cultural context of Argentina, shows the positive impact of improved explicit and challenging goal setting on both overall levels (34%) and job satisfaction. The model also shows the human side of quality, highlighting that quality has more to do with human nature than with methods and indicators. The cost of non-quality reduction (14%) leads to higher productivity, higher job satisfaction and overall worker satisfaction. Finally, in terms of contributions to the field of human capital, the results not only confirm the Goal-Setting and Self-efficacy theories, but also extend the High-Performance Cycle model proposed by Kondo. Postulating the presence of additional variables following research would allow improving and adapting the predictive value of the model to different organizational contexts in Argentina.

Keywords: quality costs, satisfaction, motivation factors, High-Performance Cycle, Yoshio Kondo, human capital theory, sustainable development goals

1. INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) a través del Índice de Desempeño Industrial Competitivo [Competitive Industrial Performance (CIP)] muestra que el proceso de industrialización está directamente relacionado con una mejor calidad de vida [1, 2]. El CIP se construye a partir de ocho indicadores que reflejan tres dimensiones: 1) la capacidad de producir y exportar bienes manufacturados, 2) el grado de la profundización y la modernización tecnológica, y 3) el impacto en el mercado mundial. Este índice permite comparar la competitividad industrial entre 150 países que aportan el 99% de las exportaciones industriales y la generación del Valor Agregado Manufacturero [Manufacturing Value Added (MVA)] a nivel global [3].

El incremento de la competitividad industrial contribuye a la prosperidad general de un país al incrementar su capacidad para producir bienes manufacturados, intercambiar esos bienes en los mercados mundiales y de especializarse en procesos de producción complejos [4]. En términos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, impulsada por todos los países miembros de las Naciones Unidas, el incremento en el CIP contribuye al logro del Objetivo de Desarrollo Sustentable (ODS) 9 – Industria, innovación e infraestructura que busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. [5]. A su vez, el logro del ODS 9 está vinculada al cumplimiento de los demás objetivos y metas de la Agenda 2030. La industrialización inclusiva y sostenible "impulsa el crecimiento económico sostenido y la creación de trabajo decente (ODS 8); contribuye a reducir la pobreza (ODS 1) el hambre (ODS 2) y las desigualdades (ODS 5 y 10), al tiempo que mejora la salud y el bienestar (ODS 3), aumentando la eficiencia de los recursos y de la energía (ODS 6, 7, 11, 12) y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones contaminantes, incluidas las de productos químicos (ODS 13, 14, 15)" [3, p. 8].

En el contexto de la pandemia causada por COVID-19, las economías industrializadas han sufrido una pérdida en su producción industrial promedio del 3,9% mientras que las economías en desarrollo y emergentes exhiben una pérdida promedio de 7,7% [6]. En la actualidad son sólo 63 las economías en el mundo clasificadas como industrializadas, cifra que representa menos del 20% de la población mundial y abarca la producción de más de la mitad de los bienes manufacturados del mundo. Entre 1996 y 2020, Argentina cayó del puesto 35 al 57 entre los países industrializados y su valor CIP disminuyó un 50,5% [7, 8].

La productividad definida en términos económicos como "la eficiencia con que los insumos de producción, como el trabajo y el capital, se utilizan en una economía para producir un nivel dado de producción" [9] se considera una fuente clave de crecimiento económico y competitividad de las naciones tal como lo expresa Paul Krugman (1997) "la productividad no lo es todo, pero a la larga es casi todo. La capacidad de un país para mejorar su nivel de vida a lo largo del tiempo depende casi por completo de su capacidad para aumentar su producción por hora-hombre" [10, p. 12]. Diversos estudios longitudinales muestran que el crecimiento de la productividad es importante para el bienestar de un país dado su impacto significativo en los ingresos, la creación de nuevos puestos de trabajo y la disminución del desempleo y en diversas dimensiones no materiales como la salud de las personas [11-13].

En particular, la productividad laboral representa el volumen total de producción (medido en términos de Producto Interior Bruto, PIB) producido por unidad de trabajo (medido en términos de número de personas empleadas u horas trabajadas) durante un periodo de referencia temporal determinado. El indicador permite a los usuarios de los datos evaluar los niveles y las tasas de crecimiento de la relación entre el PIB y la mano de obra a lo largo del tiempo, proporcionando así información general sobre la eficiencia y la calidad del capital humano en el proceso de producción para un contexto económico y social determinado, incluidos otros insumos complementarios e innovaciones utilizados en la producción. Si se considera el periodo 2010 – 2021 en términos de productividad por trabajador (expresada en PBI a dolares contantes internacionales a 2017 utilizando la tasa de paridad de poder de compra), mientras a escala global se incrementa 24,7%, en Latino América se incrementa 0,01% y en Argentina cae 9,5% [14]. El análisis de la fuerza laboral en Argentina muestra que en el período 2016 – 2022 el nivel de Satisfacción General promedio oscila alrededor del 73% [15-18] con una disminución de 4,5 puntos respecto del nivel de satisfacción en el año 2020 (79,1%) [19]. Dada la correlación positiva entre Satisfacción en el Trabajo y Productividad, la identificación de factores de motivación que permitan incrementar la satisfacción en el trabajo permitiría reorientar las decisiones organizacionales para poder incrementar el nivel de productividad. La novedad de este estudio es el análisis desde el enfoque del Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por el Dr. Yoshio Kondo que guía la identificación de mecanismos concretos de mejora del nivel de productividad.

1.1. Relación entre productividad y satisfacción con el trabajo.

La Escuela Científica o Clásica, surgida a partir de los trabajos pioneros de Frederick Winslow Taylor, Max Weber y Henri Fayol, se caracteriza por su foco en los métodos de producción y la búsqueda de principios universales para administrar una organización [20]. Este enfoque implica la búsqueda de la forma correcta y por lo tanto única que podía aplicarse en todo tipo de organización y por ende en todo tipo de situación. La Experiencia de Hawthorne (1924-1933) mostró que la productividad de los empleados no solo es función de los métodos de producción, las condiciones de trabajo o el salario asignado, sino que depende principalmente de la satisfacción de los empleados con su puesto de trabajo. La creación de un ambiente de trabajo en equipo entre supervisores y trabajadores y el establecimiento de un propósito común amplía el nivel de satisfacción y por ende la moral de los empleados lo que redunda en un mayor nivel de satisfacción y un incremento de la productividad [21]. El trabajo pionero de Elton Mayo, profesor of Gestión Industrial en Harvard Business School, y Fritz J. Roethlisberger en la planta industrial de Western Electric Hawthorne Works ubicada en Cicero, Illinois, USA sentó las bases para el surgimiento de la Escuela de Relaciones Humanas en el campo de la administración [21]. Desde esta perspectiva, diversos autores desarrollan y expanden el concepto de motivación y su relación con la satisfacción laboral [22]. El enfoque de la Jerarquía de las Necesidades formulada por Maslow [23], la identificación de los Factores Motivadores e Higiénicos por Herzberg [24] y la variante de la misma propuesta por Alderfer sientan las bases para las Teorías Motivacionales de Contenido. En forma concurrente surgen las Teorías de la Motivación como un Proceso a partir del enfoque de las expectativas desarrollado por Lewin y Tolman, la Teoría de la Valencia y las Expectativas propuesta por Vroom [25], la Teoría de la Satisfacción y el Rendimiento de Porter y Lawler y la Teoría del Establecimiento de Metas y Rendimiento de las Tareas propuesta por Latham y Locke [26]. El Modelo Integrado de Motivación (figura 1) conecta las diversas teorías y muestra la complejidad del proceso de motivación y la ausencia de un proceso lineal que permita conectar los factores de motivación con la satisfacción del individuo [27].

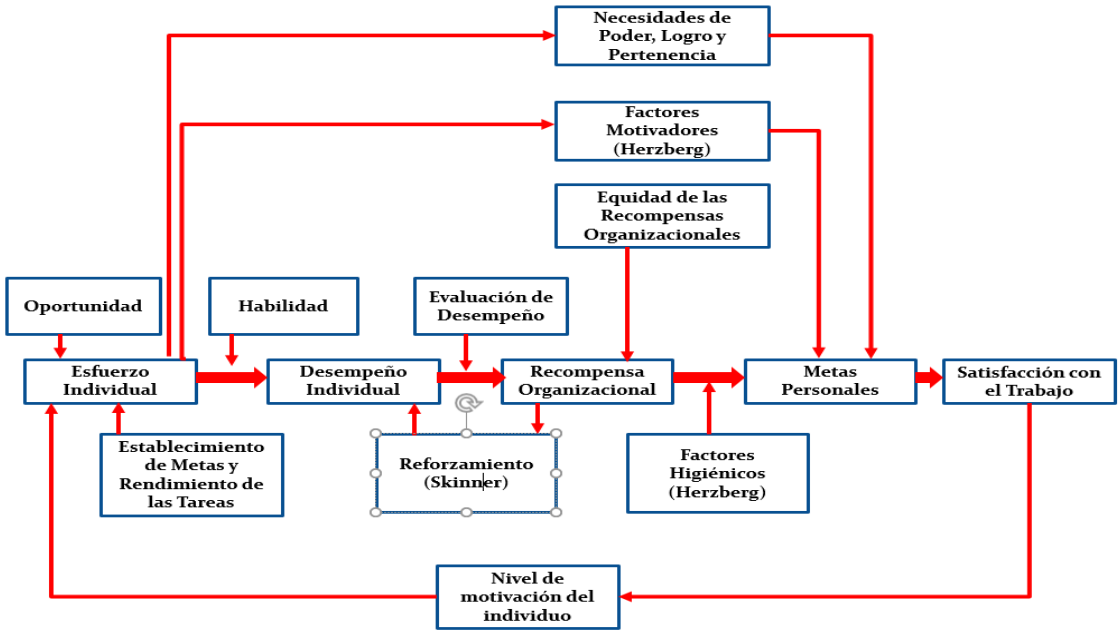


Figura 1 Modelo Integrado de Motivación.

Las mediciones actuales de la satisfacción en el trabajo de la fuerza laboral a nivel global y en Argentina, conectan diversos factores de motivación, principalmente desde la Teoría de los Dos Factores de Herzberg, tales como trabajo interesante y oportunidades de desarrollo profesional (Factores motivadores o Satisfactores) y reputación de la organización; buena situación financiera; responsabilidad social; ambiente de trabajo agradable; equilibrio vida familiar & profesional; uso de las tecnologías más recientes; salario & beneficios atractivos y seguridad laboral [28-30] con el nivel de satisfacción de la fuerza laboral. En el período 2014-2021, diversos estudios muestran en Argentina la persistencia longitudinal de la brecha entre los factores de motivación considerados prioritarios por la fuerza laboral (ambiente de trabajo agradable; salario y beneficios atractivos y oportunidades de desarrollo profesional) y los priorizados por las organizaciones (buena situación

financiera; muy buena reputación y seguridad laboral) [31, 32]. De igual forma muestran un valor creciente de stress en el periodo 2014-2019 (21%) alcanzando un incremento al 2021 del 33% respecto de 2014 [30]. Siguiendo el Modelo Integrado de Motivación, resulta lógico que el análisis de la fuerza laboral en Argentina en el período 2016 – 2022 muestre que el nivel de Satisfacción General promedio oscile alrededor del 73% [15-18] con una disminución de 4,5 puntos respecto del nivel de satisfacción en el año 2020 (79,1%) [19]. Dado que las organizaciones deben alcanzar objetivos en un determinado periodo con siempre escasos y limitados recursos, el concepto de productividad surge como un indicador asociado a la mayoría sino todos los procesos organizacionales.

1.2. La reducción de los Costos de la Calidad como factor de mejora de la productividad

La experiencia organizacional global en el periodo 1955-2021 muestra que el factor de cambio organizacional centrado en el enfoque de calidad total es el principal impulsor del incremento de la productividad laboral. La perspectiva de calidad de Joseph Juran (1904- 2008) y William Deming (1900 – 1993) orientó el establecimiento de la misma en Japón como ventaja competitiva en la década de los 70s y 80s. Este enfoque también guió el posterior desarrollo americano y europeo de la Gestión Total de Calidad [Total Quality Management (TQM)] que surge en los 80s [33]. En los países de la OECD, en el periodo 1960-1990, la tasa de crecimiento de la productividad siempre ha mostrado una brecha entre el ratio de crecimiento en el sector industrial y el ratio en el sector de servicios. Entre las razones de dicha brecha puede señalarse la dificultad de medir adecuadamente la salida de los procesos basados en servicios y/o sus entradas para poder determinar adecuadamente el nivel de productividad y en la lentitud del sector de servicios de incorporar tecnología que mejore sus procesos y por ende su nivel de productividad [34, 35].

Desde 1990s, numerosos estudios muestran la correlación positiva entre Satisfacción en el Trabajo y Productividad al tratar de establecer el impacto de la Gestión Total de Calidad (Total Quality Management (TQM)) en diversos aspectos organizacionales tanto en organizaciones privadas como estatales en países altamente industrializados. Desde el punto de vista de la investigación de la gestión contable y su relación con los sistemas de control de gestión [36-39] y la gestión moderna de las operaciones o procesos industriales[40-44] existe una amplia variedad de trabajos que permitan correlacionar el nivel de motivación y satisfacción en el trabajo creado por objetivos específicos y los costos de la no calidad, y por ende la productividad, en empresas que han implementado TQM en distintos contextos culturales tales como el norteamericano [37, 42, 45-47], el asiático[37, 42, 45, 46] y el europeo [37]. En la segunda década del siglo XXI, en Argentina solo un mínimo número de organizaciones ha iniciado el camino de la calidad para poder establecer una ventaja competitiva y sobrevivir en un contexto altamente competitivo [48]. En el contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en Argentina, la implementación de sistemas de gestión de calidad, así como la identificación y reducción de los costos de la calidad no figuran como prioritarios en sus objetivos [49-51]. Sin embargo, existe una ausencia de estudios sistemáticos en Argentina de la relación entre productividad y el nivel de satisfacción de la fuerza laboral.

2. EL CICLO DE ALTO RENDIMIENTO DE YOSHIO KONDO.

El Profesor Yoshio Kondo, en su libro "*Human Motivation, A Key Factor for Management*" propone un modelo de motivación que muestra la correlación positiva entre la Satisfacción en el Trabajo y el incremento de la Productividad a través de la reducción de los costos de la no calidad. Desde su punto de vista, la satisfacción en el trabajo de los recursos humanos es condición indispensable para garantizar el mejoramiento de la calidad, la reducción de sus costos y por ende una mayor productividad [52]. En línea con el pensamiento de James O'Toole, muestra también su desacuerdo con el enfoque predominante de relacionar estrechamente el trabajo con únicamente la compensación monetaria y soporta la definición del trabajo como "una actividad que produce algo de valor para otras personas" [53, p. 2]. Por lo que parte de la calidad de vida es la calidad del trabajo y la nueva necesidad por satisfacción en el trabajo es el factor clave de la calidad del trabajo. Kondo (1991) refuerza estas ideas desde la perspectiva del Dr. Eizaburo Nishibori, uno de los pioneros en las técnicas estadísticas de Control de la Calidad de la industria japonesa. Kondo cita en su libro los elementos constitutivos del trabajo desde el enfoque de Nishibori: 1) la creatividad, 2) las actividades físicas y 3) la sociabilidad. Desde la extensa experiencia en campo de Kondo estas propuestas contienen la verdadera naturaleza del trabajo humano [52]. Yoshio Kondo (1991) afirma que las teorías sobre la motivación parten de los deseos humanos. Por tanto, comienza su análisis refiriéndose a la teoría de la motivación de Abraham Maslow, en la que propone una jerarquía de necesidades humanas divididas en cinco niveles (necesidades fisiológicas, necesidades de seguridad, necesidades de amor y pertenencia, y necesidades de autorrealización) en combinación

con la teoría de Frederic Herzberg, en la que afirma que la motivación está gobernada por dos factores: la satisfacción y la insatisfacción. Desde la perspectiva de las Teorías Motivacionales de Contenido, Kondo sostiene inicialmente que las necesidades de más bajo nivel de la teoría de Maslow equivaldrían a remover las insatisfacciones como el hambre o el frío; y las necesidades de más alto nivel requerirían el abastecimiento de las satisfacciones. Entonces, las cinco necesidades están siempre presentes pero son las satisfacciones las que estimulan el deseo por trabajar [54].
Kondo va más allá de los límites de las Teorías Motivacionales de Contenido y muestra resultados empíricos que avalan las propuestas de las Teorías de la Motivación como un Proceso, en particular la teoría del establecimiento de metas [goal-setting] formulada por Edwin A. Locke & Gary Latham. Kondo afirma que las actividades relacionadas con el ocio y el trabajo contienen los principales elementos de la humanidad, lo cuales sirven como motivadores. Estos elementos están íntimamente vinculados con los tres del trabajo (relacionados a su vez con las satisfacciones): creatividad, sociabilidad y actividad. De allí, que el secreto de la motivación reside en crear humanidad dentro de las actividades laborales. Yoshio Kondo afirma que la creatividad y la sociabilidad son los principales elementos constitutivos de la humanidad. Por lo tanto, la motivación en el trabajo está relacionada con la creatividad. Es decir, cuanto mayor libertad se les dé a los trabajadores en lo que respecta a los medios y métodos que puedan utilizar en sus actividades laborales con el fin de lograr los objetivos de la organización, mayor es el sentido de responsabilidad y mayor el grado de creatividad. Por cuanto, la responsabilidad es otro aspecto que el autor toma como elemento fundamental para la motivación, Kondo establece las siguientes condiciones para obtener un alto grado de ella: 1) los objetivos del trabajo deben ser claros; y 2) debe haber un grado de acuerdo tal que permita la mayor libertad posible en los recursos y métodos para alcanzar los objetivos, aunque siempre se deben respetar las restricciones que resguarden la seguridad de los empleados y la calidad de los producto, entre otras. Kondo afirma que, si los empleados son forzados a obedecer los métodos y recursos, hace más fácil evadir responsabilidades ya que pueden atribuir las fallas producidas a los métodos estipulados. Por ello, para mantener una mejora sostenida, no hay otro camino que practicar y ejercitar el ingenio para descubrir los métodos que son más apropiados. Siguiendo con esta perspectiva, las organizaciones deben dejar en claro a los trabajadores principiantes que los medios y métodos son una importante información para ser utilizada como referencia, pero se deben construir sobre estas bases acciones adaptadas, lo que ayudará a mejorar sus habilidades. Ello creará mayor sentido de responsabilidad y originalidad. De esta manera, las acciones básicas mejoradas pueden ser incluidas en los estándares de trabajo para los empleados experimentados, así mismo deben ser revisadas periódicamente a fin de incrementar su efectividad.
Yoshio Kondo (1991) explica que existen múltiples caminos para mejorar la calidad de los productos y diversas maneras de reducir costos en los defectos de producción. Todos estos caminos conducen hacia logros radicalmente diferentes a una optimización basada en la preservación del status quo. Pone énfasis en que la calidad es aún más importante que reducir costos o incrementar la productividad; pero los costos de la calidad se incrementan cuando la tasa de defecto es baja (se debe mencionar que todo proceso de producción tiene costos en la reducción de los defectos), para resolver este dilema se debe recurrir a la creatividad. Si se toma en consideración esta premisa, se puede ejercitar la creatividad con el objeto de encontrar nuevos métodos en el mejoramiento de la calidad. En consecuencia, si se mejoran los métodos de producción se incrementa el nivel de la calidad, resultando en costos más bajos y una más alta productividad. El autor, entonces, propone cuatro puntos de acción para hacer que el trabajo sea más creativo, y, por tanto, motivador al incrementar la satisfacción de los recursos humanos involucrados: 1) al informar sobre las instrucciones de trabajo, aclarar los verdaderos objetivos a alcanzar considerando que las restricciones relativas a la seguridad y garantía de la calidad son obligatorias pero la información relacionada a los métodos y recursos se debe proveer sólo como referencia; 2) acompañar a las personas para que tengan un fuerte sentido de responsabilidad hacia su trabajo de modo de evitar excusas, quejas o el traslado de responsabilidades hacia otras personas; 3) dar tiempo para la creación de ideas originales que surgen cuando los empleados sienten un fuerte sentido de responsabilidad y la oportunidad de reflexionar sobre los problemas más profundamente; y 4) alimentar la creación de ideas y llevarlas a buen término lo que conduce al desarrollo de un verdadero sentido de autoconfianza lo cual es una experiencia extremadamente valiosa desde el punto de vista de la motivación. Desde este enfoque, Kondo coincide con el modelo de Edwin A. Locke & Gary Latham de la teoría del establecimiento de metas [goal-setting] cuando hace énfasis en la importancia del compromiso y la responsabilidad como variable relacionada con un alto rendimiento. Locke & Latham consideran el compromiso como variable moderadora con una relación positiva con la satisfacción y con el rendimiento alcanzado. El énfasis en la importancia de la autoconfianza como variable relacionada con un alto rendimiento sigue el modelo de Locke &

Latham que consideran la autoconfianza como variable mediadora con una relación positiva con la satisfacción y con el rendimiento alcanzado.
Otro elemento importante que toma el profesor Kondo (1991) es el ciclo de "Plan (planear)-Do (hacer)-Check (verificar)-Act (actuar) denominado ciclo PHVA [PDCA cycle], propuesto inicialmente por William Edwards Deming [55] a partir del trabajo inicial de Walter A. Shewhart [56] y luego adaptado a la cultura japonesa por Shigeru Mizuno en su publicación *Companywide Quality Control* [57]. Kondo considera la alternancia entre la lógica y las emociones en un flujo continuo siguiendo el ciclo PDCA como el proceso natural para alcanzar los objetivos planteados. Las actividades que exhiben las características del control de la calidad yacen en la fase del "Check (verificar)" y el "Act (actuar)". Dichas fases consisten en detectar irregularidades en el resultado del trabajo, investigando e identificando sus causas para luego tomar acciones correctivas. Kondo vincula este sistema a un método útil, tanto para la motivación como para el control de la calidad. Para estos fines Kondo (1991) enfatiza el rol del líder, el que debe establecer sistemas que permitan la rotación del ciclo PDCA entre los miembros de un equipo y entre los que integran diferentes departamentos dentro de la organización. La cooperación entre equipos de trabajo interdisciplinarios incita a la creatividad, de allí que la información de realimentación que se produzca entre ellos servirá para mejorar los proyectos y la calidad de los productos. Ello facilita las fases del Check (verificar) y el Act (actuar) lo que conlleva a ampliar las actividades de trabajo de las personas, incrementar sus capacidades, resaltar la importancia de sus tareas, y por ello proporcionar un fuerte sentido de responsabilidad. Finalmente, el líder debe ser capaz de convencer a sus subordinados de aceptar el propósito común del grupo a fin de alcanzar los objetivos, debe mostrar tenacidad y paciencia, y guiar y animar a sus seguidores.
La perspectiva de Kondo de la alternancia entre las emociones y el plano de la lógica es avalada por diferentes investigaciones donde se plantea la relación entre los afectos y la satisfacción en el trabajo. Diversas fuentes de investigación muestran que los individuos que experimentan estados afectivos positivos están más dispuestos a ayudar a los demás, son más creativos, mejores negociadores, y tienen mayor persistencia para desarrollar tareas inciertas [58, 59]. Existe además evidencia empírica que permite considerar los estados afectivos positivos como predictores de la realización de resultados esperados en el trabajo [60] o mejor rendimiento ya que el estado afectivo positivo puede mejorar la expectativa de que el esfuerzo lleva a un mejor rendimiento [61-65]. Esta perspectiva coincide con la de la teoría del establecimiento de metas cuando postula que las tendencias optimistas permiten a los individuos definir y/o aceptar objetivos desafiantes lo que lleva a obtener un rendimiento superior y a la persistencia para alcanzar dicho objetivo [62] a pesar de las condiciones adversas [66, 67]. Por lo tanto, siguiendo con los beneficios que tiene una real participación entre los equipos de trabajo y el papel del líder, Yoshio Kondo explica que, si se fomenta el sentido de responsabilidad y la rotación del ciclo PDCA, la comunicación entre los grupos aumenta, así como la cooperación, por lo que las capacidades, iniciativa e independencia de los miembros son ampliadas y ejercitadas. Como consecuencia, los objetivos indefinidos se transforman en objetivos comunes, los caminos para lograr dichos objetivos se incrementan y mejoran; y la estructura del grupo se convierte en un arreglo multilateral entre el líder y los seguidores, debido a que las capacidades del líder son complementadas por las de los miembros del equipo [52]. La figura 2 muestra la relación entre la motivación (establecida como el compromiso con la organización y el deseo de encarar futuros desafíos), el establecimiento de objetivos claros, los costos de la no calidad, la productividad y el nivel de satisfacción de los recursos humanos en la perspectiva de Kondo.

3. ESTUDIO DE CASO EN ARGENTINA.

En términos de estudios longitudinales para analizar la validez del modelo planteado por Kondo, Medici (2012) plantea un análisis del caso particular de la empresa B. H. Argentina (este nombre se utiliza por razones de confidencialidad) en la región de Cuyo en el período 2008 - 2010. El marco metodológico elegido para esta investigación corresponde a un paradigma cuantitativo, con un diseño de investigación de tipo descriptivo –cuasi - experimental, para identificar y correlacionar los factores que determinan el establecimiento de metas y el compromiso en el trabajo con los costos de la calidad y la satisfacción en el trabajo en el sector de producción en un contexto cultural de Mendoza, Argentina (distinto del norteamericano, asiático o europeo). Los datos surgieron del proceso de producción del Producto A en el período 2008 – 2010. Para esta investigación se estableció la siguiente hipótesis de investigación o hipótesis alternativa [68]:

Ha: Existiría una correlación negativa entre el establecimiento de objetivos claros y desafiantes y los costos de la calidad en B. H. Argentina.

En consecuencia, la hipótesis nula será:

Ho: Existiría una correlación positiva o nula entre el establecimiento de objetivos claros y desafiantes y los costos de la calidad en B. H. Argentina.

Las hipótesis complementarias se enunciaron como:

H_1: Existiría una correlación negativa entre los costos de la calidad en el sector de producción y el nivel de satisfacción en el trabajo del personal en el sector de producción
H_2: Existiría una correlación negativa entre los costos de la calidad en el sector de producción y el nivel de compromiso con el trabajo del personal en el sector de producción

En el marco de esta investigación, se conservóa la definición de los objetivos en forma clara, definida y desafiante [*goal setting*] como la variable independiente. Esta variable es cuantitativa, ordinal con un rango de valores entre 0 y 85. Su valor se construyó sumando las respuestas de cada una de los 17 ítems con los cuales se mide. Esta variable incluye dos sub-escalas denominadas Especificidad de los Objetivos (12 ítems) y Dificultad de los Objetivos (5 ítems) que fueron sugeridos por Locke et al. (1981). La escala para evaluar cada ítem varía entre 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) y tiene una confiabilidad de .85 [69, 70].
Se consideró como variable moderadora al compromiso con el trabajo [*job commitment*] ya que las otras variables moderadoras consideradas por Locke y Latham (capacidad para realizar el trabajo, realimentación del resultado alcanzado, complejidad del trabajo a realizar y restricciones situacionales) permanecieron constantes en los equipos de trabajo a analizar. Esta variable es cuantitativa, ordinal con un rango de valores entre 0 y 25. Su valor se construyó sumando las respuestas de cada una de los 5 ítems de la versión propuesta por Van Der Vegt, Emans, y Van De Vliert, (2000) con los cuales se midió. La escala para evaluar cada ítem varía entre 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) y tiene una confiabilidad de .76 [69, 71].

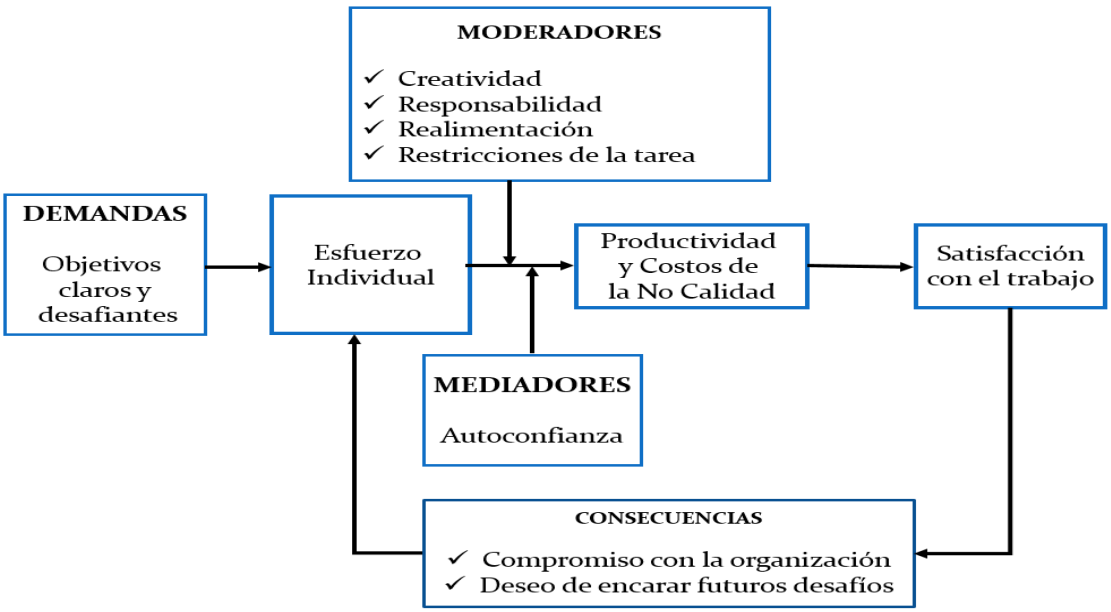


Figura 2 Modelo de Alto Rendimiento propuesto por Yoshio Kondo.

La variable dependiente fue la satisfacción con el trabajo realizado cuya relación con la definición de los objetivos en forma clara, definida y desafiante [*goal setting*] ha quedado verificada adecuadamente. La satisfacción con el trabajo fue medida utilizando la forma abreviada del Índice Descriptivo del Trabajo [*Job Descriptive Index (JDI)*] propuesto por Smith, Kendall y Hulin (1969), con derechos reservados de la Bowling Green State University de los Estados Unidos y sus escalas han sido revisadas en 1985, 1997 [72] y más recientemente en el año 2009. La versión abreviada del Índice Descriptivo del Trabajo [*Abridge Job Descriptive Index (aJDI)*] fue desarrollada en 1997 [73] y consta de 25 ítems en lugar de los 90 de la versión completa [72] por lo que resulta más fácil de administrar. Al mismo tiempo esta versión abreviada conserva la confiabilidad y validez del test

original ya que el valor del coeficiente alfa para cada ítem no es menor de .85 lo que es apreciablemente mayor que la confiabilidad mínima propuesta para mediciones de un único ítem que oscila entre .45 a .69 [74]. EL test aJDI mide la satisfacción de los empleados en cinco aspectos importantes de su trabajo: puesto de trabajo en el empleo actual; sueldo actual; oportunidades para promoción; supervisión y compañeros de trabajo. Una sección de datos demográficos fue incluida para determinar género, edad, antigüedad laboral, posición laboral y ubicación geográfica. El permiso para utilizar este test fue concedido por Bowling Green State University que tiene los derechos de autor del mismo [75].

Finalmente, se utilizó el resultado a alcanzar en el trabajo expresado como los costos de la calidad como una variable de intervención ya que, si entre los objetivos claros, definidos y desafiantes se considera una reducción en los costos de la calidad como una meta a alcanzar, en la medida que se produzca dicha reducción, el nivel de satisfacción se incrementará lo que incrementará el nivel de compromiso con la organización y el deseo de alcanzar objetivos superiores. Se establecieron tres mediciones de rendimiento de los costos de la calidad siguiendo la clasificación propuesta por Harrington. Se consideró solamente los costos directos de la calidad pobre que incluye los Costos de la calidad pobre controlables (Costos de prevención y Costos de evaluación); los Costos resultantes de una pobre calidad (Costos de errores internos y Costos de errores externos) y los costos de equipos relacionados con la pobre calidad [76]. De estas tres categorías se disponía de información en forma regular. De la clasificación propuesta por Harrington (1999) no se consideró los costos indirectos de la calidad pobre definidos por los costos incurridos en el cliente, los costos de insatisfacción del cliente y los costos de pérdida de reputación ya que no existía registro de los mismos. La información necesaria se obtuvo a partir de la documentación existente de modo de determinar el costo total de la calidad durante todo el período de desarrollo de la medición cuasi-experimental. Los 40 operarios del área de producción de B. H. Argentina proveyeron datos en relación con la definición de los objetivos en forma clara, definida y desafiante [*goal setting*], el nivel de satisfacción y el compromiso con el trabajo. Los cuatro supervisores responsables del piso proveyeron datos adicionales sobre los costos directos de la calidad pobre, siguiendo la clasificación propuesta por Harrington, en los procesos realizados durante los 24 meses durante los cuales se realizó el estudio.

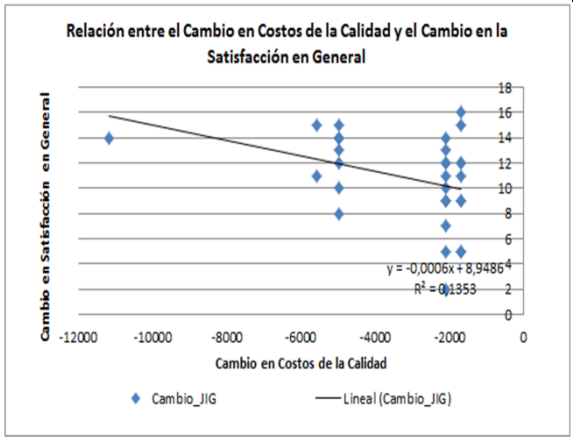
Por ello se implementó un diseño mixto para poder realizar esta investigación. La distancia entre pre test y post test fue de 8 meses durante los cuales se aplicó el tratamiento a la totalidad de los participantes. Dicho tratamiento consistió en reuniones planeadas donde se informaba de los objetivos a lograr en forma clara, definida y desafiante con amplia información sobre los costos de la calidad del sector en un ambiente ampliamente participativo. Esta Medición Antes y Después sin grupo de control se complementó con mediciones de los costos de calidad del sector que abarcó 20 meses antes del pre test, 20 meses luego del pos test y los 8 meses durante los cuales se aplicó el tratamiento de modo de poder neutralizar la amenaza a la validez interna de este estudio, en relación con el efecto de la historia. Para ello se realizó a la par de cada medición mensual de los costos de la calidad, un registro de posibles eventos de contexto tanto interno como externos a la organización antes y después del tratamiento de modo de poder establecer una única relación causa – efecto. Amenazas comunes en este tipo de estudio incluyen cambios en el personal de gerencia, procesos de trabajo, ritmo de producción, legislación vigente y relaciones obrero – patronales. Si no se detecta cambios en estas áreas, se puede razonablemente concluir que el tratamiento tuvo un efecto y que perduró en el tiempo [77, 78]. Las observaciones se realizaron a través de la administración de tests validados y el análisis de datos provistos por la administración de la empresa en lo que hace a asistencia, nómina de operarios, datos demográficos y evolución de los costos durante el tiempo del experimento.

4. RESULTADOS Y PRINCIPALES CONCLUSIONES.

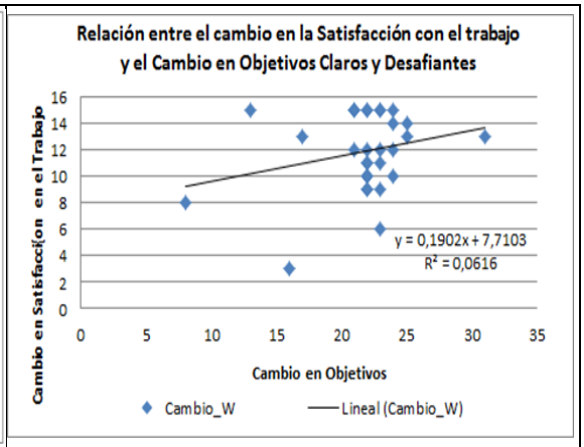
En línea con lo anterior, el primer resultado identificado es que se halla una correlación positiva estadísticamente significativa entre el cambio producido en la variable independiente propuesta Objetivos Claros y Significativos y el cambio producido en la variable propuesta dependiente Satisfacción en General (r = .407, R^2 = .165, $p=.012 < .05$). La correlación positiva significa que se produjo un cambio en el contexto organizacional que llevó a una mejora en el nivel de valoración de los Objetivos Claros y Significativos que produjo una mejora en la Satisfacción en General del personal. El valor ajustado de R^2 es de .165 lo que indica que el 17% de la variación en la Satisfacción en General del personal es explicado por el cambio en los Objetivos Claros y Significativos. Utilizando las reglas de Cohen (1988), la magnitud del efecto [r = .407] se halla entre media o típica (+.30) y grande (+.50) [79] (ver figura 3).

El segundo resultado muestra que se halla una correlación positiva estadísticamente significativa entre el cambio producido en la variable propuesta moderadora Compromiso con el Trabajo y el cambio producido en la variable propuesta intermedia Satisfacción en el Trabajo (r = .458, R^2 = .209, p=.012 < .05). La correlación positiva significa que se produjo un cambio en el contexto organizacional que llevó a una mejora en el nivel de valoración del Compromiso con el Trabajo que produjo una mejora en la Satisfacción en el Trabajo del personal. El valor ajustado de R^2 es de .209 lo que indica que el 21% de la variación en la Satisfacción en el Trabajo del personal es explicado por el cambio en el Compromiso con el Trabajo. La magnitud del efecto [r = .458] se halla entre media o típica (+.30) y grande (+.50) [79]. El tercer resultado muestra que se halla una correlación positiva estadísticamente significativa entre el cambio producido en la variable intermedia Satisfacción en el Trabajo y el cambio producido en la variable dependiente Satisfacción en General (r = .321, R^2 = .10, p=.039 < .05). La correlación positiva significa que se produjo un cambio en el contexto organizacional que llevó a una mejora en el nivel de Satisfacción en el Trabajo del personal lo que produjo una mejora en la Satisfacción en General. El valor ajustado de R^2 es de .10 lo que indica que el 10% de la variación en la Satisfacción en General es explicado por el cambio en la Satisfacción en el Trabajo del personal. La magnitud del efecto [r = .321] se halla entre media o típica (+.30) y grande (+.50) [79]. De igual modo se halla una correlación positiva estadísticamente significativa entre el cambio producido en la variable moderadora propuesta Compromiso con el Trabajo y el cambio producido en la variable propuesta dependiente Satisfacción en General (r = .311, R^2 = .096, p=.044 < .05). La correlación positiva significa que se produjo un cambio en el contexto organizacional que llevó a una mejora en el nivel de Satisfacción en General del personal lo que produjo una mejora en el nivel de Compromiso con el Trabajo. El valor ajustado de R^2 es de .096 lo que indica que el 10% de la variación en el Compromiso con el Trabajo es explicado por el cambio en la Satisfacción en General del personal. La magnitud del efecto [r = .311] se halla entre media o típica (+.30) y grande (+.50) [79].

Finalmente, se halla una correlación negativa estadísticamente significativa entre el cambio producido en la variable de intervención Costos de la Calidad y el cambio producido en la variable dependiente Satisfacción en General (r = -.368, R^2 = .135, p=.021 < .05). La correlación negativa significa que se produjo un cambio en el contexto organizacional que llevó a una mejora en el proceso de producción a través de la reducción de los costos de la calidad. El valor ajustado de R^2 es de .135 lo que indica que el 14% de la variación en los Costos de la Calidad es explicado por el cambio en la Satisfacción en General del personal. La magnitud del efecto [r = -.368] se halla entre media o típica (+.30) y grande (+.50) [79] (ver figura 3).



Relaciones entre el cambio en la Satisfacción en General (pre-pos test) y el Cambio en los Costos de la Calidad (pre-pos test).



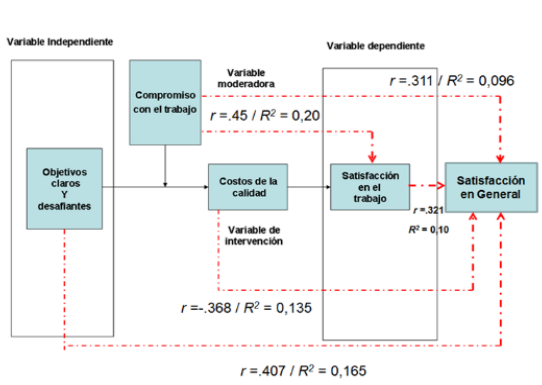
Relación entre el cambio en la Satisfacción con el trabajo (pre-pos test) y el Cambio en la formulación de Objetivos Claros y Desafiantes (pre-pos test).

Figura 3 Relaciones estadísticamente significativas en el Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo en la línea de producción de Producto A.

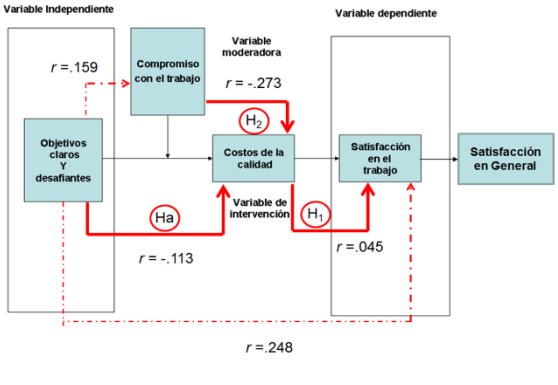
Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones en campo en B. H. Argentina en el período 2008-2010.

Entre los resultados de este trabajo, también se halla que el análisis correlacional muestra la existencia de correlaciones negativas, pero no estadísticamente significativas entre el cambio en Objetivos Claros y Significativos y el cambio en los Costos de la Calidad (r = -0.113) donde se intenta probar Ha; y entre el cambio en el Compromiso con el Trabajo y el cambio en los Costos de la Calidad (r = -0.273) donde se intenta probar H_2. El análisis correlacional también muestra que se

hallan correlaciones positivas, pero no estadísticamente significativas entre el cambio en los Costos de la Calidad y el cambio en la Satisfacción en el Trabajo (r = 0.045) donde se intenta probar H_1. Finalmente, el análisis correlacional muestra que se hallan correlaciones positivas, pero no estadísticamente significativas entre el cambio en el Compromiso con el Trabajo y el cambio en Objetivos Claros y Significativos (r = 0.159) (ver figura 4).



Relaciones estadísticamente significativas en el modelo propuesto.



Relaciones no estadísticamente significativas en el modelo del Ciclo de Alto Rendimiento propuesto por Kondo.

Figura 4 Relaciones estadísticamente significativas y no significativas halladas en el Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo en el proceso de cambio pre – pos test de las variables identificadas en la línea de producción de Producto A.

Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones en campo en B. H. Argentina en el período 2008-2010.

Luego del análisis y ajuste por multicolinealidad realizado (en las ciencias sociales siempre se halla multicolinealidad aproximada en los modelos de regresión), se halla que la variable Diferencia en Costos de la Calidad en 48 meses es la que tiene mayor influencia sobre la variable dependiente Diferencia entre Pre y Post Test para Satisfacción General con un valor predictivo del 24% (R_a^2 = .236). Los resultados fueron estadísticamente significativos para $F(1,31)=3.311$, $p<.05$ [80]. Por ello el modelo predictivo lineal resultante muestra la existencia de variables adicionales no consideradas inicialmente y resulta expresado por la ecuación 1:

$$\text{Dif.Sat.Gral} = 0{,}229\ \text{Dif.Sat.Trab} + 0{,}070\ \text{Dif.Compr} + 0{,}302\ \text{Dif.Objetivos} - 0{,}325\ \text{Dif.CostosCal} \quad (1)$$

Como primera conclusión, el Ciclo de Alto Rendimiento de Kondo validado en el contexto cultural de Argentina, muestra el impacto positivo de la mejora en el establecimiento de objetivos claros y desafiantes en el nivel de satisfacción tanto general (34%) como en el trabajo. En el contexto de pos pandemia donde continúa la tendencia creciente en el incremento del nivel de stress (factor motivacional de mantenimiento) en la fuerza laboral en Argentina y persiste el nivel de satisfacción en el orden del 73%, sin atisbo de mejora, este hallazgo constituye un punto de aprendizaje para el nivel de supervisión en la organizaciones que les permitiría incrementar el nivel de motivación del personal a cargo solo con el adecuado direccionamiento de la formulación y definición de los objetivos organizacionales. Como segunda conclusión, el modelo muestra el lado humano de la calidad al enfatizar que ésta se halla más relacionada con la naturaleza humana que los métodos e indicadores. La reducción de los costos de la no calidad (14%), lo que lleva al incremento en la productividad, llevó al incremento en la satisfacción en el trabajo y por ende en la satisfacción general de la fuerza laboral. En el contexto de la caída en la productividad por trabajador del 9,5% para Argentina en el periodo 2010 - 2021, el énfasis de Kondo en el factor humano provee un enfoque complementario al tradicional de relacionar la productividad con solo la mejora en los métodos de producción y/o la incorporación de tecnología de vanguardia [48, 81]. Finalmente, en términos de los aportes de este estudio al área del Capital Humano, sus resultados no solo validan la Teoría del Establecimiento de Objetivos Claros y Desafiantes y la Teoría de la Auto Eficiencia, sino que amplían el modelo del Ciclo de Alto Rendimiento planteado por Kondo al postular la presencia de variables adicionales. Al postular la presencia de variables adicionales futuras investigaciones permitirán mejorar y adaptar el valor predictivo del modelo a diferentes contextos organizacionales en Argentina. Esto da soporte a la tendencia creciente de los procesos de analítica de datos en el área de recursos humanos de incluir no solo resultados operacionales sino factores motivacionales

que permiten generar perfiles y algoritmos predictivos en términos de nivel de rotación de personal, impacto de los niveles de ausentismo y la probabilidad de pérdida de capital humano debido a la cultura organizacional existente [82].

5. REFERENCIAS.

[1] Larsen, J. (2022). *¿Qué significa la industrialización para el bienestar — y por qué importa?*, United Nations Industrial Development Organization. Vienna, Austria

[2] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); Oxford Poverty and Human Development Initiative (OPHI). (2020). *Índice de Pobreza Multidimensional global 2020. Trazar caminos para salir de la pobreza multidimensional: Lograr los ODS.*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). New York.

[3] United Nations Industrial Development Organization. (2020). *How industrial development matters to the well-being of the population. Some Statistical Evidence*. 1st. United Nations Industrial Development Organization. Viena.

[4] United Nations Industrial Development Organization. (2019). *Competitive Industrial Performance Report 2018. Biennial CIP report, edition 2018*. 1st. United Nations Industrial Development Organization. Viena.

[5] Naciones Unidas (NU). *Argentina*. [Web Page] 2022 n.d. [cited 2022 10/09/2022]; Available from: https://argentina.un.org/es/sdgs/9/key-activities.

[6] United Nations Industrial Development Organization. (2021). *Industrial Development Report 2022. The Future of Industrialization in a Post-Pandemic World*. 1st. United Nations Industrial Development Organization. Viena.

[7] United Nations Industrial Development Organization. (2020). *Competitive Industrial Performance Index (CIP)*, en *Yearly*. 07/09/2020. United Nations Industrial Development Organization. UNIDO STATISTICS DATA PORTAL.

[8] United Nations Industrial Development Organization. (2020). *Competitive Industrial Performance Index Report 2020. CIP Index, edition 2020: Country and Economy Profiles* en *Yearly*. 1st. United Nations Industrial Development Organization. Vienna, Austria.

[9] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2021). *OECD Compendium of Productivity Indicators*, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Paris.

[10] Krugman, P. (1997). *The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s*, en *MIT Press Books*. 3rd Edition. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts

[11] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). *OECD Regional Outlook 2019. Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas*, Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Paris.

[12] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). (2017). *Measuring Productivity. Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*, en *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) Paris, France.

[13] Dieppe, A.; Francis, N.; Kindberg-Hanlon, G. (2021). Productivity: Technology, Demand, and Employment Trade-Offs, en *Global Productivity: Trends, Drivers, and Policies*. A. Dieppe. 1st. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Washington, DC.

[14] International Labour Organization (ILO). *Output per worker (GDP constant 2017 international $ at PPP) -- ILO modelled estimates, Nov. 2021 | Annual*. Statistics on labour productivity [Web Page] 2022 01/07/2022 [cited 2022 11/09/2022]; Available from: https://ilostat.ilo.org/topics/labour-productivity/.

[15] RANDSTAD ARGENTINA S.A. *Satisfacción laboral iguala a brasileros y argentinos.* Tendencias 360 [Web Page] 2016 15/06/2016 [cited 2022 11/09/2022]; Available from: https://www.randstad.com.ar/tendencias-360/archivo/satisfaccion-laboral-iguala-a-brasileros-y-argentinos_239/.

[16] RANDSTAD ARGENTINA S.A. *Satisfacción y movilidad laboral se mantienen estables en Argentina.* Tendencias 360 [Web Page] 2017 22/09/2017 [cited 2022 11/09/2022]; Available from: https://www.randstad.com.ar/tendencias-360/archivo/satisfaccion-y-movilidad-laboral-se-mantienen-estables-en-argentina_335/.

[17] Randstad N.V. (2018). *Randstad Workmonitor Q1 2018*, Randstad N.V. Las Condes, Santiago, Chile.

[18] A24. (2022). *Empleo: baja la satisfacción laboral de los argentinos y casi 70% busca un cambio*, en *BÚSQUEDA DE TRABAJO*GRUPO AMERICA. CABA.
[19] iProfesional. (2022). *¿Estás conforme con tu trabajo?: según encuesta, cada vez más argentinos están insatisfechos con su situación*, Emprendimientos Corporativos S.A. . Buenos Aires, Argentina.
[20] Koontz, H.; Weihrich, H.; Cannice, M. (2012). *Administración. Una perspectiva global y empresarial*. 14va. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. Mexico, D.F.
[21] Harvard Business School. *The Human Relations Movement: Harvard Business School and the Hawthorne Experiments (1924-1933)*. Baker Library - Historical Collections [Web Page] 2022 n.d. [cited 2022 12/09/2022]; Available from: https://www.library.hbs.edu/hc/hawthorne/intro.html#i.
[22] Luthans, F. (2011). *Organizational Behavior. An Evidence-Based Approach*. 12th. McGraw-Hill/Irwin. New York.
[23] Maslow, A.H. (1989). A Theory of Human Motivation, en *Readings in managerial psychology*. L.R.P. Harold J. Leavitt, David M. Boje. 4. University of Chicago Press. Chicago.
[24] Herzberg, F. (1968). "One more time: How do you motivate employees? *". Harvard Business Review*. *46*, *1*, *p. p53-62, 10p*.
[25] Vroom, V.H.; Yetton, P. (1973). *Leadership and Decision Making*. 1st. University of Pittsburgh Press. Pittsburgh, PA.
[26] Locke, E.A.; Latham, G.P.; Smith, K.J. (1990). *A theory of goal setting & task performance*, Prentice Hall. New York.
[27] Robbins, S.P.; Judge, T.A. (2005). *Comportamiento organizacional*. 15. Pearson Educación de México, S.A. de G.V. Naucalpan de Juárez, Estado de México.
[28] Randstad N.V. (2020). *Employer Brand Research 2020. Country report Argentina. Tiempos de talento.*, en *Employer Brand Research*Randstad N.V. CABA, Argentina.
[29] Richardson, N.; Antonello, M. (2022). *People at Work 2022: una visión sobre el equipo humano global*, Automatic Data Processing, Inc. Roseland, New Jersey, United States.
[30] Gallup, I. (2022). *State of the Global Workplace 2022 Report. The Voice of The World's Employees.*, Gallup, Inc. Washington, D.C.
[31] Randstad N.V. (2021). *Employer Brand Research 2021 Global Report.*, en *Employer Brand Research*Randstad N.V. Diemen, The Netherlands.
[32] Randstad N.V. (2016). *Randstad Award 2016. Country report Argentina. El poder de la atracción trabajando para tu empresa.*, en *Employer Brand Research*Randstad N.V. CABA, Argentina.
[33] Spear, S.; Bowen, H.K. (1999). "Decoding the DNA of the Toyota Production System*". Harvard Business Review*. *77*, *5*, *p. 96-106*.
[34] Maroto-Sanchez, A. (2003). *Growth and productivity in the service sector: The state of the art*, en *Documentos de Trabajo*Instituto Universitario de Análisis Económico y Social. Alcalá de Henares. Madrid.
[35] Fest, H. (2003). *Productivity in the Service Sector*. 1st. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Valencia.
[36] Merchant, K.A.; Otley, D.T. (2007). A Review of the Literature on Control and Accountability, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier.
[37] Anderson, S.W. (2007). Managing Costs and Cost Structure throughout the Value Chain: Research on Strategic Cost Management, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[38] Christensen, J.; Hemmer, T. (2007). Analytical Modeling of Cost in Management Accounting Research en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[39] Kaplan, R.S. (2007). Conceptual Foundations of the Balanced Scorecard, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[40] Banker, R.D.; Johnston, H.H. (2007). Cost and Profit Driver Research, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[41] Gosselin, M. (2007). A Review of Activity-Based Costing: Technique, Implementation, and Consequences, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.

[42] Hansen, A.; Mouritsen, J. (2007). Management Accounting and Operations Management: Understanding the Challenges from Integrated Manufacturing, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[43] Snell, S.A.; James W. Dean, J. (1992). "Integrated Manufacturing and Human Resource Management: A Human Capital Perspective *". The Academy of Management Journal*. *35*, *3*, *p. 467-504*.
[44] Nanni Jr., A.J.; Dixon, J.R.; Vollmann, T.E. (1992). "Integrated Performance Measurement: Management Accounting to Support the New Manufacturing Realities*". Journal of Management Accounting Research*. *4*, *p. 1-19*.
[45] Ansari, S.; Bell, J.; Okano, H. (2007). Target Costing: Uncharted Research Territory, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[46] Langfield-Smith, K. (2007). A Review of Quantitative Research in Management Controls System and Strategy, en *Handbook of Management Accounting Research* C.S. Chapman*, et al.* Elsevier. Amsterdan.
[47] Morrow, P.C. (1997). "The Measurement of TQM Principles and Work-Related Outcomes*". Journal of Organizational Behavior*. *18*, *4*, *p. 363-376*.
[48] Anzoise, E.*; et al.* (Year). *Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza*. *XIIIº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2020*. of Conference. CABA, Buenos Aires.
[49] PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6° Encuesta a Pymes de PwC Argentina*, en *Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. 1st. PwC Argentina. CABA, Argentina.
[50] Observatorio de Ciencias Económicas del CPCECABA. (2016). *Informe de coyuntura PyMEs industriales CABA*, en *Relevamiento PyMEs* Consejo Profesionales de Ciencias Económicas de CABA. CABA.
[51] Fundación ObservatorioPyme. (2010). *Informe especial: Desempeño productivo de las PyME industriales durante 2009 y expectativas para 2010*, Fundación ObservatorioPyme. CABA.
[52] Kondo, Y.*; et al.* (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management*. 1st. 3A Corporation. Tokyo, Japan.
[53] O'Toole, J.*; et al.* (1972). *Work in America. Report of a Special Task Force to the Secretary of Health, Education, and Welfare.*, Department of Health, Education, and Welfare. Washington, D.C.
[54] Donelan, S.E. (1997). *Goal setting and job satisfaction: The perceived impact of a performance management program on goal setting and job satisfaction of non-faculty, non-union employees of a private university*, en *Higher Education Administration Program, Department of Curriculum, Administration and Special Education, The Graduate School of Education*Boston College. Boston.
[55] Deming, W.E. (2000). *The New Economics for Industry, Government, Education*. 2nd. Massachussetts Institute of Technology. Cambridge, Massachussetts.
[56] Shewhart, W.A. (1939). *Statistical method from the viewpoint of quality control*, The Graduate School of the U.S. Department of Agriculture. Washington.
[57] Mizuno, S. (1992). *Company-Wide Total Quality Control*, Asian Productivity Organization. Tokyo, Japan.
[58] Isen, A.M.; Baron, R.A. (1991). Positive affect as a factor in organizational behavior, en *Research in Organizational Behavior*. B.M. Staw*, et al.* JAI Press. Greenwich, CT.
[59] George, J.M.; Brief, A.P. (1992). "Feeling good-doing good: A conceptual analysis of the mood at work-organizational spontaneity relationship*". Psychological Bulletin*. *112*, *2*, *p. 310-329*.
[60] George, J.M.; Bettenhausen, K. (1990). "Understanding prosocial behavior, sales performance, and turnover: A group level analysis in a service context*". Journal of Applied Psychology*. *75*, *p. 698-709*.
[61] Wright, T.A.; Staw, B.M. (1999). "Affect and Favorable Work Outcomes: Two Longitudinal Tests of the Happy-Productive Worker Thesis*". Journal of Organizational Behavior*. *20*, *1*, *p. 1-23*.
[62] George, J.M.; Brief, A.P. (1996). Motivational agendas in the workplace: The effects of feelings on focus of attention and work motivation, en *Research in Organizational Behavior*. B.M. Staw*, et al.* JAI Press. Greenwich, CT.

[63] Forgas, J.P.; Bower, G.H.; Moylan, S.J. (1990). "Praise or blame? Affective influences on attributions for achievement". *Journal of Personality and Social Psychology*. *59*, *p. 809-819*.
[64] Wright, W.F.; Bower, G.H. (1992). "Mood effects on subjective probability assessment". *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. *52*, *p. 276-291*.
[65] George, J.M.*; et al.* (1989). "Incentive Compensation as an Injurious Condition of Work: A Study of Labelling". *Journal of Organizational Behavior*. *10*, *2*, *p. 155-167*.
[66] Forgas, J.P. (1992). Affect in social judgments and decisions: A multiprocess mode, en *Advances in Experimental Social Psychology*. M. Zanna. Academic Press. New York.
[67] Burke, M.J.; Brief, A.P.; George, J.M. (1993). "The role of negative affectivity in understanding relations between self-reports of stressors and strains: A comment on the applied psychology literature". *Journal of Applied Psychology*. *78*, *p. 402-412*.
[68] Medici, R.M. (2012). *Los efectos de la definición de objetivos y la satisfacción en el trabajo en los costos de la calidad. El caso de B.H. Argentina en Mendoza, Argentina*, en *Maestría en Ingeniería de la Calidad*UTN Facultad Regional Mendoza. Mendoza.
[69] Vigoda-Gadot, E.; Angert, L. (2007). "Goal Setting Theory, Job Feedback, and OCB: Lessons From a Longitudinal Study". *Basic and Applied Social Psychology*. *29*, *2*, *p. 119 - 128*.
[70] Locke, E.A.*; et al.* (1981). "Goal Setting and Task Performance: 1960 - 1980". *Psychological Bulletin*. *90*, *1*, *p. 125 - 152*.
[71] Van Der Vegt, G.; Emans, B.; Van De Vliert, E. (2000). "Team members' affective response to patterns of intragroup interdependence and job complexity". *Journal of Management Accounting Research*. *26*, *p. 633-655*.
[72] Balzer, W.K.*; et al.* (1997). *User's manual for the Job Descriptive Index (JDI; 1997 Revision) and the Job in General (JIG) Scales*, Bowling Green State University. Bowling Green, OH.
[73] Stanton, J.M.*; et al.* (2001). "Development of a Compact Measure of Job Satisfaction: The Abridged Job Descriptive Index". *Educational and Psychological Measurement*. *61*, *6*, *p. 1104-112*.
[74] Wanous, J.P.; Reichers, A.E.; Hudy, M.J. (1997). "Overall job satisfaction: How good are single-item measures?". *Journal of Applied Psychology*. *82*, *2*, *p. 247-252*.
[75] Balzer, W.K.*; et al.* (2000). *User's manual for the Job Descriptive Index (JDI: 1997 Revision) and the Job in General (JIG) Scales.*, en *Electronic resources for the JDI and JIG*Bowling Green State University. Bowling Green, OH.
[76] Harrington, H.J. (1999). "Performance improvement: a total poor-quality cost system". *The TQM Magazine*. *11*, *4*, *p. 221 - 230*.
[77] Shadish, W.R.; Cook, T.D.; Campbell, D.T. (2002). Statistical Conclusion Validity and Internal Validity, en *Experimental and Quasi Experimental Designs for Generilized Causal Inference*. W.R. Shadish*, et al.* Houghton Mifflin. Boston.
[78] Gribbons, B.; Herman, J. *True and quasi/experimental designs*. 1997 [cited 2012 February 2011]; Available from: http://PAREonline.net/getvn.asp?v=5&n=14 .
[79] Morgan, G., Leech, N.,Gloeckener, G.,Barrett, K. (2004). *SPSS for Introductory Statistics*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New Jersey, EE.UU.
[80] Roussel J.; Cohen S. (2005). *Strategic Supply Chain Management - The Five Disciplines for Top Performance*, McGraw-Hill. EE.UU.
[81] Anzoise, E.*; et al.* (Year). *Six Sigma y Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de Bodega Chandon en Mendoza*. *XIVº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2021*. of Conference. CABA, Buenos Aires.
[82] Isson, J.P.; Harriott, J.S. (2016). *People Analytics in the Era of Big Data: Changing the Way You Attract, Acquire, Develop, and Retain Talent*, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.

LA GESTIÓN DEL AGUA EN LAS ORGANIZACIONES

Cariello, Jorgelina L.; Gil, Marcelo R.; Santangelo, Juan C.; Quesada, Lucas C.

Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional.
cariello@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

La gestión ambiental en una organización es fundamental para un adecuado manejo integral de los aspectos ambientales. Una de las formas de lograrlo es implementando indicadores medioambientales; como instrumentos de medición que permiten planificar, controlar y corregir los factores medioambientales de una organización. El agua, considerada como un factor ambiental, es consumida y utilizada en mayor o menor medida; y por tal motivo, es fundamental su uso eficiente. Asimismo, las organizaciones generan efluentes y residuos capaces de generar contaminación hídrica. Por ello, si se logra optimizar el consumo y uso del agua, en cualquier proceso productivo, se consigue disminuir la generación de efluentes y su consecuente tratamiento antes de su vertido; y de esta manera impactar positivamente no sólo en lo ambiental sino también lo social y económico a nivel regional. Actualmente, existen diferentes indicadores que permiten llevar a cabo una gestión del agua en las organizaciones. A través de un análisis de estos, se pretende determinar aquellos que sean más factibles de aplicar según el alcance que considere necesario la organización. Por último, si se logra identificar y caracterizar la situación del desempeño ambiental de las organizaciones sobre el recurso hídrico será factible canalizar políticas públicas y privadas que contribuyan al cumplimiento del Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento” de los ODS en post del cumplimiento con la Agenda 2030.

Palabras Claves: gestión, agua, organización.

ABSTRACT

Environmental management in an organization is essential for proper comprehensive management of environmental aspects. One of the ways to achieve this is by implementing environmental indicators; as measuring instruments that allow planning, controlling and correcting the environmental factors of an organization. Water, considered as an environmental factor, is consumed and used to a greater or lesser extent; and for this reason, its efficient use is essential. Likewise, organizations generate effluents and waste capable of generating water pollution. Therefore, if it is possible to optimize the consumption and use of water, in any production process, it is possible to reduce the generation of effluents and their consequent treatment before discharge; and in this way have a positive impact not only on the environment but also on the social and economic at the regional level. Currently, there are different indicators that allow water management to be carried out in organizations. Through an analysis of these, it is intended to determine those that are more feasible to apply according to the scope that the organization considers necessary. Finally, if it is possible to identify and characterize the situation of the environmental performance of organizations on water resources, it will be feasible to channel public and private policies that contribute to the fulfillment of Objective 6 "Clean Water and Sanitation" of the SDGs in post compliance with the Agenda 2030.

Keywords: management, water, organization

1. INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental en una organización es fundamental para un adecuado manejo integral de los aspectos ambientales. Una de las formas de lograrlo es implementando indicadores medioambientales; como instrumentos de medición que permiten planificar, controlar y corregir los factores medioambientales de una organización. El agua, considerada como un factor ambiental, es consumida y utilizada en mayor o menor medida; y por tal motivo, es fundamental su uso eficiente.

Desde una mirada sistémica, sobre las organizaciones, se pretende analizar ventajas y desventajas de diferentes métodos y/o herramientas que permitan llevar adelante una gestión del agua, a través de indicadores, acorde a las necesidades y compromisos sociales, ambientales y territoriales asumidos por las mismas.

Por otro lado si las organizaciones logran identificar y caracterizar la situación del desempeño ambiental sobre el recurso hídrico, donde se encuentren radicadas, serán factibles de aportar a las políticas públicas y privadas de la región contribuyendo así al Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento” de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en post del cumplimiento con la Agenda 2030.

1.1. Gestión ambiental

Las organizaciones definen diferentes tipos de estrategias respecto de sus políticas ambientales. Con el fin de llevar adelantes una gestión ambiental la mayoría de ellas terminan implementando, y hasta certificando, bajo la norma ISO 14001 “Sistemas de Gestión Ambiental”; y ello lo hacen a su vez a través de planes integrados de gestión. Es decir, la integran a otras normas ISO que adhieren de manera voluntaria.

Sin embargo, la gestión ambiental de una organización debe ir más allá de implementar y certificar una normativa. Las organizaciones actuales deberían buscar modelos productivos basados en el desarrollo sostenible; es decir, producir bienes y servicios que minimicen el uso de recursos naturales, la generación de residuos, efluentes y emisiones contaminantes; sin poner en riesgo las necesidades de las generaciones futuras.

1.2. Indicadores ambientales

Para lograr identificar el desempeño ambiental de una organización es necesario la aplicación de indicadores ambientales (Cariello J. L., Gil, Berman, Santangelo, & Lesiuk, 2015).

Un indicador ambiental permite diagnosticar y actuar sobre los aspectos ambientales en los cuales las organizaciones deben focalizarse en post de un desarrollo sostenible.

De manera particular, el ineficiente consumo y uso del agua, puede derivar en un impacto negativo como ser la contaminación del agua; como así también la disminución del acceso al agua potable por parte de la población.

1.3. Uso eficiente del agua

Para lograr la optimización del agua, en cualquier cadena de suministro es fundamental poder gestionarlo y para ello es necesario medirlo. Por ende, para su logro es necesario tener identificado el uso y consumo del agua.

El uso eficiente del agua en una organización se centra en la suma del uso eficiente en toda la cadena de suministro. Por ello es fundamental identificar el ingreso (fuentes) y salida del agua (vertido y como parte del producto) y su control. Una representación gráfica de ello se puede observar en la Figura 1.

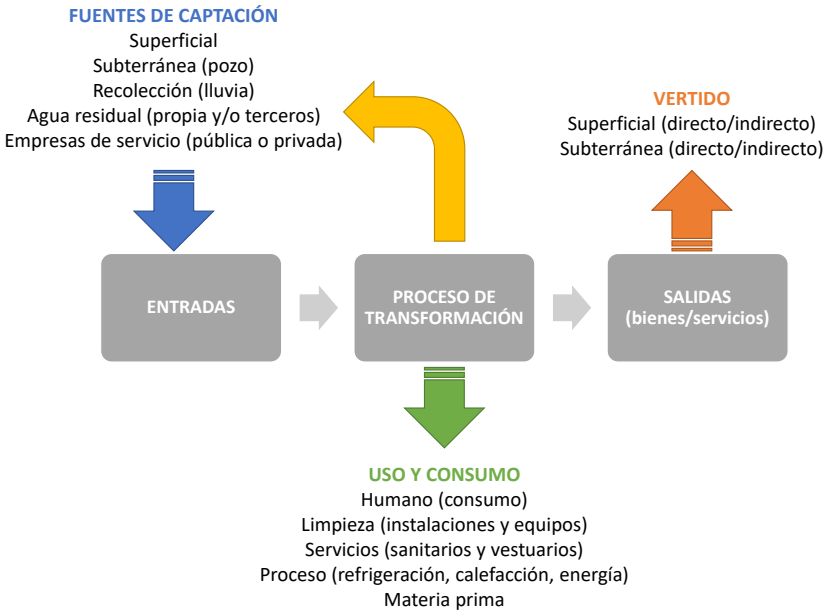


Figura 1 El agua en el proceso productivo. Fuente propia.

1.4. Aporte al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 “Agua Limpia y Saneamiento”

El agua es un recurso clave para el ser humano, no sólo por la necesidad básica de su consumo sino también para la generación de los alimentos, productos y servicios requeridos para su calidad de vida.

A nivel mundial ya hace unos años se ha comenzado a trabajar sobre el recurso agua considerado uno de los principales aspectos que hacen al desarrollo sostenible. Entre los organismos, a nivel internacional, que procuran prácticas sostenibles para la protección, la gestión y el uso eficiente de este recurso podemos mencionar: a la UNESCO con su Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) y Programa Hidrológico Internacional (PHI), a la ONU- Agua, el PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, el BANCO MUNDIAL Programa de Agua y Saneamiento (WSP) y GWP Asociación Mundial para el Agua; entre otros. A nivel nacional encontramos al Instituto Nacional del Agua (INA), Comité Nacional Argentino para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (CONAPHI), GWP-Argentina, FADA Foro Argentino del Agua (FADA), Consejo Hídrico Federal (COHIFE), la Academia Argentina de Ciencias del Ambiente; por mencionar los más relevantes.

Pero es en el año 2015, en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible realizada en la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la ciudad de Nueva York, que se aprueba la Agenda 2030 en la cual se plantean los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) pasando el agua a ser parte integrante de los mismo a través del Objetivo 6 “Agua Limpia y Saneamiento” (Naciones Unidas, s.f.).

El agua como parte fundamental en todos los aspectos de la vida; está firmemente unida a los tres pilares del desarrollo sostenible (económico-social-ambiental) e integra valores sociales, culturales, económicos y políticos. Es transversal y apoya el logro de muchos Objetivos de Desarrollo Sostenible a través de estrechos vínculos con el clima, la energía, las ciudades, el medio ambiente, la seguridad alimentaria, la pobreza, la igualdad de género y la salud, entre otros. Dado que el cambio climático afecta profundamente a nuestras economías, sociedades y medio ambiente, el agua es, de hecho, el mayor factor decisivo para lograr los objetivos y metas relacionados con el agua acordados internacionalmente, incluidos los contenidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Se sabe, según el informe elaborado por Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2020, Agua y Cambio Climático, que el uso global de agua se ha multiplicado por seis en los últimos 100 años y sigue aumentando a un ritmo constante de 1% anual debido al crecimiento demográfico, al desarrollo económico y al cambio en los patrones de consumo (UNESCO, 2020).

Asimismo, según una nota titulada “Agua e industria en la economía verde”, el sector industrial utiliza cerca del 20% del agua extraída a nivel mundial, incluyendo el agua destinada a la generación de energía hidráulica y nuclear, energía termoeléctrica y procesos industriales; y el volumen anual de agua utilizado por la industria se incrementará de los 752 km^3 al año en 1995 a los 1.170 km^3 al año en 2025, es decir, alrededor de un 24% del total de las extracciones de agua dulce (ONU-Agua, 2011).

Como puede observarse en función de lo mencionado anteriormente el agua utilizada por la industria va en aumento, por lo que el sector pasará a competir cada vez con más fuerza por unos recursos hídricos limitados junto a las demandas del crecimiento urbano y de la agricultura.

Asimismo, la industria es uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos, anualmente vierte entre 300 y 500 millones de toneladas de metales pesados, disolventes, lodos tóxicos y otros residuos. Estos contaminantes convierten el agua en no potable al tiempo que contaminan y matan los peces, que suponen una importante fuente de proteínas para gran parte de la población, en especial los más pobres. También existe el peligro de que el agua contaminada se transfiera a la cadena trófica mediante su uso en agricultura o por captación directa de las plantas o la vida animal. En los países en vías de desarrollo, el 70% de los residuos industriales se vierten a las aguas sin tratamiento alguno (ONU-Agua, 2011).

Es por lo expuesto en los párrafos anteriores, que desde el sector industrial se debería estar poniendo foco en el uso eficiente del agua. No sólo porque se verán beneficiados, por ejemplo, en la reducción de costos operativos; sino también como un aporte al desarrollo sostenible. Una de las maneras de lograrlo es implementado un sistema de gestión del agua.

2. METODOLOGÍA

La propuesta metodológica, para el logro de la identificación del uso y consumo del agua en una organización en post de poder llevar adelante una gestión del agua; y así a su vez contribuir al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, fue la de realizar un investigación exploratoria y descriptiva de métodos y herramientas que permitan identificar cuál/es son las más adecuadas de implementar.

De la investigación exploratoria se identificaron tres herramientas, a saber:

- Balance de Agua (Cariello J. L., Gil, Santangelo, & Quesada, 2021).
- ISO 14046-2014 “Gestión Ambiental - Huella de Agua”.
- Metodología propuesta por Water Footprint Network (WFN).

En los siguientes apartados se pasarán a describir las tres herramientas consideradas como posible propuesta.

2.1. Herramientas para la Gestión del Agua

En este apartado se busca describir brevemente las tres herramientas, con sus metodologías correspondientes, mencionadas anteriormente que se consideran convenientes para llevar adelante una eficiencia del agua en las organizaciones. Sobre todo, teniendo en cuenta lo que cada una de ellas puede implementar en función de su política ambiental.

2.1.1. Balance de Agua

La aplicación de un Balance de Agua, como herramienta de gestión del agua en una organización, permite identificar el manejo y cantidad de agua utilizada como así también el agua residual de un proceso productivo.

Aumentar la productividad del agua requiere de una mejora en la efectividad del uso y consumo del agua dentro de un sistema productivo; pero para ello es imprescindible identificar su intervención a lo largo de la cadena de suministro, para luego identificar los puntos sobre los cuales poder actuar. Es ahí donde el Balance de Agua como herramienta de gestión del agua permite identificar estos aspectos. Reducir la cantidad de uso y consumo de agua por actividad operativa favorece a la organización desde el punto de vista no sólo ambiental sino también económico y social. Ambiental porque favorece al cuidado del medio ambiente a través de un menor impacto del recurso no sólo por su extracción sino también por el efluente líquido vertido en los cuerpos receptores libre de contaminantes. Desde el punto de vista económico dado que le permite reducir costos operativos a través de la reutilización de agua de proceso y por consiguiente en el tratamiento de sus efluentes. Además, y no un aspecto menor, generar un impacto positivo en la región desde el punto de vista

social dado que disminuye el consumo de agua que también requiere la sociedad para su propio consumo o de otras actividades productivas como ser la agricultura y su menor impacto por los efluentes con potencialidad de contaminar los cuerpos receptores (ríos, lagos, lagunas).

A continuación, se detallan los pasos que fueron diseñados para aplicar un Balance de Agua en una organización:

1. Identificación y Priorización de los Puntos de Captación de Agua.
Identificar y listar los "puntos de captación" de agua utilizados en las operaciones tanto de producción como de servicio. Se denomina "punto de captación" a todo ingreso de agua en la operación estudiada, ya sea propia, o de terceros. Se deberá identificar todo ingreso de agua que sea necesario para las operaciones habituales. Las fuentes pueden ser:

- Fuente superficial.
- Fuente subterránea.
- Empresa proveedora de agua.
- Recolección de agua de lluvia.
- Provista por un tercero: contratistas, aguas residuales de otra industria (caso de polos industriales), otros.

2. Análisis de los usos del agua captada por punto de captación.

a) Para cada punto de captación de agua:

- Listar los usos que se hacen del agua.
- Volúmenes segregados para cada uso de agua.
- Identificación del usuario.
- Incluir el volumen de agua promedio mensual utilizado.
- Definir si el volumen informado se trata de una medición por caudalímetro o si es una estimación y la forma de dicha estimación.

b) Realizar un Diagrama de Flujo con el fin de identificar gráficamente las fuentes y los usos.

c) Establecer un balance de agua desde el inicio a la disposición final en cada etapa.

d) Disposición actual y volumen de aguas residuales.

e) Ordenar de mayor a menor según el volumen mensual utilizado, todos los usos comenzar la etapa de análisis y evaluación detallada.

f) Indicar en el informe el puesto del responsable de brindar la información sobre los diferentes usos del agua y balances asociados.

3. Análisis de los volúmenes de agua consumidos en cada uso.

a) Detalle de los volúmenes de agua utilizados en cada parte de las operaciones si correspondiera o en su conjunto.

b) Justificación por medio de cálculos o de la forma que consideren adecuada, los volúmenes de agua mencionados en el punto anterior.

2.1.2. ISO 14046-2014

La norma ISO 14046 define a la huella de agua como una métrica o métricas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua. Su cuantificación es modular; es decir que las huellas del agua de diferentes etapas del ciclo de vida pueden sumarse para representar el resultado de la huella de agua total y está basada en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) según Norma (ISO 14044, 2006). Este último comprende las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final (ISO 14046, 2014).

La Norma ISO establece que la metodología para la evaluación de huella de agua es un proceso iterativo, e incluye cuatro fases (ver Figura 2):

1. Definición de objetivos y alcance
2. Análisis de inventario de huella de agua
3. Evaluación del impacto de la huella de agua
4. Interpretación de los resultados

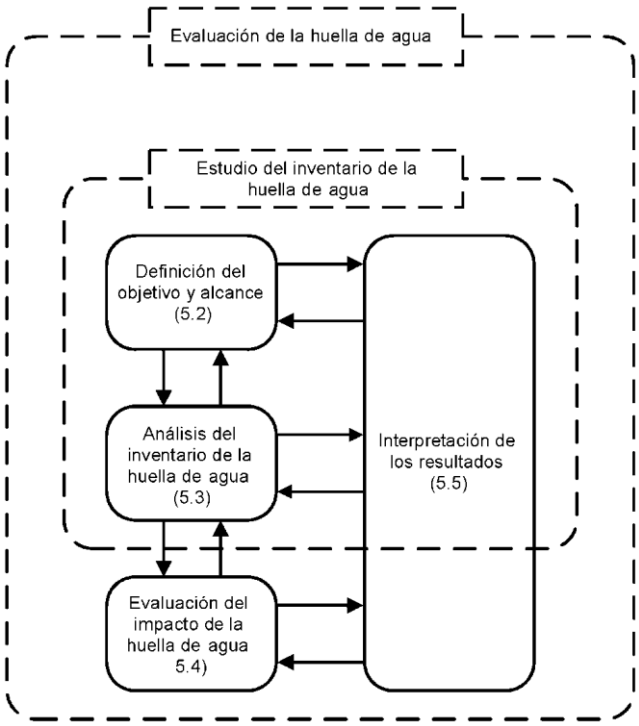


Figura 2 Fases de la evaluación de la huella hídrica. Fuente ISO 14046:2014.

En cuanto al cálculo del inventario de la huella de agua la norma establece que debe seguirse el procedimiento descripto en la ISO 14044:2006 y el cual se representa en la Figura 3.

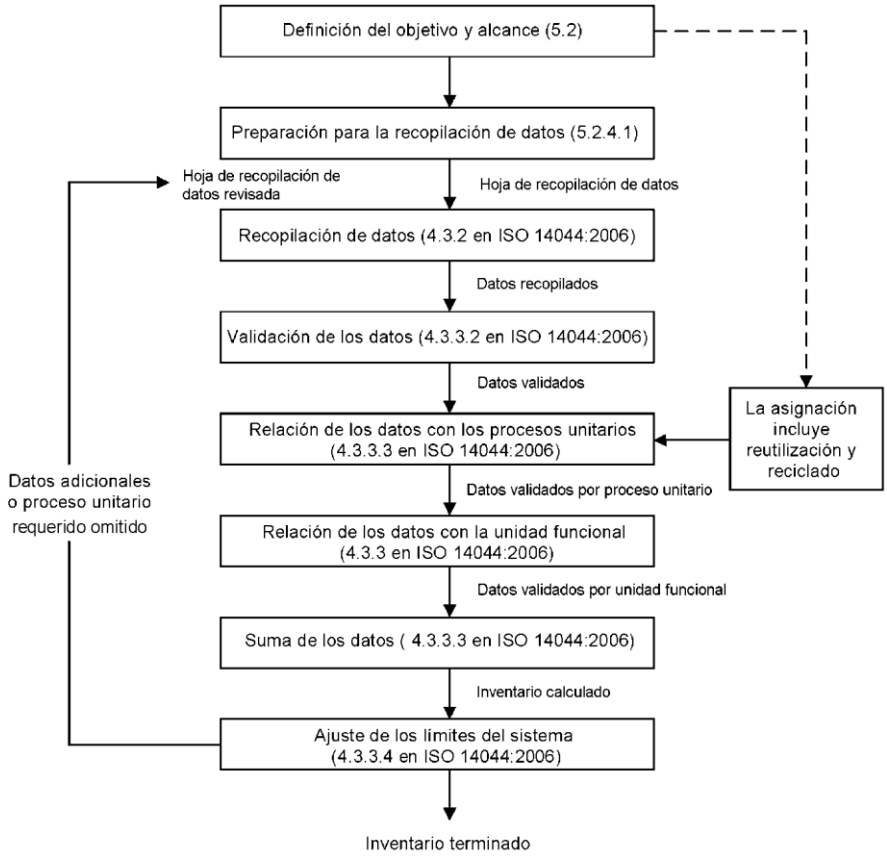


Figura 3 Procedimiento para el análisis del inventario de la huella de agua. Fuente ISO 14046:2014.

Asimismo, la norma de acuerdo con el objetivo y alcance que determine una organización para llevar adelante una evaluación de la huella de agua adopta diferentes perspectivas las cuales se pueden observar gráficamente en la Figura 4.

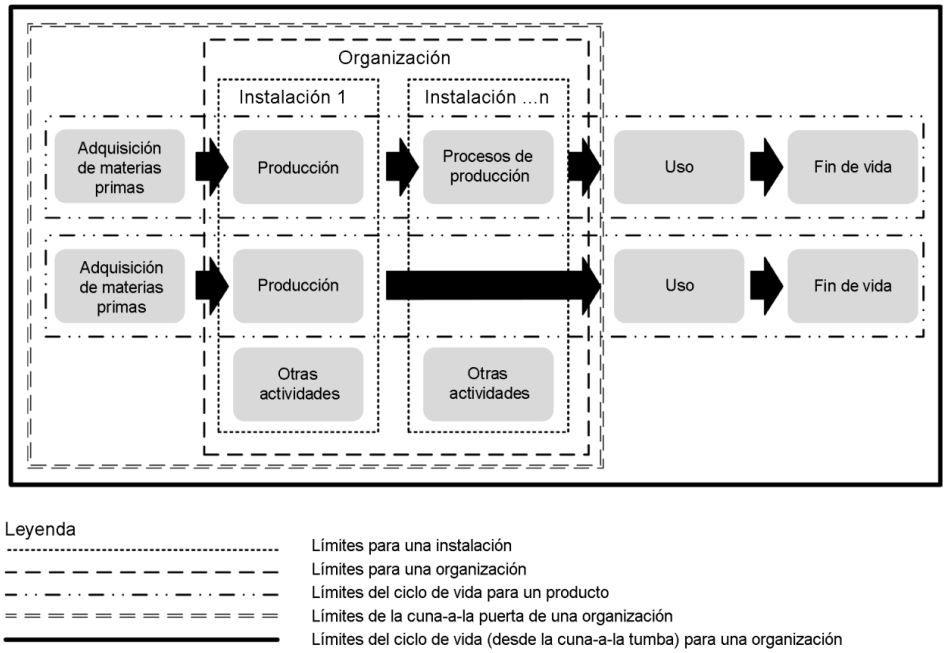


Figura 4 Ejemplo de diferentes límites del sistema para la evaluación de la huella de agua de una organización. Fuente ISO 14046:2014.

Una de las ventajas de la Norma ISO es que, al ser internacional, es aceptada en todo el mundo y puede convertirse en el principal referente internacional en lo que respecta a la evaluación de la huella hídrica. Permite mejorar la gestión de los riesgos del agua frente a su escasez como recurso, así como mejorar la reputación social y ambiental de la empresa. Aunque cabe destacar que el tercer capítulo está dedicado a la explicación de términos y definiciones aplicados en el documento, siendo más de 20 definiciones descriptas por lo que se observa la complejidad del proceso de análisis. Además, su definición de huella de agua permite la libre elección del método de cuantificación. Sólo se analizan los impactos ambientales potenciales que sean relativos al agua, excluyendo cualquier referencia a impactos sociales o económicos. Si se quisiera describir los potenciales impactos ambientales globales (es decir, más allá del agua) esta norma no es suficiente, sino que debe incorporarse la norma ISO 14044 para un análisis más integral. Este punto también es importante dado que como está basada en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la norma anteriormente mencionada, si no se conoce, existirán dificultades para poder entender la ISO 14046 (Montserrat Ferrer, 2014).

2.1.3. Manual Water Footprint Network (WFN)

El Manual de evaluación de huella hídrica fue desarrollado por Arjen Hoekstra y su equipo de colaboradores (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011), el cual contiene una explicación detallada de los conceptos y aplicaciones de esta metodología.

Arjen Hoekstra definió la Huella Hídrica como “un indicador del uso de agua dulce”, el cual no sólo se centra en el uso directo del agua por parte de un consumidor o productor sino también en su uso indirecto. Es decir, se lo puede considerar un indicador integral de la apropiación de los recursos hídricos. Mide el volumen de agua dulce usado para elaborar el producto en toda la cadena de suministro como así también los volúmenes de consumo en origen y los volúmenes de contaminación. A su vez, se considera la huella hídrica azul como aquel consumo de los recursos de agua azul (aguas superficiales y subterráneas) a lo largo de la cadena de suministro de un producto (en este sentido el consumo se entiende como la pérdida de agua de una masa de agua disponible en una zona de captación o cuenca hidrográfica; es decir se evapora, regresa a otra cuenca hidrográfica o al mar, o se pasa a ser parte del producto). La huella hídrica verde se refiere

al consumo de recursos de agua verde (agua de lluvia) y la huella hídrica gris se refiere a la contaminación y se define como el volumen de agua dulce requerida para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales de fondo y las normas de calidad ambiental.

En la Figura 5 se puede observar la representación esquemática de los componentes de la huella hídrica. Muestra que la parte no consuntiva de las extracciones de agua (flujo de retorno) no es parte de ella. También muestra que, al contrario de la medida de la extracción de agua, la huella hídrica incluye el agua verde y gris y el componente de uso indirecto del agua.

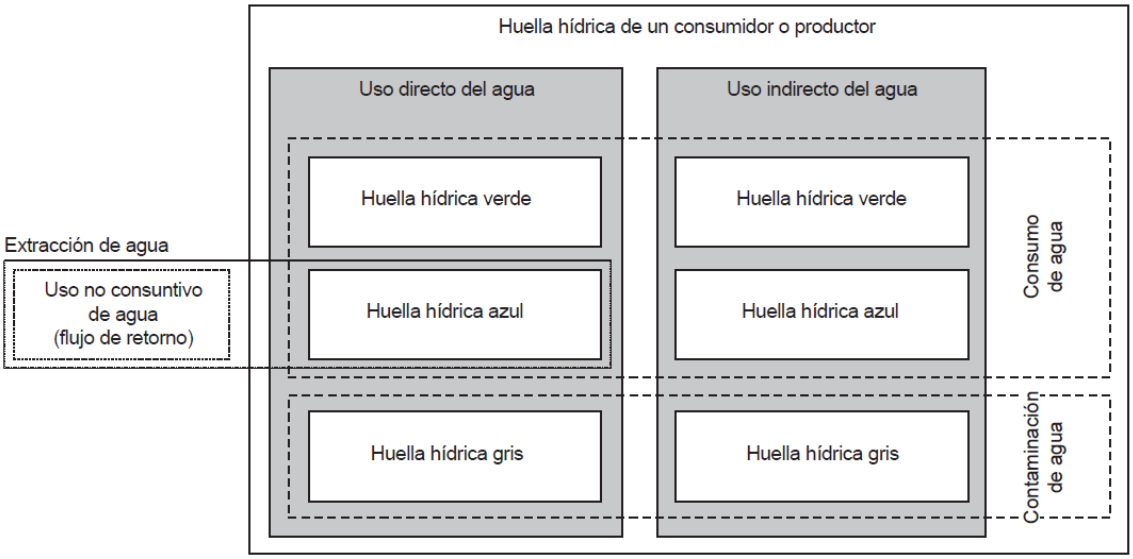


Figura 5 Representación esquemática de los componentes de la huella hídrica. Fuente Manual de evaluación de la huella hídrica.

Para este manual, una evaluación de la huella hídrica consiste en cuatro fases diferentes:

1. Definición de objetivos y alcance
2. Contabilidad de la huella hídrica
3. Análisis de sostenibilidad de la huella hídrica
4. Formulación de respuestas a la huella hídrica

Esta metodología puede aplicarse para una gran variedad de casos; por ejemplo, para un proceso o grupo de procesos antrópicos (agricultura, manufactura, otros); para un producto (arroz, camisa, energía eléctrica); una empresa o sector empresarial, para un consumidor o grupo de consumidores (los habitantes de una nación); o a nivel geográfico (una cuenca, una localidad o una nación). Lo que todas estas aplicaciones tienen en común, es que cualquier huella hídrica está asociada a una localización geográfica y a un período de tiempo determinado, por lo que se dice que la huella hídrica es geográfica y temporalmente explícita.

En el caso puntual de una organización se consideran dos componentes: uno “huella hídrica operacional” o “directa” (volumen de agua dulce consumido o contaminado por la actividad de la organización) y la “huella hídrica de la cadena de suministro” o “indirecta” (volumen de agua dulce consumido o contaminado para producir bienes y servicios). De manera esquemática se lo puede observar en la Figura 6.

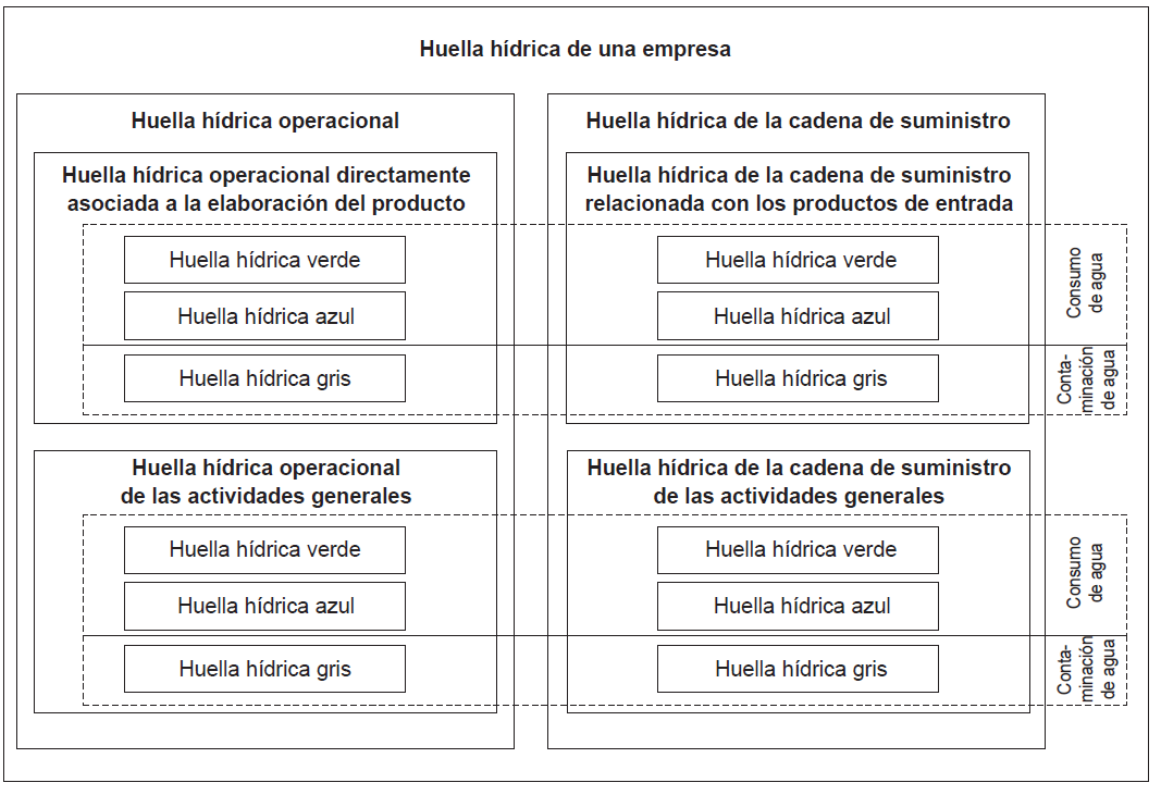


Figura 6 Composición de la Huella Hídrica de una empresa. Fuente Manual de evaluación de la huella hídrica.

3. RESULTADOS

En cuanto al análisis de las herramientas se considera que las tres tienen el mismo objetivo; lograr optimizar el consumo y uso del agua, en cualquier proceso productivo, lo cual lleva a disminuir la generación de efluentes y su consecuente tratamiento antes de su vertido; y de esta manera impactar positivamente no sólo en lo ambiental sino también lo social y económico a nivel regional.

En la Figura 7 se puede observar un esquema sintético de las tres metodologías analizadas.

Figura 7 Metodologías propuestas para el uso eficiente del agua en las organizaciones. Fuente propia.

3. CONCLUSIONES

La gestión ambiental en una organización es fundamental para un adecuado manejo integral de los aspectos ambientales. A través de indicadores ambientales, como instrumentos de medición, permiten planificar, controlar y corregir los factores medioambientales. El agua considerada como un factor ambiental, y presente en cualquier cadena de suministro en mayor o menor medida, se pretende hacer un uso eficiente de la misma. Para ello, es necesario tener identificado a través de la aplicación de diferentes herramientas los tipos de fuentes que proveen de agua a una organización, uso y consumo; como así también la salida, ya sea por vertido o como parte del producto.

En el presente documento se han presentado tres herramientas que permiten llevar adelante una identificación del ingreso (fuentes) y salida del agua (vertido y como parte del producto) y su control. Estas herramientas, al menos dos, son planteadas como indicadores. Por un lado, la norma ISO 14046 define a la huella de agua como una métrica o métricas con las que se cuantifican los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua. Su cuantificación es modular; es decir que las huellas del agua de diferentes etapas del ciclo de vida pueden sumarse para representar el resultado de la huella de agua total y está basada en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) según Norma ISO 14044. Y, por otro lado, en el Manual de evaluación de huella hídrica desarrollado por Arjen Hoekstra y sus colaboradores define la Huella Hídrica como “un indicador del uso de agua dulce”, el cual no sólo se centra en el uso directo del agua por parte de un consumidor o productor sino también en su uso indirecto. Es decir, se lo puede considerar un indicador integral de la apropiación de los recursos hídricos. Mide el volumen de agua dulce usado para elaborar el producto en toda la cadena de suministro como así también los volúmenes de consumo en origen y los volúmenes de contaminación.

Indistintamente de la herramienta que opte una organización, las mismas apuntan a un mismo objetivo; lograr optimizar el consumo y uso del agua, en cualquier proceso productivo, lo cual lleva asimismo a disminuir la generación de efluentes y su consecuente tratamiento antes de su vertido.

El uso eficiente del agua, logrado a través de la gestión del agua, se centra en la suma del uso eficiente de la misma en toda la cadena de suministro; y de esta manera impactar positivamente no sólo lo ambiental sino también en lo social y económico a nivel regional, es decir:

- Desde el punto de vista ambiental, reducir los volúmenes de extracción de agua tanto superficial y/o subterránea, aumentar la disponibilidad del recurso en la región (o al menos no reducirlo), disminuir el vertido con su posible contaminación del cuerpo receptor.
- Desde el punto de vista social impactar positivamente en la salud y calidad de vida de la comunidad local.
- Desde el punto de vista económico, reducción de los costes operativos, reducción del tiempo y los costes de mano de obra gracias a la mejora de los procedimientos de limpieza, mejora en la eficiencia de la producción, reducción de los costes de suministro de agua, tasas de eliminación de aguas residuales o recargos.

Por último, a través de una Gestión del Agua una organización estaría contribuyendo al cumplimiento de algunas metas del Objetivo de Desarrollo 6 “Agua Limpia y Saneamiento” de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la región en la cual se encuentre radicada.

6.3 mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

6.4 aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.

6.6 proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.

6.a ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.

6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

4. REFERENCIAS

Cariello, J. L., Gil, M. R., Berman, W. D., Santangelo, J. C., & Lesiuk, A. (2015). Identificación y alcance del uso de Indicadores de Desempeño Ambiental en las industrias del Gran La Plata. En *COINI 2014.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, ISBN 978-987-1896-39-4.

Cariello, J. L., Gil, M. R., Santangelo, J. C., & Quesada, L. C. (2021). El Balance de Agua como herramienta de Gestión Ambiental en PyME. En *Actas Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021: CADI CLADI CAEDI 2021.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ISBN 978-987-88-1872-6.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard.* Water Footprint Network.

ISO 14044. (2006). Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida.

ISO 14046. (2014). Gestión Ambiental. Huella de Agua.

Montserrat Ferrer. (2014). HUELLA HÍDRICA: La nueva norma internacional ISO 14046:2014 y su implementación. En *CONAMA 2014 Congreso Nacional del Medio Ambiente.* Universidad de León.

Naciones Unidas. (s.f.). Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/

ONU-Agua. (2011). *https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/green_economy_2011/.* Obtenido de https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu//issue06/1154-spa.pdf

UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos.*

Enfoque de triple impacto y sustentabilidad. análisis de herramientas de diagnóstico y oportunidades de mejora en PYMES de Argentina

Cibeira, Natalia Paula; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela; Couselo, Romina

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

natalia.cibeira@ing.unlp.edu.ar; williams@ing.unlp.edu.ar; manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar; romina.couselo@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

En la última década, comenzó a nacer un nuevo paradigma empresarial de triple impacto, que busca redefinir el sentido de éxito del sector privado; donde el éxito deja de medirse solamente por el resultado económico y empieza a medirse también por un impacto ambiental y/o social positivo.

El concepto de triple impacto está asociado a la sustentabilidad, considerándola como la habilidad de lograr una prosperidad económica sostenida en el tiempo protegiendo al mismo tiempo los sistemas naturales del planeta y proveyendo una alta calidad de vida para las personas.

Si bien fueron las grandes empresas las primeras en aplicar este enfoque, existe en la actualidad una imperante necesidad de que las Pymes se sumen en este cambio, ya que en Argentina representan un 98% de las empresas registradas.

El objetivo del presente trabajo es realizar una investigación y análisis de las principales herramientas de diagnóstico de triple impacto y sustentabilidad disponibles, con el propósito de que las pymes puedan tener una radiografía de su situación actual y así poder identificar oportunidades de mejora en los distintos ámbitos, para lograr convertirse en empresas de triple impacto.

Palabras Claves: Triple impacto, sustentabilidad, herramientas, Pymes

ABSTRACT

In the last decade, a new triple-impact business paradigm began to emerge, which seeks to redefine the sense of success of the private sector; where success stops being measured only by the economic result and begins to be measured also by a positive environmental and/or social impact.

The concept of triple impact is associated with sustainability, considering it as the ability to achieve sustained economic prosperity over time while protecting the planet's natural systems and providing a high quality of life for people.

Although large companies were the first to apply this approach, there is currently a pressing need for SMEs to join in this change, since in Argentina they represent 98% of registered companies.

The objective of this paper is to carry out an investigation and analysis of the main triple impact and sustainability diagnostic tools available, so that SMEs can have an X-ray of their current situation and thus be able to identify opportunities for improvement in the different areas. , in order to become triple impact companies.

Keywords: Triple impact, sustainability, tools, SMEs

1. INTRODUCCIÓN

La forma en que las organizaciones y las empresas se relacionan con la comunidad en la que se desarrollan va evolucionando con el tiempo.

El paradigma empresarial tradicional nació con la revolución industrial, donde se buscaba maximizar la rentabilidad sin asumir la responsabilidad del impacto social y ambiental que su actividad podría generar. Las empresas se organizaron de forma mecánica y al ser humano se lo consideró un recurso para su cadena de valor.

La llegada de la globalización, el desarrollo de la conciencia ecológica, las mayores exigencias de los usuarios y las nuevas tecnologías fueron algunos de los factores que impulsaron a las empresas a dar cada vez más importancia al impacto social y ambiental que sus actividades industriales y comerciales generaban.

En esta evolución, la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) representó el conjunto de acciones mediante las cuales las organizaciones se relacionaron con la comunidad para generar un impacto social positivo.

La Responsabilidad Social Empresarial puede definirse como el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, tanto en lo interno como en lo externo, considerando las expectativas económicas, sociales y ambientales de todos sus participantes, demostrando respeto por la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así a la construcción del bien común.

En un principio, la RSE se orientó a la filantropía, es decir, a iniciativas y acciones aisladas que buscaron generar impactos sociales positivos en su comunidad, aunque desvinculadas de su negocio.

Durante las últimas décadas se comenzó a repensar profundamente, desde un enfoque sistémico, el rol de las empresas para un desarrollo sostenible integral. Aquí aparecieron dos conceptos importantes: la sustentabilidad y la sostenibilidad.

El desarrollo sostenible es un concepto que se aplicó por primera vez en 1987 en el Informe Brundtland. Refiere a la búsqueda de un avance social y económico que asegure a los seres humanos una vida sana y productiva, pero que no comprometa la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

La definición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por parte de las Naciones Unidas fue un hito que marcó la interdependencia y la responsabilidad de todos los actores de la sociedad para un desarrollo sostenible integral. Estos 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que se aprobaron en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y que se encuentran interrelacionados entre sí, tienen una visión global y comprenden la búsqueda de la eliminación de la pobreza, de las desigualdades, de una educación de calidad, evitar la degradación ambiental y establecer los caminos que lleven a un mundo más próspero, con paz y justicia.

El concepto de sustentabilidad surge como potencial respuesta a los desafíos globales emergentes y urgentes relacionados con el medio ambiente, la tecnología, la economía, la sociedad y el bienestar general.

El desarrollo sustentable es hacer un uso correcto de los recursos actuales sin comprometer los de las generaciones futuras. Esto significa que los procesos sustentables preservan, protegen y conservan los recursos naturales actuales y futuros.

Herman Daly definió algunos principios de la sustentabilidad, entre los cuales establece que los recursos renovables no deberán utilizarse a un ritmo superior al de su generación, las sustancias contaminantes no podrán producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medioambiente y que ningún recurso no renovable deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

En la última década, comenzó a nacer un nuevo paradigma empresarial de Triple Impacto, que busca redefinir el sentido de éxito del sector privado; donde el éxito deja de medirse solamente por el resultado económico, y empieza a medirse también por un impacto ambiental y/o social positivo.

Estas empresas buscan maximizar un propósito superior y utilizan la fuerza del mercado como medio para escalar y no como su último fin. Además, adoptan los más altos estándares de prácticas

ambientales, sociales y de gobernanza: como resultado, tienden a ser mucho más resilientes durante las crisis.

El tener al triple impacto como propósito empresarial o de las organizaciones trae múltiples cambios en la forma que deben funcionar. Desde el punto de vista del impacto social, evoluciona la forma en la que el sector privado se va a relacionar con la comunidad, por lo que la RSE transiciona hacia la ISE (Inversión Social Estratégica). A partir de este nuevo contexto, se entiende que la relación con la comunidad deja de tener un enfoque filantrópico, para pasar a tener un enfoque central y estratégico para el negocio, alineado al propósito de la empresa.

Esto implica que las acciones que desarrollan son una forma de crecimiento para la organización. Al tener un impacto positivo desde el punto de vista económico, se crea un círculo virtuoso, ya que esto permite que las acciones sean más escalables y tengan un impacto aún mayor.

Si bien fueron las grandes organizaciones y empresas las primeras en aplicar el enfoque de triple impacto a sus actividades y proyectos, existe en la actualidad una imperante necesidad de que las PyMEs y organizaciones se sumen a este nuevo paradigma.

En Argentina, a Junio de 2021 existían un total de 518.000 empresas registradas. De esas, el 98% del total, eran empresas con hasta 100 empleados, es decir PyMEs. A junio 2021 había un total de 6,2 millones de puestos de trabajo registrados en el sector privado. De esos puestos de trabajo, el 51% es generado por las empresas con hasta 100 trabajadores. (Anatilde Salerno, 2021)

El objetivo del presente trabajo es realizar una investigación y análisis de las principales herramientas de diagnóstico de triple impacto y sustentabilidad disponibles, con el propósito de que las pymes puedan tener una radiografía de su situación actual y así poder identificar oportunidades de mejora en los distintos ámbitos, para lograr convertirse en empresas de triple impacto.

2. DESARROLLO

2.1. Herramientas de diagnóstico

Para poder convertirse en empresas de triple impacto el primer paso que debe realizar toda organización es un diagnóstico de su situación actual.

Entre las herramientas más utilizadas a nivel mundial para la realización de un análisis de triple impacto y sustentabilidad se encuentran: la huella de carbono, los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, la gestión integrada de sostenibilidad, los informes de sostenibilidad, la realización de estados de información no financiera, el diagnóstico de B-LAB de empresas B y la Norma ISO 26.000.

2.1.1. Huella de Carbono

La Huella de Carbono, definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey, 2010), y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases. Los GEI, definidos en el protocolo de Kioto el año 1997, forman una capa permanente en la parte media de la atmósfera que impide que toda la radiación solar que es devuelta por la tierra pueda salir, provocando con ello que la temperatura bajo la capa aumente.

La emisión de GEI asociada a las actividades humanas es la principal causa del cambio climático. En este contexto, en el que comienzan a regularse cada vez más los efectos adversos al clima a nivel nacional e internacional, es cada vez más relevante poder estimar los impactos que tienen los desarrollos productivos sobre la atmósfera.

La huella de carbono es un indicador ambiental. Se trata de una evaluación numérica de la emisión de gases de efecto invernadero producidos por un individuo, organización, evento o producto. (Innova, 2020). Tal impacto ambiental es medido llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI o un análisis de ciclo de vida según la tipología de huella, siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 2007, El ISO 14069, ISO 14067, PAS 2050 o GHG Protocol entre otras.

Cabe destacar que puede distinguirse entre huella primaria o secundaria. La huella primaria son las emisiones directas de CO2 sobre las que se tiene control directo. En general, son las que proceden del combustible empleado en el hogar y por el transporte.

En cuanto a la secundaria tiene en cuenta las emisiones indirectas de todo el ciclo de vida de los productos utilizados, ya sea alimentos o tecnología. Incluyen la manufactura y descarte.

La huella de carbono se mide en masa de CO_2 equivalente. Una vez conocido el tamaño y la huella, es posible implementar una estrategia de reducción o compensación, públicos o privados.

2.1.2. Objetivos de Desarrollo sostenible de la ONU

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deberían alcanzarse en los próximos 15 años. (Naciones Unidas, 2022)

Los 17 objetivos son:

1. Fin de la pobreza: Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.
2. Hambre cero: Las estimaciones actuales indican que cerca de 690 millones de personas en el mundo padecen hambre, es decir, el 8,9 por ciento de la población mundial.
3. Salud y bienestar: Garantizar una vida sana y promover el bienestar en todas las edades es esencial para el desarrollo sostenible.
4. Educación de calidad: La educación permite la movilidad socioeconómica ascendente y es clave para salir de la pobreza.
5. Igualdad de género: es un derecho humano fundamental y uno de los fundamentos esenciales para construir un mundo pacífico, próspero y sostenible.
6. Agua limpia y saneamiento: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
7. Energía asequible y no contaminante: la energía se está volviendo más sostenible y ampliamente disponible. El acceso a la electricidad en los países más pobres ha comenzado a acelerarse, la eficiencia energética continúa mejorando y la energía renovable está logrando resultados excelentes en el sector eléctrico.
8. Trabajo decente y crecimiento económico: Promover un crecimiento económico inclusivo y sostenido puede impulsar el progreso, crear empleos decentes para todos y mejorar los estándares de vida.
9. Industria, Innovación e Infraestructura: La industrialización inclusiva y sostenible, junto con la innovación y la infraestructura, pueden dar rienda suelta a las fuerzas económicas dinámicas y competitivas que generan el empleo y los ingresos. Estas desempeñan un papel clave a la hora de introducir y promover nuevas tecnologías, facilitar el comercio internacional y permitir el uso eficiente de los recursos.
10. Reducción de las desigualdades: Reducir la desigualdad en y entre los países.
11. Ciudades y comunidades sostenibles: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
12. Producción y consumo responsables: El consumo y la producción sostenibles consisten en hacer más y mejor con menos. También se trata de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles.

El consumo y la producción sostenibles también pueden contribuir de manera sustancial a la mitigación de la pobreza y a la transición hacia economías verdes y con bajas emisiones de carbono.

13. Acción por el clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

14. Vida submarina: Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos.
15. Vida de ecosistemas terrestres: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.
16. Paz, Justicia e instituciones sólidas: Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas.
17. Alianzas para lograr los objetivos: Para que un programa de desarrollo se cumpla satisfactoriamente, es necesario establecer asociaciones inclusivas (a nivel mundial, regional, nacional y local) sobre principios y valores, así como sobre una visión y unos objetivos compartidos que se centren primero en las personas y el planeta.

Para poder utilizar los objetivos de la ONU como herramienta de diagnóstico cada organización debiera analizar qué está realizando o cómo se está comportando frente a cada uno de ellos. Cabe aclarar que no todos los objetivos son aplicables a todas las empresas, pero se debiera hacer un análisis de cada uno y descartar aquellos que no apliquen.

2.1.3. Gestión Integrada de sostenibilidad (ESG)

Las siglas ESG (Enviromental, Social y Governance) hacen referencia a los factores que convierten a una compañía en sostenible a través de su compromiso social, ambiental y de buen gobierno, sin descuida los aspectos financieros. (Deloitte, 2021)

Muchas veces los criterios ESG tienen fronteras difusas por lo que lo más acertado pareciera ser la capacidad de acción de las empresas en estos aspectos, de modo que los resultados intangibles sean fáciles de identificar por los inversores.

Para determinar qué componentes forman parte de los criterios ESG es preciso analizarlos por separado.

- Criterios Ambientales ESG: Se consideran como criterios ambientales dentro de una estrategia ESG aquellas actividades empresariales que tienen un impacto positivo en el medio ambiente. Un ejemplo de esto pueden ser las actuaciones para reducir la contaminación y la generación de residuos o la emisión de gases de efecto invernadero.

Las actividades no deben ser solo de mitigación de los efectos negativos del negocio y pueden tener una visión proactiva, como la reconversión de la matriz energética o la protección de la biodiversidad.

Dentro de estos criterios se pueden encontrar aspectos como: cambio climático (emisiones, huella de producto, riesgos climáticos, entre otros), capital natural (estrés hídrico, biodiversidad y uso de terrenos, abastecimiento de materias primas), contaminación y residuos (emisiones atmosféricas, residuos peligrosos y no peligrosos, vertidos, fomento de la economía circular) y oportunidades ambientales (tecnologías limpias, edificaciones sostenibles, energías renovables, incentivos fiscales). (S.L., 2021)

- Criterios Sociales ESG: En este apartado encontramos principalmente las acciones relacionadas con condiciones laborales y de respeto a los Derechos Humanos. También se incluye la gestión de relaciones con comunidades donde se opera.

Además, este conjunto de criterios destaca por la protección y la promoción de una empresa diversa y que genere inclusión, así como un espacio saludable para los empleados y la comunidad en general.

Dentro del pilar social se pueden encontrar: el capital humano (atracción, retención y desarrollo de talentos, diversidad e inclusión, equidad salarial, salud y seguridad), responsabilidad de producto (información y etiquetado de productos, seguridad de producto y calidad, seguridad y privacidad de datos, inversión responsable, satisfacción de clientes), responsabilidad en la cadena de suministro (estándares laborales en la cadena de suministro, controversias, derechos humanos, responsabilidad en la relación con proveedores) y oportunidades sociales (contribución a las comunidades, fomento del consumo responsable, sensibilización y activismo social, inversión de impacto social).

- Criterios de Buen Gobierno ESG: Esta área engloba las cuestiones relacionadas con el gobierno corporativo de las organizaciones (diversidad del consejo, remuneración, propiedad, transparencia, independencia en el consejo, competencias del consejo en ESG), su calidad corporativa, su cultura y sus procesos de gestión. Desde la compensación de los directivos, pasando por planes de transparencia y lucha contra las prácticas antiéticas, hasta las acertadas estrategias fiscales.

Cobra especial atención la elaboración de políticas internas sólidas y con indicadores claros que comprendan factores como la externalización, el cumplimiento normativo o la aptitud de los empleados, entre otros. Se encuentra dentro de este pilar el comportamiento corporativo (ética en los negocios, prácticas anti competitivas, corrupción y blanqueo de capitales, inestabilidad del sistema financiero, transparencia fiscal).

2.1.4. Informes de Sostenibilidad

Un informe de sostenibilidad es una práctica que las compañías hacen de manera voluntaria y que tiene como objetivo informar públicamente los impactos positivos y negativos de sus productos, servicios y operaciones, en el ámbito social, económico y ambiental. (Verde, 2021)

En ellos se detallan los retos y riesgos que la empresa tiene en torno a la sostenibilidad, y evalúa aspectos como los recursos ambientales, la relación con sus empleados, los derechos humanos y laborales, estrategias corporativas que aportan al desarrollo sostenible del planeta, entre otros asuntos que varían según las necesidades y estrategias de cada organización.

Los informes de sostenibilidad conllevan un proceso de medición, divulgación y rendición de cuentas a los grupos de interés, tanto internos como externos.

En este tipo de informes se reportan los asuntos que son relevantes en el relacionamiento con los grupos de interés para las organizaciones. Cada organización define su alineación según sus propios parámetros de sostenibilidad y los indicadores que considere necesarios.

Para poder elaborar informes de sostenibilidad, una de las entidades de referencia es GRI. La Iniciativa de Reporte Global o Global Reporting Initiative es una organización sin fines de lucro que opera a nivel internacional, que se dedica a introducir los reportes de sustentabilidad como práctica estándar entre las empresas y otras organizaciones.

El objetivo de Global Reporting Initiative (GRI) es impulsar la elaboración de memorias de sostenibilidad en todo tipo de organizaciones. Produce un completo Marco para la elaboración de Memorias de Sostenibilidad, cuyo uso está muy extendido en todo el mundo.

Los Estándares GRI son mejores prácticas internacionales diseñadas para informar al público general de una variedad de impactos económicos, ambientales y sociales. La presentación de informes de sostenibilidad a partir de estos Estándares proporciona información acerca de las contribuciones positivas o negativas de las organizaciones al desarrollo sostenible. (Org., 2022)

Los Estándares GRI son un sistema modular de estándares interrelacionados. El proceso de presentación de informes toma como base tres series de Estándares: los Estándares Universales GRI, que se aplican a todas las organizaciones; los Estándares Sectoriales GRI, que se aplican a sectores concretos; y los Estándares Temáticos GRI, que incluyen contenidos pertinentes para un tema determinado.

2.1.5. Estados de Información no financiera (EINF)

Para entender la diferencia entre información financiera y no financiera nos remitimos a la definición del Financial Accounting Standard Board: “la información no financiera es aquella que no está reflejada en los estados financieros tradicionales (Balance y Cuenta de Pérdidas y Ganancias), pudiendo comprender: información revelada con carácter obligatorio (informe de auditoría; hechos relevantes) e información de carácter voluntario”.

Además agrega: “el objetivo de cualquier medida no financiera, debería ser capturar los datos que informen sobre aquellos aspectos del negocio, que no estén reflejados en los estados financieros básicos…”. (Malgioglio, 2012)

Los Estados de Información No Financiera son informes de gestión de la empresa o grupo de empresas en los que se aporta información sobre cuestiones medioambientales, de personal y derechos humanos, diligencia debida y sostenibilidad. Es decir, se suministra información sobre cómo está obteniendo y generando beneficios la empresa.

La divulgación de la información no financiera contribuye a medir, supervisar y gestionar el rendimiento de las empresas y su impacto en la sociedad.

Según la Directiva europea (Directiva 2014/95/UE sobre divulgación de información no financiera e información sobre diversidad), el contenido del Estado de Información No Financiera debe incluir descripciones de las políticas de resultados y riesgos vinculados a los siguientes aspectos:

- Cuestiones medioambientales: Información relativa sobre los efectos que las actividades desarrolladas por la empresa tienen sobre el medioambiente, la salud y la seguridad, así como el uso de energía renovable y no renovable, las emisiones de CO2, el consumo de agua y la contaminación.
- Cuestiones sociales: Información relativa al personal, medidas para garantizar la igualdad de género, la aplicación de convenios internacionales, las condiciones de trabajo, la negociación colectiva y el diálogo social y las medidas para garantizar la protección y desarrollo de las comunidades en las que la empresa desarrolla su actividad.
- Derechos humanos: Información relativa sobre las medidas adoptadas para garantizar el respeto por los derechos humanos y evitar abusos.
- Medidas contra la corrupción y el soborno: Información de las medidas y acciones adoptadas para prevenir la corrupción, el soborno y cualquier práctica ilícita relacionada.
- Procedimientos de diligencia debida: Información sobre aquellas medidas de due diligence aplicadas por la empresa, tanto a nivel interno como respecto a sus proveedores y subcontrataciones.

La información que se suministra dentro del EINF será tanto cuantitativa como cualitativa y, de la misma forma que se deben evitar los errores contables a la hora de realizar las Cuentas de la empresa, cuando se elabora el Estado de Información No Financiera hay que suministrar una información clara y detallada de todos los aspectos que hemos señalado en las líneas anteriores.

Hay que tener en cuenta que aunque esta información no se refleja en las cuentas, sí afecta a la evolución y viabilidad de la empresa, además de tener un potencial impacto sobre la sociedad.

A diferencia de las Cuentas Anuales, que se elaboran en base al Plan General Contable, el EINF no tiene una “guía oficial” que explique cómo debe presentarse, pero aquellos obligados a presentar el Estado de Información No Financiera deben basarse en diferentes marcos nacionales, de la UE e internacionales, como pueden ser el Sistema de Gestión y Auditoría Medioambientales, el Pacto Mundial de Naciones Unidas, el Acuerdo de París o los Objetivos de Desarrollo sostenible, así como diferentes estándares internacionales, como las normas ISO 37301 de sistemas de gestión de compliance o la ISO 14001 de sistemas de gestión de compliance ambiental, por citar algunos ejemplos.

2.1.6. Diagnóstico de empresas B (B-LAB)

El Sistema B es una organización sin fines de lucro que cree que los gobiernos, las organizaciones de la sociedad civil, los movimientos sociales, los ciudadanos y la responsabilidad social de los negocios, todos juntos, deben trabajar junto a las Empresas B y otros actores económicos en América Latina, para construir una nueva economía en que el éxito y los beneficios financieros trabajen por construir una economía más justa, equitativa y regenerativa para las personas y el planeta. (Sistema B, 2022)

Las Empresas B están comprometidas con un sistema económico que beneficia al planeta y a todas las personas. Todas las Empresas B miden su impacto social y ambiental y se comprometen de forma personal, institucional y legal a tomar decisiones considerando las consecuencias de sus acciones a largo plazo en la comunidad y el medioambiente.

Asumen con responsabilidad y orgullo pertenecer a este movimiento global de empresas que quieren hacer un cambio, utilizando la fuerza de mercado para dar soluciones a problemas sociales y ambientales.

Las empresas que se certifican como Empresa B no son perfectas, pero asumen un compromiso de mejora continua y ponen su propósito empresarial socioambiental en el centro de su modelo de negocio. Miden y analizan las cinco áreas más relevantes de su empresa: Gobierno, Trabajadores, Clientes, Comunidad y Medio Ambiente, permitiendo una revisión detallada de todas ellas, con el fin de ayudar a identificar todos los posibles puntos de mejora y oportunidades para ser un agente de cambio en la economía, protegiendo la misión y potenciando el triple impacto.

La certificación de Empresa B es entregada por B Lab, una entidad sin fines de lucro en Estados Unidos. Las Empresas B redefinen el sentido del éxito de la empresa, recibiendo una marca colectiva como identidad de mercado. Se someten a una evaluación integral de su sustentabilidad con instancias de certificación y recertificación y realizan enmiendas a sus herramientas de gobernanza legales.

La certificación B tiene costo anual para las empresas y dicho costo depende del monto de su facturación.

2.1.7. ISO 26000

ISO 26000 es una Norma internacional ISO que ofrece guía en Responsabilidad Social. Está diseñada para ser utilizada por organizaciones de todo tipo, tanto en los sectores público como privado, en los países desarrollados y en desarrollo, así como en las economías en transición.

La norma ISO 26000 desarrolla la responsabilidad social corporativa. Según esta norma, la responsabilidad social corporativa es “la responsabilidad de una organización, en relación con los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el medio ambiente, a través de un comportamiento transparente y ético que: contribuya al desarrollo sostenible, incluyendo la salud y el bienestar de la sociedad; tenga en cuenta las expectativas de las partes interesadas; cumpla con la ley aplicable y sea consistente con las normas internacionales de comportamiento; esté integrado en toda la organización y se lleve a la práctica en sus relaciones; permita satisfacer, mediante el desarrollo sostenible, las necesidades de la sociedad viviendo dentro de los límites ecológicos del planeta y sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades”.

La norma ISO 26000 es un estándar internacional que a diferencia de otras normas ISO, no es certificable, y no contiene requerimientos formales. Es una guía que cada organización considerará de forma voluntaria. Su objetivo es:

Ofrecer buenas prácticas y recomendaciones y facilitar una guía que permita:

- Detectar oportunidades de mejora en materia de responsabilidad social corporativa.
- Evaluar o medir la responsabilidad social corporativa de las entidades.
- Fomentar la responsabilidad social corporativa, teniendo en cuenta a los grupos de interés, de forma que se contribuya al desarrollo ambiental, social y económico sostenible en los productos, servicios o procesos de la entidad.

Esta norma hace referencia también a otros estándares relacionados, como son los GRI Standards, la declaración de Derechos Humanos de las Naciones Unidas y trata, entre otras, cuestiones relativas a derechos humanos, relaciones de trabajo, medioambiente o la influencia de la entidad en la sociedad.

Cabe destacar que propone siete principios fundamentales:

1. Gobernanza de la organización
2. Derechos humanos
3. Prácticas laborales
4. Medio ambiente

5. Prácticas justas de operación
6. Asuntos de consumidores
7. Participación activa y desarrollo de la comunidad

2.2. Análisis de las herramientas

Con el fin de realizar un análisis de las herramientas descriptas anteriormente se identificaron distintos factores claves sobre los aspectos de triple impacto que abarca cada una de ellas.

Los factores considerados fueron los siguientes:

- **Impacto Ambiental:** Por medio de esta dimensión es posible conocer el impacto de las empresas en el medioambiente y así evaluar la posibilidad de reducirlo e incluso establecer objetivos para generar uno positivo. Esto último se genera cuando la empresa considera al cuidado del medio ambiente en toda su cadena de valor, incorpora principios de la economía circular, actúa con transparencia al exponer informes de sus procesos, emisiones y desperdicios y aplica buenas prácticas en el uso de los recursos energéticos.

Algunas de las categorías dentro de esta dimensión pueden ser (AmCham, 2021): el uso de la energía, el uso y/o contaminación del agua, la huella de carbono y la producción y consumo responsables

- **Impacto Social:** En esta dimensión se evalúa el grado de impacto que la organización tendrá sobre los distintos grupos de la sociedad. Estos grupos incluyen a personas directamente relacionadas con la organización como empleados, sus familias, proveedores, distribuidores o clientes y a personas que no estén directamente vinculadas con la organización, pero aun así puedan verse afectadas, como la comunidad en la que una organización está inmersa.

Estos grupos pueden manifestarse hacia adentro, en las relaciones con empleados; en la producción, a lo largo de la cadena de valor en su vínculo con proveedores o distribuidores; hacia el consumidor o en una combinación de estas.

- **Gobierno corporativo:** Este factor evalúa el conjunto de normas, sistemas, procesos y prácticas que aplican las empresas para controlar y dirigir su funcionamiento. Como se mencionó anteriormente, esta área engloba las cuestiones relacionadas con la diversidad del consejo, remuneración, propiedad, planes de transparencia, lucha contra las prácticas antiéticas y estrategias fiscales.
- **Costo por utilizar la herramienta:** Se analiza qué costo posee la utilización de la herramienta para las empresas.
- **Métricas de impacto:** Para crear empresas más justas se debiera utilizar métricas que permitan la cuantificación de la creación de valor sobre los aspectos del triple impacto, es decir no sólo utilizar indicadores financieros, sino también métricas ambientales, sociales y de buen gobierno. Una de las grandes dificultades que se presentan al medir los impactos desde una perspectiva triple es que las métricas están en distintas y muy variadas unidades de medida. La creación de estas métricas está condicionada a los datos de los que disponga la organización como a los supuestos en los que se basa.

Entre las principales fuentes de métricas e indicadores a nivel mundial se pueden citar las recogidas en el sistema IRIS, que es un catálogo de indicadores de desempeño promovido por el Global Impact Investing Network (GIIN) cuyos estándares han sido acordados por los más importantes actores del mercado de impacto. El catálogo IRIS incluye más de 450 indicadores clasificados según diferentes criterios (sector de la iniciativa, dimensión del impacto, impacto operativo, impacto del producto o del servicio).

- **Informes estandarizados:** Se estudia se la herramienta brinda modelos de informes predefinidos en los que el contenido es fijo. Dichos informes facilitan la comparación entre distintas empresas.
- **Facilidad de aplicación:** Dentro de este factor se incluye un análisis del personal requerido, información necesaria y tiempo necesario para la implementación,

Posteriormente se procedió a realizar una matriz de ponderación de factores.

Para asignarles peso se consideraron los factores ambiental, social y de gobierno corporativo con mayor importancia. El costo se consideró igualmente importante ya que las Pymes del país suelen tener escasos recursos monetarios.

Cada factor se puntuó de 0 a 10. Cabe aclarar que al factor de costos se le consideró: 10 si no posee costos de implementación y 0 si los costos fueran muy elevados.

Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Matriz de ponderación de las herramientas de diagnóstico de triple impacto. Fuente: elaboración propia.

Factores	Peso relativo (%)	Herramientas						
		Huella de carbono	Objetivos ONU	Gestión Integrada de sostenibilidad	Informes de Sostenibilidad	Estados de Información no financiera	Diagnóstico de empresas B	ISO 26.000
Impacto Ambiental	20	10	10	10	10	10	10	5
Impacto Social	20	2	10	10	10	10	10	5
Gobierno Coorporativo	20	0	10	10	10	10	10	10
Costo	20	4	8	8	5	2	2	6
Métricas de impacto	5	10	5	5	8	5	8	5
Informes estandarizados	5	5	2	2	8	5	8	10
Facilidad de aplicación	10	5	10	8	5	2	2	5
Puntuación total	100	4.45	8.95	8.75	8.3	7.1	7.4	6.45

2.3. Resultados

De la matriz de ponderación se puede observar que las herramientas con mayor puntuación son: los objetivos globales de la ONU, los conceptos de gestión integrada de sostenibilidad y los informes de sostenibilidad. Dichas herramientas hacen un análisis integral desde la perspectiva triple, no poseen altos costos de implementación y son de fácil aplicación en comparación con los otros.

Por otra parte, los estados de información no financiera, el diagnóstico de empresas B y la aplicación de la ISO 26.000 son herramientas útiles que abarcan las tres perspectivas del triple impacto pero presentan un costo más elevado.

Por último, la huella de carbono, si bien es un indicador que abarca la perspectiva ambiental ampliamente y posee métricas de impacto bien definidas, no aborda la perspectiva social y de buen gobierno.

3. CONCLUSIONES

El mundo se está replanteando sus acciones, sus sistemas e incluso sus valores. Las empresas están adoptando una visión largoplacista e integral, aspectos característicos del enfoque del desarrollo sostenible. Bajo este enfoque ya no basta con generar empleo y dinero.

El nuevo paradigma empresarial de Triple Impacto busca redefinir el sentido de éxito del sector privado; donde el éxito empieza a medirse por un impacto ambiental y/o social positivo, además del económico.

Para poder convertirse en empresas de triple impacto el primer paso que debiera realizar toda organización es un diagnóstico de su situación actual. Entre las herramientas más utilizadas a nivel

mundial para la realización de un análisis de triple impacto y sustentabilidad se encuentran: la huella de carbono, los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU, la gestión integrada de sostenibilidad, los informes de sostenibilidad, la realización de estados de información no financiera, el diagnóstico de B-LAB de empresas B y la Norma ISO 26.000.

La Huella de Carbono representa la cantidad de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios, y es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de dichos gases.

La huella de carbono se mide en masa de CO_2 equivalente. Una vez conocido el tamaño y la huella, es posible implementar una estrategia de reducción o compensación, públicos o privados.

Los diecisiete objetivos de la ONU fueron adoptados por los líderes mundiales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deberían alcanzarse en los próximos 15 años.

Para poder utilizar los objetivos de la ONU como herramienta de diagnóstico cada organización debiera analizar qué está realizando o cómo se está comportando frente a cada uno de ellos. Cabe aclarar que no todos los objetivos son aplicables a todas las empresas, pero se debiera hacer un análisis de cada uno y descartar aquellos que no apliquen.

El concepto de Gestión Integrada de sostenibilidad (ESG) hacen referencia a los factores que convierten a una compañía en sostenible a través de su compromiso social, ambiental y de buen gobierno, sin descuida los aspectos financieros. El análisis debe basarse en esos tres pilares fundamentales.

Un informe de sostenibilidad es una práctica que las compañías hacen de manera voluntaria y que tiene como objetivo informar públicamente los impactos positivos y negativos de sus productos, servicios y operaciones, en el ámbito social, económico y ambiental.

Para poder elaborar informes de sostenibilidad, una de las entidades de referencia es GRI. Los Estándares GRI son mejores prácticas internacionales diseñadas para informar al público general de una variedad de impactos económicos, ambientales y sociales. La presentación de informes de sostenibilidad a partir de estos Estándares proporciona información acerca de las contribuciones positivas o negativas de las organizaciones al desarrollo sostenible.

Los Estados de Información no financiera (EINF) son informes de gestión de la empresa en los que se aporta información sobre cuestiones medioambientales, de personal y derechos humanos, diligencia debida y sostenibilidad. Es decir, se suministra información sobre cómo está obteniendo y generando beneficios la empresa.

A diferencia de las Cuentas Anuales, que se elaboran en base al Plan General Contable, el EINF no tiene una “guía oficial” que explique cómo debe presentarse, pero aquellos obligados a presentar el Estado de Información No Financiera deben basarse en diferentes marcos nacionales, de la UE e internacionales, como pueden ser el Sistema de Gestión y Auditoría Medioambientales, el Pacto Mundial de Naciones Unidas, el Acuerdo de París o los Objetivos de Desarrollo sostenible, así como diferentes estándares internacionales, como las normas ISO 37301 de sistemas de gestión de compliance o la ISO 14001 de sistemas de gestión de compliance ambiental, por citar algunos ejemplos.

La certificación de Empresa B es entregada por B Lab, una entidad sin fines de lucro. Las Empresas B redefinen el sentido del éxito de la empresa, recibiendo una marca colectiva como identidad de mercado. Se someten a una evaluación integral de su sustentabilidad con instancias de certificación y recertificación y realizan enmiendas a sus herramientas de gobernanza legales.

La certificación B tiene costo anual para las empresas y dicho costo depende del monto de su facturación.

La norma ISO 26000 desarrolla la responsabilidad social corporativa. Dicha norma es un estándar internacional que a diferencia de otras normas ISO, no es certificable, y no contiene requerimientos formales. Es una guía que cada organización considerará de forma voluntaria.

De la investigación bibliográfica realizada se identificaron una gran diversidad de herramientas disponibles a nivel mundial, sin embargo, se observó que no existen criterios unificados para su aplicación o priorización en una etapa de diagnóstico.

La etapa de diagnóstico de las organizaciones es fundamental para poder obtener una radiografía y así plantear posibles oportunidades de mejora.

Con el fin de realizar un análisis de las herramientas descriptas anteriormente se identificaron distintos factores claves sobre los aspectos de triple impacto que abarca cada una de ellas.

Los factores considerados fueron los siguientes: impacto ambiental, impacto social, gobierno corporativo, costo, métricas de impacto, informes estandarizados y facilidad de aplicación. Posteriormente se procedió a realizar una matriz de ponderación de factores. Para asignarles peso se consideraron los factores ambiental, social y de gobierno corporativo con mayor importancia. El costo se consideró igualmente importante ya que las Pymes del país suelen tener escasos recursos monetarios. Cada factor se puntuó de 0 a 10. Cabe aclarar que al factor de costos se le consideró: 10 si no posee costos de implementación y 0 si los costos fueran muy elevados.

De la matriz de ponderación se puede observar que las herramientas con mayor puntuación son: los objetivos globales de la ONU, los conceptos de gestión integrada de sostenibilidad y los informes de sostenibilidad. Dichas herramientas hacen un análisis integral desde la perspectiva triple, no poseen altos costos de implementación y son de fácil aplicación en comparación con los otros.

Por otra parte, los estados de información no financiera, el diagnóstico de empresas B y la aplicación de la ISO 26.000 son herramientas útiles que abarcan las tres perspectivas del triple impacto pero presentan un costo más elevado.

Por último, la huella de carbono, si bien es un indicador que abarca la perspectiva ambiental ampliamente y posee métricas de impacto bien definidas, no aborda la perspectiva social y de buen gobierno.

4. REFERENCIAS.

AmCham. (2021). *Premio Ciudadanía Empresaria.* Argentina.

Anatilde Salerno, M. R. (2021). *EVOLUCIÓN DE LAS PYMES EN ARGENTINA Y SU IMPACTO EN EL EMPLEO.* Universidad del CEMA.

Deloitte. (14 de Diciembre de 2021). Obtenido de https://www2.deloitte.com/es/es/blog/sostenibilidad-deloitte/2021/que-son-criterios-esg-para-que-sirven.html

Innova, G. (8 de 10 de 2020). *Geo Innova*. Obtenido de https://geoinnova.org/blog-territorio/huella-carbono-herramientas/

Malgioglio, J. M. (2012). *LA IMPORTANCIA DE LA INFORMACION NO FINANCIERA PARA LA TOMA DE DESICIONES.* Universidad Nacional de Rosario.

Naciones Unidas. (10 de 10 de 2022). Obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Org., G. R. (2022). Obtenido de https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-spanish-translations/

Pandey, P. D. (2010). *Carbon foorprint: current methods of estimation. Environmental Monitoring and Assessment.*

S.L., P. (2021). *Guía para la integración de criterios ESG entre los Consejos de Administración.*

Sistema B. (2022). Obtenido de https://www.sistemab.org/

Verde, P. (4 de Enero de 2021). Obtenido de https://www.portafolioverde.com/noticias/informe-de-sostenibilidad-corporativo-todo-lo-que-debes-saber/

Área B

Gestión de las Organizaciones y del Conocimiento Organizacional

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área B
Gestión tecnológica, innovación e industria 4.0 en PYMES de manufactura	CO22-B03
Competencias de empleabilidad en Discapacidad	CO22-B04
El conocimiento organizacional como base del desarrollo productivo	CO22-B05
Mapeo de flujo de valor para la mejora de la gestión de la información de los procesos terapéuticos en una organización de servicios	CO22-B06
Metodología ágil para el desarrollo e implementación de un sistema de información en una organización de servicios	CO22-B07
Herramientas tecnológicas, clientes, competencia, entorno y coordinación interfuncional en hoteles PYMES del estado de Sonora, México	CO22-B08
Percepciones sobre la inserción laboral de personas con discapacidad (PCD) en Mar Del Plata	CO22-B09
El comportamiento organizacional y la inclusión de personas con discapacidad (PCD): ¿Una relación posible?	CO22-B10
Modelo PEF: patrimonial, económico y financiero como herramienta para comprender y gestionar PYMES.	CO22-B11
Análisis de decisiones estratégicas en distintos escenarios posibles	CO22-B12
Propuesta de mejoras en la gestión de la productividad para una cooperativa gráfica de la ciudad de Mar del Plata	CO22-B13
Factores claves del compromiso organizacional para el desarrollo de proyectos de mejora	CO22-B15
Las redes organizacionales como espacios de aprendizajes compartidos	CO22-B16
Orientaciones estratégicas, características y relaciones: sector hotelero con infraestructura para turismo de negocios de la ciudad de Medellín, Colombia	CO22-B17
Una propuesta de modelo conceptual con un enfoque de gestión del conocimiento para la mejora y automatización de procesos	CO22-B18
Modelo de liderazgo por roles para la dirección de organizaciones. Estudio aplicado a nivel exploratorio sobre propósito y decisiones directivas	CO22-B19
Toma de decisiones racionales y metaracionales en la dirección de organizaciones complejas. Perspectiva transdisciplinaria en la ingeniería industrial	CO22-B21
La construcción de la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones	CO22-B22

Área B: Gestión de las Organizaciones y Gestión del Conocimiento Organizacional

Prólogo del Eje por:
María Velia Artigas y Luciana Santille

Dentro de las áreas de Gestión de las Organizaciones y Gestión del Conocimiento Organizacional, se ha contado con un vasto número de aportes de investigadores y profesionales dedicados al tema. Dentro de los dieciocho artículos se pueden encontrar distintas líneas de investigación, tales como aplicación de herramientas de ingeniería para la mejora de la gestión de las organizaciones, haciendo foco en la calidad de la información y en el gerenciamiento; por otro lado se estudia el comportamiento organizacional en cuanto al compromiso, la gestión de la diversidad, el conocimiento y el aprendizaje. Los abordajes se aplican a diferentes tipos de organizaciones, mayoritariamente PyMES, tanto de productos como servicios.

Se introduce este capítulo con un recorrido de todas las publicaciones, mencionando el título, los autores y un breve resumen de contenido.

Para comenzar, se presenta el trabajo titulado: Gestión tecnológica, innovación e industria 4.0 en pymes de manufactura cuyos autores son Mantulak, Michalus, Yasinski, Nelli y Bresciani. Se realizó un estudio exploratorio sobre Pymes de Misiones para dar cuenta de los impactos positivos de la utilización de herramientas relacionadas a la industria 4.0. Se destacan mejoras en el control de la producción y la ampliación de la gama de productos fabricados.

Dos artículos de autoría de Mortara, Tabone y Dimarco trabajan la utilización de herramientas de ingeniería para la mejora de procesos. Por un lado, se presenta: *Mapeo de flujo de valor para la mejora de la gestión de la información de los procesos terapéuticos en una organización de servicios*, donde se aplica un Mapeo de Flujo de Valor para identificar las actividades que no generan valor a los procesos actuales, en relación a la generación y manejo de la información, y detectar las oportunidades de mejora que contemplen la incorporación de un software de gestión. Se concluye que la implementación de las mejoras propuestas permitió aumentar la disponibilidad de información oportuna para la toma de decisiones, simplificar las tareas del personal y disminuir los tiempos improductivos. Por otro lado, en el trabajo: *Metodología ágil para el desarrollo e implementación de un sistema de información en una organización de servicios,* se llega a la conclusión de que las metodologías ágiles están orientadas especialmente a la gestión de proyectos pequeños, su aplicación resultó una solución sencilla y adecuada para este caso de estudio.

Situados en México, los investigadores Hernández-León Rafael, Cadena-Badilla, Vásquez Quiroga, León Moreno y Vega Robles, presentan el aporte: *Herramientas tecnológicas, clientes, competencia, entorno y coordinación interfuncional en hoteles PyMES del estado de Sonora.* En el cual se expone sobre la influencia de las herramientas tecnológicas, en hoteles PyMES de dicha región. En el método se aplica un cuestionario a cien ejecutivos de mandos medios hoteleros, para el análisis estadístico se trabaja con SmartPLS. Sus resultados destacan la importancia de la calidad de la información, el efecto de uso de tecnologías para realizar un análisis sobre clientes, competencia y entorno, sobre las estrategias que se toman en la coordinación interfuncional de los hoteles.

Dentro del mismo sector hotelero, se encuentra una ponencia de Quesada Castro y Rojas Mora, titulada: Orientaciones estratégicas, características y relaciones: sector hotelero con infraestructura para turismo de negocios de la ciudad de Medellín, Colombia. Se presentan los resultados de una investigación causal con resultados complementarios en cuanto a: orientaciones estratégicas al aprendizaje, a la tecnología y al mercado. Generando relaciones más significativas se presentan en la influencia de la orientación al aprendizaje en la orientación al mercado y la orientación a la tecnología, en la orientación al mercado, y viceversa. Además, cuando la orientación al aprendizaje se convierte en el lineamiento más importante dentro de los hoteles, la relación entre las otras orientaciones se fortalece.

Otra propuesta toma como foco de análisis una PyME, para realizar el artículo: *Propuesta de mejoras en la gestión de la productividad para una cooperativa gráfica de la ciudad de Mar del Plata.* Sus autores, Cutropía, Ligori, Berardi y Esteban, intentan transmitir la experiencia de implementación de mejoras en una cooperativa gráfica. En esta organización los procesos productivos, las tareas administrativas y organizacionales son llevados a cabo por cuatro asociadas; se trabajó de manera conjunta capacitándolas y fomentando su participación. Hasta el momento se logró capacitar a las cuatro asociadas de la cooperativa, la implementación de la metodología 5S en

un área piloto y el diseño de planillas Excel para simplificar el registro de información y desarrollar indicadores. Por otra parte, algunas de estas investigadoras presentan: *Factores claves del compromiso organizacional para el desarrollo de proyectos de mejora.* Así, Blanco, Berardi, Migueles, Marina y Ambrústolo, realizan una revisión bibliográfica sistemática con el fin de identificar y analizar los factores clave necesarios para el logro del compromiso organizacional; los que se identificarán en la comunicación, motivación y empoderamiento, satisfacción laboral, identidad, trabajo en equipo, el liderazgo, la cultura y clima organizacional. Estos factores se destacan para la implementación de programas de mejora continua, particularmente en pequeñas y medianas empresas (PyMES).

En la sotra línea de abordaje, la investigadora Mónica Cecilia Gómez, socializa su artículo: *El conocimiento organizacional como base del desarrollo productivo*. Se propone analizar la toma de decisiones en las organizaciones, a partir de entrevistas con tutores empresariales de pasantes, con empresarios y el análisis del contexto. Se destacan entre sus hallazgos, la relevancia que ha tomado la gestión del conocimiento (tangibles e intangibles). Como valor agregado, presentan aspectos que caracterizan a las empresas de un sector productivo de la ciudad de Córdoba.

Manteniendo el interés por las PyMES, investigadores de La Plata: Couselo, Williams, Pendón y Cibeira; titulan a su artículo: *Modelo PEF: patrimonial, económico y financiero como herramienta para comprender y gestionar pymes.* En el mismo realiza un diagnóstico, en base a tres ópticas: económico, patrimonial y financiero. En base al modelo, se quiere lograr el análisis de los números del empresario y conseguir conocer el estado del negocio antes de tomar decisiones, a través de sintetizar la información importante tomar de decisiones en consecuencia.

En la misma línea, se presenta: *Análisis de decisiones estratégicas en distintos escenarios posibles,* de Pedro Tolón, quien expone una metodología para la toma de decisiones sobre una posible alianza estratégica entre dos instituciones y el proceso para determinar el riesgo considerado en la decisión final. Se propone como metodologías: el modelo de Kepner y Tregoe (1960) y el modelo ADNE de su propia autoría, de análisis dinámico de escenarios (2016).

Siguiendo el eje de la toma de decisiones, los investigadores: Acevedo, Linares y Cachay, exponen: Toma de decisiones racionales y metaracionales en la dirección de organizaciones complejas. Perspectiva transdisciplinaria en la ingeniería industrial. Con este estudio se busca identificar los elementos que trascienden la racionalidad decisional, definiendo un modelo de decisiones para ampliar la gama de criterios de resolución de problemas. Se concluye que los profesionales definen el criterio de resolución en función al escenario y la complejidad percibida del problema.

Poniendo el foco en las redes, como objetos de estudio, los investigadores: Carrizo, Castelló, Carrillo y Villalba, presentan: *Las redes organizacionales como espacios de aprendizajes compartidos*. Se plantea determinar la forma en que el diálogo social de actores multisectoriales logra articular y poner en marcha un sistema de certificación de especialidades técnicas. La configuración del entramado institucional de construcción de dicha Red llamada CARICET como zona de innovación y aprendizajes compartidos es un capital muy enriquecedor para la Universidad Tecnológica Nacional, quien actúa como moderadora.

En cuanto a la temática educativa, el autor Perez-Soltero, presenta: *Una propuesta de modelo conceptual con un enfoque de gestión del conocimiento para la mejora y automatización de procesos.* La misma se basa en el análisis de procesos académico-administrativos para eficientizar la ejecución de estos. Como resultado, se plantea un modelo conceptual compuesto por elementos como: entorno organizacional, proceso inicial, ejecutores de proceso, técnicas y herramientas para el análisis de los procesos, experiencias de clientes y herramientas de tecnologías de la información, por mencionar algunos.

Otro aporte pone su acento en el gerenciamiento, titulado: *Modelo de Liderazgo por Roles para la dirección de organizaciones.* Se trata de un estudio aplicado exploratorio sobre propósito y decisiones directivas, cuya autoría es de Linares, Acevedo y Cachay. El diseño es cualitativo para definir el modelo conceptual y cuantitativo para la corroboración de hipótesis, se aplica estadística inferencial para pequeñas muestras y análisis ANOVA, en una muestra de ingenieros industriales. En los hallazgos se identifica una propensión natural a liderar, el cual se reorienta hacia un rol instrumental de liderazgo derivado del contexto problemático y los requerimientos del grupo u organización. Se plantea que el liderazgo es temporal, flexible, y adaptable, tal como lo requieren las organizaciones complejas en funcionamiento.

Siguiendo la línea del análisis sobre el gerenciamiento, en este caso, se presenta un estudio titulado: *La construcción de la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones,* de Cabrera-Gala, Carrillo-Durán, Sánchez-Baltasar y Olivera-Pérez quienes desarrollan un modelo conceptual desarrollado a través de una revisión sistemática de la literatura, para investigar el constructo de la

reputación personal de los colaboradores en las organizaciones. Se concluye en que se identifican los predictores tales como la integridad percibida, el desempeño laboral, la habilidad política y sus dimensiones podrían estar asociados particularmente con los tipos-dimensiones de la reputación personal como son la reputación de tareas, la reputación social y la reputación de la integridad.

Finalmente, investigadores interesados en el tema de inserción de personas con discapacidad presentan dos artículos diferentes, el primero, *Competencias de empleabilidad en Discapacidad* de autoría de Risiglione, Perez, Duro y Artigas, estudia las competencias requeridas por este colectivo para transitar procesos de inserción laboral efectiva. El trabajo realiza una revisión de fuentes bibliográficas con objeto de esclarecer el posicionamiento teórico y práctico tendiente a sostener la inserción y su permanencia de las personas con discapacidad en el mercado laboral. En la misma temática, se presenta otro artículo, titulado *Percepciones sobre la inserción laboral de personas con discapacidad (PCD) en Mar del Plata* de autoría de Meo, Olthoff, Onaine y Artigas. Se tomaron entrevistas a actores clave de organizaciones dedicadas a dicha población, con objeto de determinar las variables determinantes para la comprensión de la inserción de PCD. Se espera aportar datos que den cuenta del contexto organizacional determinado, para contribuir a la comprensión y sensibilización sobre dicha temática.

Cerrando la temática de la gestión de organizaciones, se encuentra un artículo: *El comportamiento organizacional y la inclusión de personas con discapacidad (pcd): ¿una relación posible?* de Artigas, Ceballos, Onaine y Delmonte, quienes indagan en las fuentes bibliográficas especializadas sobre cuáles son los modelos del Comportamiento Organizacional que permiten el abordaje de la temática y contribuir al conocimiento del comportamiento en el contexto de las organizaciones y su perspectiva de evolución.

Los resultados de las investigaciones en este campo de estudio representan de gran valor para la mejora de la gestión organizacional, recorriendo una amplia perspectiva que incluye el gerenciamiento, el comportamiento, el conocimiento y el aprendizaje.

GESTIÓN TECNOLÓGICA, INNOVACIÓN E INDUSTRIA 4.0 EN PYMES DE MANUFACTURA

Mantulak, Mario José; Michalus, Juan Carlos; Yasinski, Sonia Ester; Nelli, Silvana Sofía; Bresciani, Julio Cesar.

Laboratorio de Gestión Tecnológica y Estadística Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones
Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina
mantulak@fio.unam.edu.ar, michalus@fio.unam.edu.ar, soniayasinski@fio.unam.edu.ar, nelli_sofia@yahoo.com.ar, juliocesarbresciani@gmail.com,

RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en el segmento de PyMEs de la provincia de Misiones, Argentina. Como objetivo se planteó la realización de un estudio exploratorio con el propósito de analizar las acciones relacionadas con la gestión tecnológica y la innovación, y su asociación con herramientas 4.0. Para ello, se realizaron diagnósticos de situación en diversos establecimientos PyMEs de manufactura, a partir de la utilización de una entrevista semi-estructurada y relevamiento de instalaciones. Como resultados de las actividades vinculadas a la gestión tecnológica e innovación se identificaron como preponderantes las modificaciones y/o adaptaciones de máquinas/equipos en sus procesos de producción y la utilización de procedimientos tecnológicos; además, como impactos positivos de su implementación se destacan las mejoras en el control de la producción y la ampliación de la gama de productos fabricados. En tanto que se destacan como herramientas de la industria 4.0 las plataformas digitales con proveedores y clientes, la internet de las cosas, la monitorización remota de la producción y el uso de computación en la nube.

Palabras Claves: Gestión tecnológica, Innovación, Industrias 4.0.

ABSTRACT

The work was carried out in the SMEs segment of the province of Misiones, Argentina. The objective was to carry out an exploratory study with the purpose of analyzing the actions related to technological management and innovation, and their association with 4.0 tools. To do this, situation diagnoses were made in various manufacturing SMEs, based on the use of a semi-structured interview and a survey of facilities. As a result of the activities linked to technological management and innovation, modifications and/or adaptations of machines/equipment in their production processes and the use of technological procedures were identified as preponderant; In addition, as positive impacts of its implementation, the improvements in production control and the expansion of the range of manufactured products stand out. While digital platforms with suppliers and customers, the internet of things, remote monitoring of production and the use of cloud computing stand out as industry 4.0 tools.

Keywords: Technological management, Innovation, Industries 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de la gestión de la tecnología en las empresas productivas posibilita el crecimiento de la organización a partir de la dinamización de determinadas capacidades que le posibiliten gestionar estratégicamente la tecnología. En tal sentido, se coincide con lo expresado por Navarro et al. (2006) en que los mayores resultados de crecimiento empresarial se obtienen enfocando los cambios hacia la incorporación de tecnologías y al perfeccionamiento de las capacidades de sus recursos humanos [1].

Para Aranda Gutiérrez et al. (2008) la complejidad de un análisis tecnológico en el ámbito empresarial, y plantean al respecto que la tecnología es una de las fuentes principales de competitividad, integra conocimiento, experiencia, equipo, instalaciones y permite la generación de nuevos productos, procesos, y sistemas, así como mejoras a los que ya existen [2]. En línea con ello, Núñez de Sarmiento y Gómez (2005) expresa que aunque no se pueda tocar, escuchar, ver o probar, la innovación se puede sentir, pensar y percibir [3].

El Manual de Oslo (2006), define cuatro tipos de innovaciones que implican un variado tipo de actividades relacionadas a la empresa: innovaciones de producto, innovaciones de proceso, innovaciones organizacionales e innovaciones de mercadotecnia. Las innovaciones de producto representan cambios significativos de las características de bienes o de servicios, las de proceso constituyen cambios significativos en métodos de producción y de distribución, las organizacionales se refieren a la implantación de nuevos métodos de organización, y las de mercadotecnia implican el desarrollo de nuevos procedimientos de mercadeo [4].

Asimismo, Sáez de Viteri Arranz (2000) destaca que las empresas que identifiquen y potencien sus recursos y competencias como generadores de valor, resultarán a largo plazo más competitivas. Sin embargo, una organización puede disponer de la tecnología demandada para llevar a cabo sus procesos productivos, pero si no posee directivos con capacidad para gestionarla eficientemente y operarios calificados que realicen dichos procesos con eficacia, la empresa no podrá garantizar un horizonte en el largo plazo [5].

En el segmento de las empresas de manufactura, el empresario debe articularse entre la resolución de los problemas cotidianos y el ejercicio sistemático de reflexión sobre el futuro de su emprendimiento. Para ello, debe determinar para su empresa un rumbo en el desarrollo tecnológico, de manera que pueda competir con ventaja en el contexto de su sector productivo.

A partir de lo expuesto, se concuerda con lo expresado por Morin (1985) relativo a que resulta muy importante realizar un inventario del patrimonio tecnológico como paso previo a la reflexión estratégica [6]. Así como con lo referido por Escorsa Castells y Valls Pasola (2005) cuando argumentan que el análisis tecnológico no se trata de una tarea trivial, pues ha de servir de base para diagnosticar el estado de situación y elaborar a partir de ello, la correspondiente estrategia tecnológica [7]. Además, en línea con Morcillo Ortega (1991) la gestión comprometida de los recursos tecnológicos robustece las ventajas competitivas de la empresa, pues conlleva a un enriquecimiento del patrimonio tecnológico, a través de la implantación de una cultura y clima organizacional que permitan el aprovechamiento del conjunto de posibilidades tecnológicas, con el propósito de generar nuevas ideas y concretar cambios en el emprendimiento [8].

La Industria 4.0 combina el mundo real de la producción con el mundo virtual de tecnología de la información y la comunicación; por lo tanto, procesos industriales tradicionales son complementados y optimizados por el mundo digital. Esto crea la base para la fabricación de la serie de productos con un alto nivel de calidad y con un alto nivel de personalización (Giustozzi, Saunier, y Zanni-Merk, 2018) [9].

La principal motivación de la Industria 4.0 es la conexión e integración de los sistemas de fabricación y servicios para proporcionar efectividad, adaptabilidad, cooperación, coordinación y eficiencia, como se logra a partir de los principios de diseño (Li et al. 2015) [10]. Ello permite que las máquinas y plantas puedan adaptar su comportamiento al cambio de órdenes y condiciones a través de la optimización y reconfiguración de funcionamiento. El foco principal está en la capacidad de los sistemas de información, para obtener resultados de él y cambiar su conducta en consecuencia.

En base a lo expuesto el objetivo del trabajo se centró en un estudio exploratorio con el propósito de analizar las acciones relacionadas con la gestión tecnológica y la innovación, y su asociación con herramientas 4.0 en PyMEs de manufactura de la provincia de Misiones, Argentina.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo realizado corresponde a un diseño no experimental del tipo exploratorio (Namakforoosh, 2005; Hernández Sampieri et al., 2014) [11, 12]. El universo de estudio son las PyMEs de manufactura de la provincia de Misiones, Argentina. El muestreo realizado corresponde al tipo no probabilístico, y comprendió un total de 15 emprendimientos productivos, de los sectores de aserrío, tealero, yerbatero y metalmecánico. Para la recolección de los datos se elaboró una entrevista semiestructurada, cuya validación se realizó mediante expertos del Laboratorio de Gestión Tecnológica y Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Misiones, a partir de una

escala de Likert de 1 a 5, en la que se consideró como inadecuado el valor 1, deficiente el 2, regular el 3, bueno el 4 y excelente el 5. Posteriormente, en función de las recomendaciones realizadas por los expertos se revisó nuevamente el instrumento de recolección de datos y se realizaron los ajustes pertinentes.

El procedimiento para la recolección de los datos consistió en la visita a los establecimientos industriales de la muestra, previa concertación de la cita por parte del equipo de investigación con los empresarios. Previo al encuentro para la realización de la entrevista se realizó una visita explicativa y de sensibilización respecto del propósito de la investigación y los alcances del estudio para favorecer la respuesta de los empresarios.

Los datos registrados a partir de las visitas a los emprendimientos correspondieron a actividades realizadas durante el año 2021, y se enfocaron en acciones vinculadas a gestión tecnológica e innovación, sus impactos y obstáculos para llevarlas a cabo, y la identificación de estrategias tecnológicas empleadas.

3. RESULTADOS

3.1 Acciones vinculadas a la gestión de la tecnología y la innovación

A partir de los datos provenientes de los cuestionarios respondidos por cada uno de los expertos, se procedió a construir la información referida a la gestión tecnológica e innovación de las empresas de aserrío relevadas, a partir de datos correspondientes a dos años consecutivos de funcionamiento.

En la Figura 1 se presentan las diversas actividades vinculadas a la gestión tecnológica en los aserraderos que fueron visitados. En ella se observa que un 95% de las empresas ha modificado y/o adaptó máquinas y equipos en sus procesos de producción, en tanto que un 55% adquirió nuevas máquinas y/o equipo para sus esquemas productivos. Por otra parte, un 64% de las empresas llevó a cabo procedimientos tecnológicos, realizó inventarios tecnológicos y aplicó planes tecnológicos. En tanto que sólo un 27% de las empresas desarrolló proyectos industriales y técnicos. En síntesis, la modificación y/o adaptación de máquinas y equipos marcaron tendencia entre las PyMEs de manufactura.

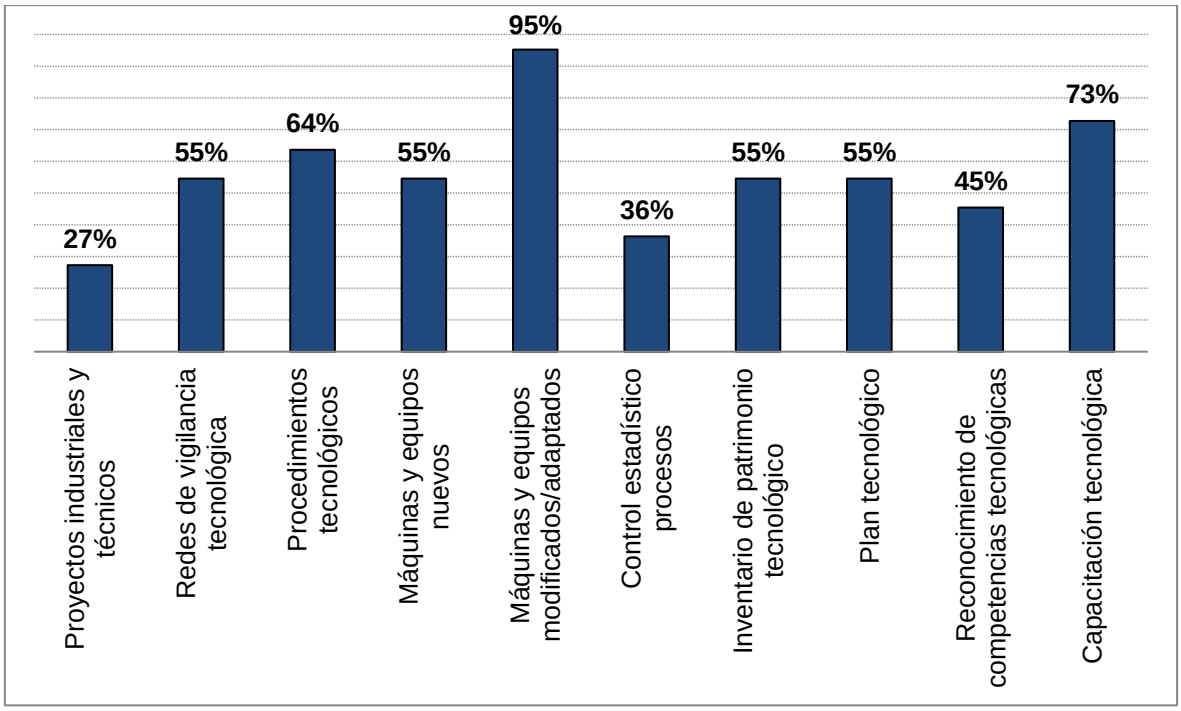


Figura 1 *Actividades vinculadas a la gestión de la tecnología.*

La Figura 2 expone las diversas fuentes de información con que cuentan las empresas como alternativas que pueden generar acciones relacionadas con la gestión de la tecnología y la innovación. Entre las fuentes que más se destacan se encuentran las procedentes de redes de información, proveedores tecnológicos, clientes, competidores de las ferias y exposiciones del sector. Entre las fuentes que menos aportan se encuentran las vinculadas a universidades públicas y privadas, eventos y/o publicaciones, asociaciones del sector y organismos multilaterales.

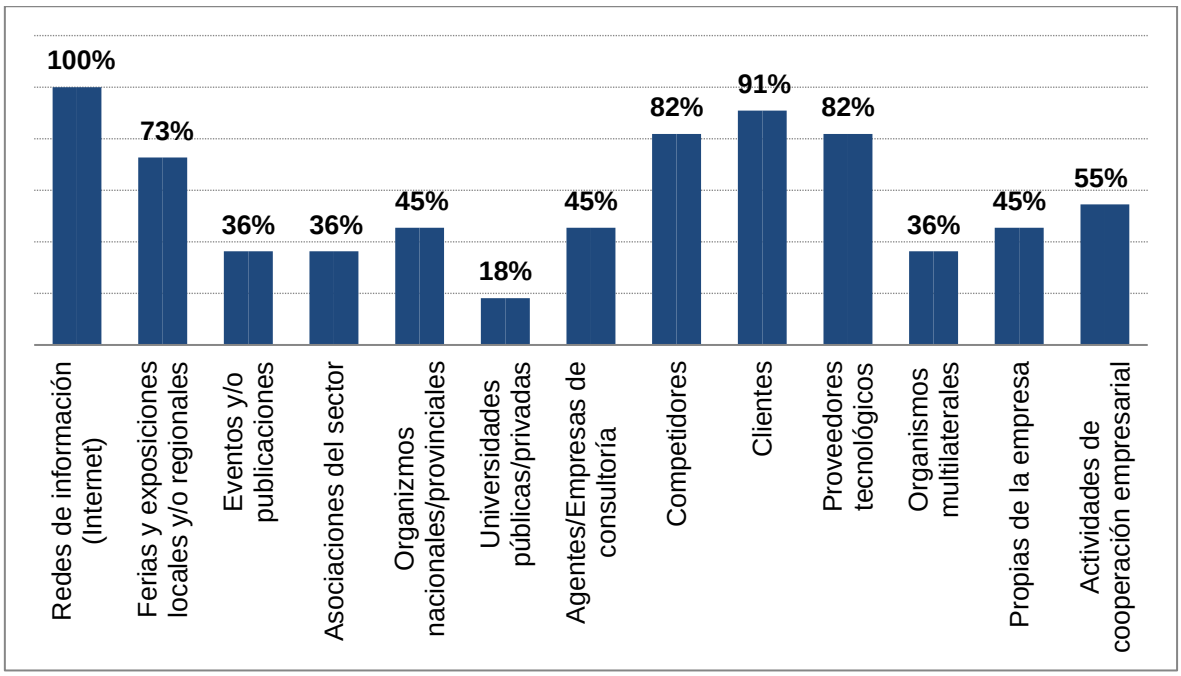


Figura 2 *Fuentes de información que generan acciones vinculadas a gestión de la tecnología y la innovación.*

En la Figura 3 se presenta el impacto de la gestión tecnológica y de las innovaciones en los emprendimientos relevados, donde se destacan los que posibilitaron un aumento en el rendimiento productivo, la ampliación de la gama de productos fabricados, y mejoras en el control de producción. Por otra parte; se identificaron bajos impactos en la reducción de costos de mano de obra y muy pocas mejoras relacionadas con las actividades de cooperación.

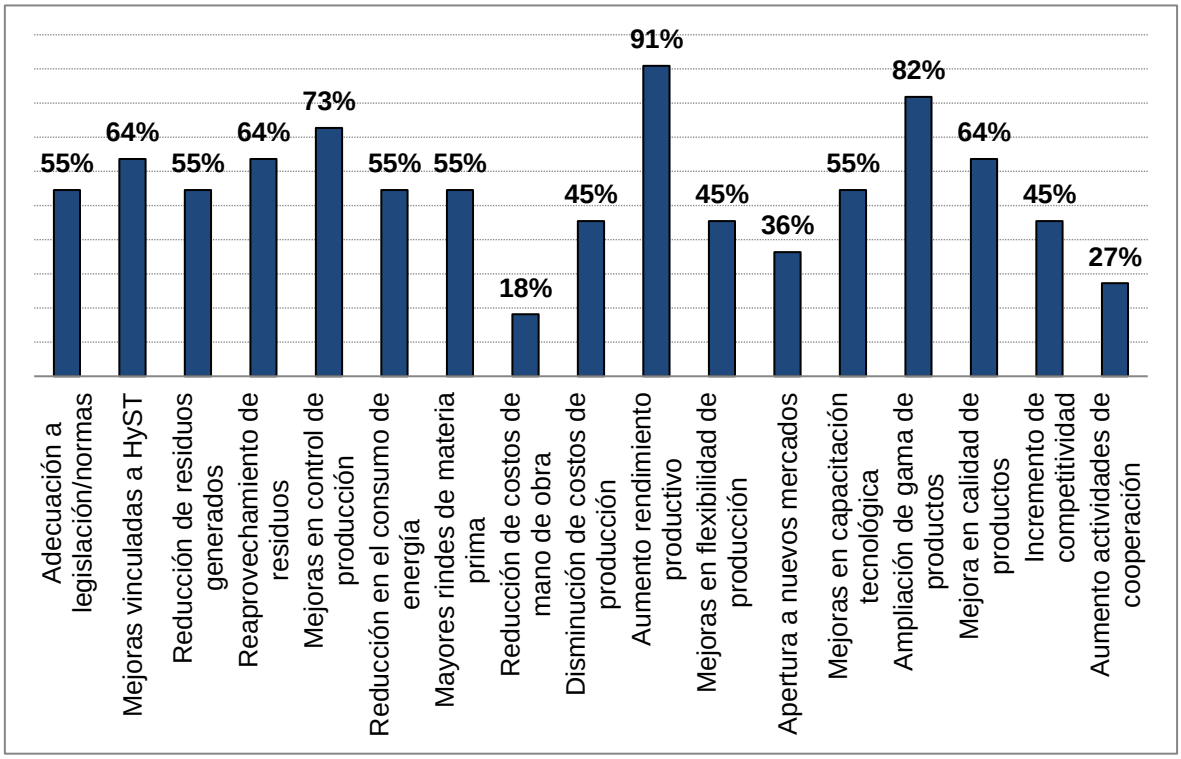


Figura 3 *Impacto de la gestión de la tecnología y la innovación.*

La Figura 4 presenta los resultados referidos a la identificación de obstáculos que se presentan para la realización de actividades de gestión tecnológica e innovación, entre ellos, si identificaron como más importantes la incertidumbre provocada por la incertidumbre en las políticas públicas, los elevados costos para la innovación radical, y los altos riesgos asociados a la innovación, las dificultades para el acceso a la financiación por parte del Estado. Entre los aspectos que menos inconvenientes presentan se encuentran los relacionados con la adecuación a las

reglamentaciones, la falta de información sobre el mercado, y la rigidez de la estructura organizacional de las empresas.

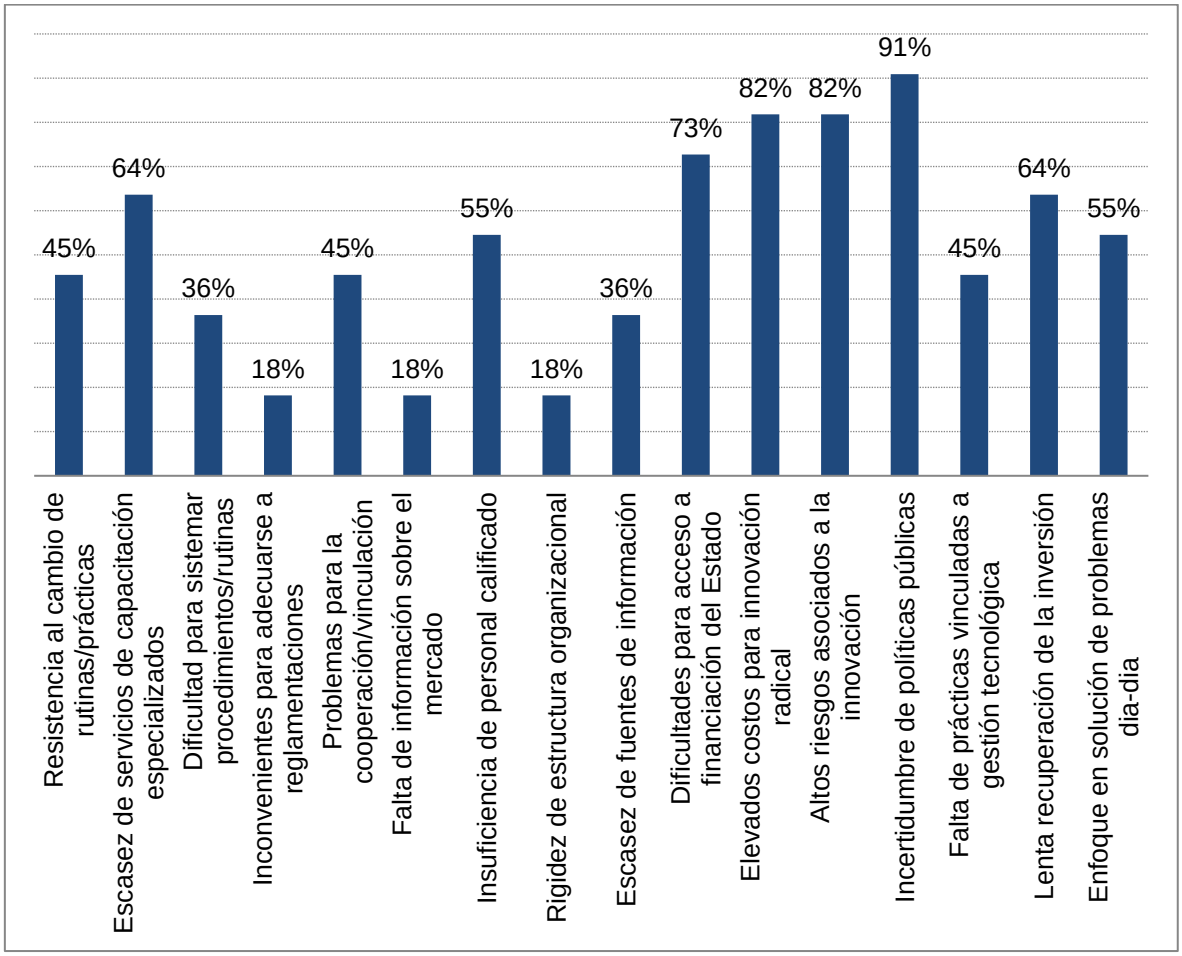


Figura 4 *Obstáculos para impulsar actividades de gestión tecnológica e innovación.*

3.2 Uso de herramientas de Industria 4.0

Las empresas han estado estructurando sus procesos de manufactura mediante el uso de computadoras y software de manera virtual, con conexión a internet y en avanzadas plataformas de análisis de datos, donde al mismo tiempo, la comunicación que ofrecen dichas tecnologías es sincronizada mediante dispositivos que permiten conectar plantas de producción, oficinas y dependencias donde pueden compartir información estructurada y comunicarse en tiempo real sin importar su ubicación (León García, 2019) [13].

A partir de los datos provenientes de los relevamientos realizados en los diferentes establecimientos productivos, se procedió a construir la información referida a la utilización de las diferentes herramientas de Industria 4.0 aplicadas en los mismos.

En la Figura 5 se aprecia que entre las herramientas más utilizadas por las empresas de manufactura relevadas se encuentran la Internet industrial de las cosas, la computación en la nube y los sistemas de integración horizontal y/o vertical. En tanto que, entre las herramientas menos utilizadas están los sistemas de análisis en tiempo real, la simulación de procesos, y la fabricación activa.

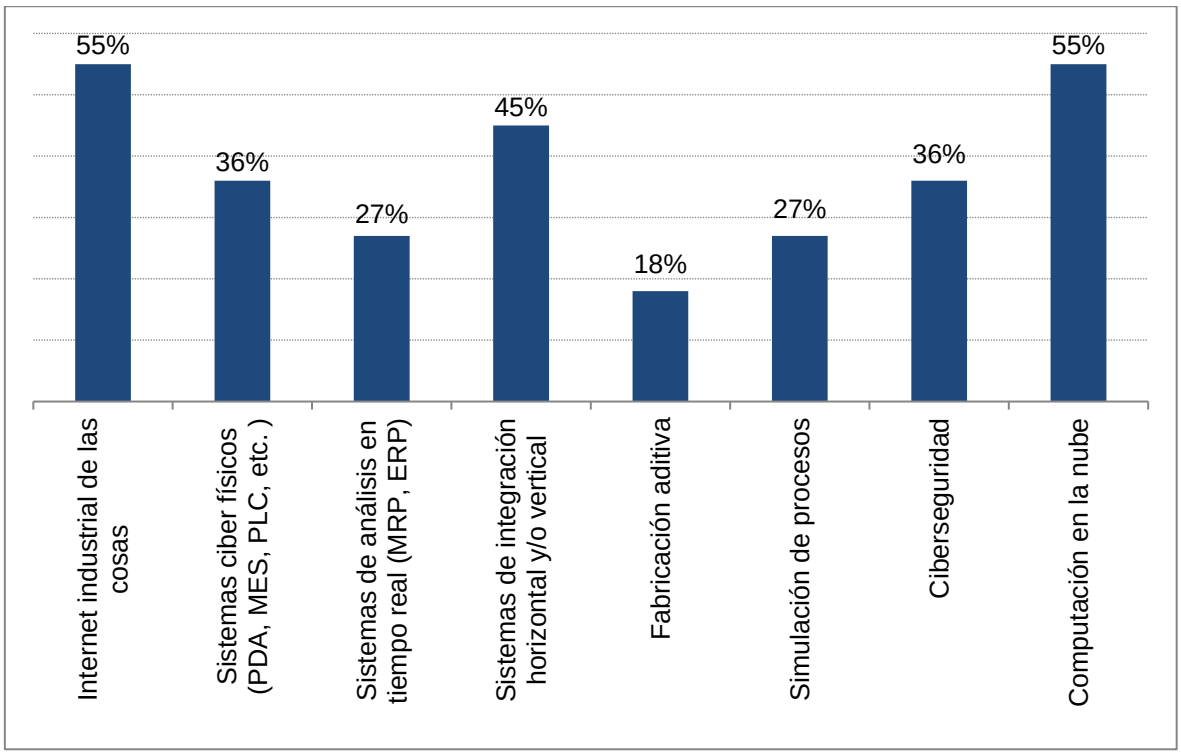


Figura 5 *Utilización de herramientas de Industria 4.0.*

4. CONCLUSIONES

- El relevamiento realizado en el conjunto PyMEs de manufactura de la provincia de Misiones, Argentina, permitió tomar debida nota de la situación en la que se encuentra en general el segmento en referencia a las actividades de gestión tecnológica e innovación y a la utilización de herramientas de Industrias 4.0, entre las cuales se observó que un importante porcentaje de industrias relevadas ha modificado y/o adaptado sus procesos productivos, ha realizado capacitación tecnológica y aplicado procedimientos tecnológicos sistemáticos.
- El estudio permitió identificar los principales impactos positivos como consecuencia del desarrollo de actividades de gestión de la tecnología e innovación, que posibilitaron mejoras en el control de la producción, el aumento del rendimiento productivo de las empresas, la ampliación de la gama de productos fabricados, y mejoras en el aprovechamiento de materia prima, entre los más importantes.
- El trabajo posibilitó la caracterización de los principales obstáculos que se tienen al momento de llevar a cabo acciones de gestión tecnológica e innovación, entre los que se encuentran como más importantes están la incertidumbre provocada por políticas públicas, los altos riesgos asociados a la innovación, y los elevados riesgos asociados a la innovación ante la incertidumbre del mercado.
- El relevamiento sobre el uso de las herramientas de Industria 4.0 en las PyMEs de manufactura posibilitó identificar que entre las más utilizadas se encuentran la Internet industrial de las cosas, la computación en la nube y los sistemas de integración horizontal y/o vertical.

5. REFERENCIAS

[1] Navarro, K., Romero, E., Bauza, R. & Granadillo, V. A. (2006). Estudio sobre la gestión tecnológica y del conocimiento en una organización creadora de conocimiento. Revista Venezolana de Gerencia 11(34), 262-276.

[2] Aranda Gutiérrez H., Solleiro Rebolledo, J., Castañón Ibarra, R. & Henneberry, D. (2008). Gestión de la innovación tecnológica en PyME's agroindustriales chihuahuenses. Revista Mexicana de Agronegocios 12(23), 681-694.

[3] Núñez de Sarmiento, M. & Gómez, O. (2005). El factor humano: resistencia a la innovación tecnológica. Revista ORBIS – Ciencias Humanas 1(1), 23-34.

[4] Manual de Oslo (2018). Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación (4ª Edición). OCDE y EUROSTAT.

[5] Sáez de Viteri Arranz, D. (2000). El potencial competitivo de la empresa: recursos, capacidades, rutinas y procesos de valor añadido. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa 6(3), 71-86.

[6] Morin, J. (1985). L'Excellence technologique. Éditions Jean Picollec – Publi Union. Paris, France.

[7] Escorsa Castells, P. y Valls Pasola, J. (2005). Tecnología e innovación en la empresa (2ª ed.). Alfaomega Grupo Editor, S. A. de C. V.

[8] Morcillo Ortega, P. (1991). La dimensión estratégica de la tecnología (1ª ed.). Editorial Ariel S. A.

[9] Giustozzi, F., Saunier, J., & Zanni-Merk, C. (2018). Context Modeling for Industry 4.0: an Ontology-Based Proposal. Procedia Computer Science, 126, 675–684.

[10] Li, X., Li, D., Wan, J., Vasilakos A. V., Lai, C. F. & Wang, S. (2015). A review of industrial wireless networks in the context of Industry 4.0. Wirel Netw.

[11] Namakforoosh, M. N. (2005). Metodología de la investigación (2ª ed.). Editorial Limusa, S.A.

[12] Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V.

[13] León García, O. A. (2019).Tecnologías de la industria 4.0 en la innovación de la cadena de valor de las PYMEs. Capítulo II, en el libro: La industria 4.0 desde la perspectiva organizacional. Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero, Venezuela.

Competencias de empleabilidad en Discapacidad

Risiglione, María Laura*; Perez, Juan Andrés*; Duro, Romina Soledad*; Artigas, María Velia**

** Departamento de Tecnología. Universidad Nacional de Luján. Argentina*
*** Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina*
laura_risiglione@hotmail.com / perezjandres@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el marco de una investigación interinstitucional, entre el Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional de Luján y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en la que participan además profesionales independientes vinculados a la gestión de recursos humanos y profesionales de salud, que trabajan sobre rehabilitación de Personas con Discapacidad. Al respecto del enfoque, se trata de un acercamiento preliminar, que pretende estudiar las competencias requeridas por este colectivo para transitar procesos de inserción laboral efectiva. Para ello, se realiza un relevamiento bibliográfico orientado a comprender los conceptos de empleabilidad y las competencias asociadas, que permiten a las Personas con Discapacidad, insertarse y mantenerse en el mercado laboral, adaptarse, progresar y encontrar satisfacción en el trabajo. La metodología será una revisión de fuentes bibliográficas primarias y secundarias, de la cual se espera obtener una base formal y conceptual de estudio, que permita servir como insumo para orientar futuras investigaciones.

Palabras Claves: Personas con Discapacidad – Competencias - Empleabilidad

ABSTRACT

This work is developed within the framework of an interinstitutional investigation, between the Department of Technology of de National University of Luján and the Faculty of Engineering of the National University of Mar del Plata, with independent professionals linked to the management of human resources, and health professionals who work on the rehabilitation of Persons with Disabilities.
This is a preliminary approach, which aims to study the skills required by this group to go through processes of effective labour insertion. For this, a bibliographic survey is carried out, with the purpose of understand the concepts of employability and the associated skills, which allow People with Disabilities to enter and remain in the labor market, adapt, progress and find satisfaction at work. The methodology will be a review of primary and secondary bibliographic sources, from which it is expected to obtain a formal and conceptual basis for the study, to serve as an input to guide future research.

Key Words: People with Disability - Skills - Employability

1. INTRODUCCIÓN

Las Personas con Discapacidad (PCD), según el Artículo 1° de la Ley Nacional N° 26.378 [Boletín oficial, 2008], resultan ser un colectivo no homogéneo, que puede manifestar dificultades físicas, mentales y/o intelectuales a largo plazo.
Las dificultades pueden presentarse desde el nacimiento o pueden surgir durante el transcurso de la vida. Según el grado de severidad y el momento de aparición, pueden generar diversos niveles de impacto sobre la capacidad de estudiar, trabajar o bien, participar de las actividades sociales.
En este sentido, según la Organización Mundial de la Salud [OMS, 2001], bajo la concepción actual se entiende a la discapacidad como el resultado de una compleja interacción entre la condición de salud de la persona, y las barreras que el entorno le impone.
En efecto, de acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo [OIT, 2007], las PCD registran mayor nivel de desempleo y menores ingresos que las personas sin discapacidad. Muchas se encuentran subempleadas, relegadas a trabajos de bajo nivel y con escasa seguridad social. Esta situación provoca un impacto negativo sobre la autoestima, a la vez que promueve la resignación y el abandono de los intentos de ingreso al mercado laboral. Sin embargo, la experiencia demuestra que las PCD pueden hacer importantes aportes en su lugar de trabajo cuando logran conseguir un empleo que se corresponde con sus competencias e intereses.
En lo que a esto respecta, conforme postula la OIT [2014], existen varias modalidades de empleo en el ámbito laboral para que las PCD puedan desenvolverse, entre las cuales se destacan:

- Empleo en el mercado laboral abierto, entre las que se recomienda el empleo con apoyo, que incluye adaptaciones, adecuaciones y un soporte individualizado durante todo el proceso [Mendia, Schocron & Otros, 2015]
- Empleo protegido: en instituciones y talleres especializados, bajo las condiciones establecidas por el Régimen Federal (Ley Nacional N° 26.816) [Boletín oficial, 2012].

Con respecto a las oportunidades en el mercado laboral abierto, en Argentina la Ley Nacional N° 25.689 [Boletín oficial, 2003], establece que una proporción no menor del 4 % de la totalidad de personal deberá ser ocupado por PCD. Esta reglamentación alcanza al empleo público, en tanto, no existen lineamientos para el sector privado[1].
No obstante, y más allá de la existencia de cupos, de acuerdo con la OIT [2002], el acceso al empleo y la inclusión laboral de las PCD se ven condicionados por una multiplicidad de complejos factores. Más aún, la empleabilidad encuentra un importante condicionante en las competencias laborales de las PCD [OISS, 2014].
En efecto, resulta de interés realizar un relevamiento bibliográfico que permita comprender la noción de empleabilidad, y las competencias requeridas por las PCD, para transitar procesos de inserción laboral efectivos en el mercado laboral abierto, tanto en el empleo público como privado.

2. DESARROLLO

2.1 La importancia del acceso al empleo en las PCD

El trabajo constituye una herramienta clave para la inclusión social y comunitaria de las PCD porque contribuye a que alcancen el “equilibrio entre el ser individual y el ser social” [Laborda Molla, García & González Fernández, 2021]. Por ello, lograr que las PCD puedan incluirse en el mercado laboral trae aparejados numerosos beneficios.
Al respecto, el Director General de la OIT [2007] señala que garantizar el empleo de las PCD impacta positivamente tanto en el plano individual y familiar, como en la economía y la estabilidad de las sociedades. Así mismo, otros autores sostienen que las PCD con acceso a un empleo incrementan el nivel de autoeficacia, el sentido de identidad social y por lo tanto mejora su bienestar personal. [Tsang & Otros, 2010]
Por otra parte, en lo que respecta a los entornos laborales, la OIT [2018] indica que los beneficios de la inclusión de PCD son múltiples[2], e incluyen:

[1] A excepción de lo establecido en la referida ley, respecto de las empresas privadas concesionarias de servicios públicos.

[2] Más allá de los beneficios descriptos, las empresas que contratan PCD pueden acceder a beneficios tangibles de índole impositiva (Leyes nacionales N° 22.431 [Boletín Oficial, 1981], N° 23.021 [Boletín Oficial, 1983] y N° 24.013 [Boletín Oficial, 1991]). Por otra parte, la OIT [2018], reconoce que la inclusión de PCD provoca un impacto muy positivo sobre la imagen y reputación de la empresa en la sociedad.

- Aumento de la oferta de personal, y acceso a una desaprovechada fuente de competencias y puntos de vista diferentes.
- Mejora del trabajo en equipo y la productividad.
- Aumento de la satisfacción, motivación y compromiso de los empleados.
- Disminución de la rotación laboral.

En virtud de los beneficios descriptos, tal como se ha expuesto en trabajos previos [Perez, Risiglione & Otros, 2021], las PCD podrían desarrollar una actividad laboral acorde, plena y satisfactoria, con la implementación de adecuaciones del ámbito, las tareas, los esquemas de trabajo o una combinación de esas condiciones.

En este sentido, Mareño Sempertegui [2015] señala que estas adecuaciones, a las que denomina accesibilidad, deben darse tanto en los entornos urbanos, edilicios, comunicacionales o virtuales; en los bienes y servicios, así como en los objetos, instrumentos, herramientas y dispositivos, de forma tal que puedan ser utilizados de manera autónoma, segura, confortable, y equitativa.

Si bien las condiciones de accesibilidad son facilitadoras y necesarias para la inclusión laboral, la OIT [2002] afirma que muchas de las PCD no tienen la oportunidad de participar en el mundo del trabajo dado que se ven limitadas por otros numerosos obstáculos; y de acuerdo a la OISS [2014], un factor clave en los problemas de inserción laboral de las PCD es que el nivel educativo y la formación laboral no son adecuados a la demanda del sistema productivo.

Así lo demuestra el estudio realizado en el año 2003 por la Fundación PAR [2005] sobre 580 organizaciones públicas y privadas de Argentina relacionadas con la discapacidad. El mismo arroja que el 52 % de las organizaciones sostiene que el bajo nivel educativo y de formación laboral obstaculiza la inserción laboral.

Sin embargo, la formación es el medio para que las PCD puedan transitar un camino hacia la autonomía e independencia, para ello resulta fundamental que exista una buena transición de la escuela al mundo del trabajo [Medina, 1994]. Una transición efectiva entonces, debería garantizar la adquisición de las competencias básicas necesarias, y así, propender a una mejora en la condición de empleabilidad.

En concordancia, por resultar de interés para la presente investigación, se abordan en lo sucesivo, el estado del arte de las nociones de empleabilidad y competencias asociadas, tanto en términos generales, como para las PCD en particular.

2.2 La noción de empleabilidad

El término empleabilidad proviene de employability, palabra inglesa que a su vez surge de la unión de las palabras employ (empleo) y hability (habilidad). Así, el significado literal de empleabilidad es la habilidad para obtener o conservar un empleo [Campos Ríos, 2003].

De acuerdo a la OIT [2005], la empleabilidad es la aptitud de la persona que le permite aprovechar las oportunidades de formación, para encontrar y conservar un trabajo decente, progresar en él o cambiar a otro, adaptándose a las innovaciones tecnológicas y los cambios del mercado laboral.

En tanto, la Fundación para el Desarrollo de la Función de Recursos Humanos [1999] expresa que la empleabilidad es la aptitud de una persona para tener un empleo que satisfaga sus necesidades profesionales, económicas, de promoción y desarrollo.

Adicionalmente, Gamboa [2007] cita a Groot y Massen Van Den Brink, que consideran que, en la empleabilidad, es clave no solo la preparación previa del individuo, sino también sus actitudes y su predisposición. Otros autores tales como Hillage y Pollard, citados por Gamboa, agregan que la empleabilidad tiene una importante dimensión que refiere a la satisfacción laboral personal.

Consecuentemente, del relevamiento bibliográfico presentado, se desprende que la empleabilidad es una condición que requiere de una serie de competencias que le permitan al individuo insertarse y mantenerse en el mercado laboral, progresar, adaptarse y encontrar satisfacción en sus labores. A continuación, se estudian dichas competencias.

2.3 Las competencias de empleabilidad

Conforme se ha señalado en trabajos previos [Perez, Risiglione & Otros, 2021] las competencias que determinan el “poder hacer” de las personas y condicionan el desempeño laboral son el saber, el saber hacer y el saber ser. Las dos primeras se relacionan con conocimientos y habilidades, respectivamente, mientras que la tercera se vincula con las actitudes. Es decir, saber y saber hacer se relacionan con cuestiones técnicas y operativas, mientras que el saber ser se relaciona con la forma en que la persona se comporta y desenvuelve.

En la misma línea, Laborda Molla, García & González Fernández [2021] citan a Blanco, quien define a las competencias de empleabilidad como el conocimiento integrado, las habilidades, las actitudes y los valores que permiten a las personas responder a problemáticas concretas del mundo laboral.

Las competencias de empleabilidad constituyen un conjunto de capacidades que le permiten a la persona desempeñarse con eficacia en el puesto de trabajo [Brunner, 2001]. Estas capacidades incluyen habilidades de comunicación, interrelación, resolución de problemas, organización de procesos, tareas y comportamientos, que requieren de adaptación y aprendizaje continuos.
En el mismo sentido, la OIT [2013] enfatiza que la empleabilidad se ve condicionada por las competencias clave, que son cuatro:

- Aprender a aprender: Abarca las competencias que les permiten a las personas planificar, gestionar y alcanzar sus propios objetivos de aprendizaje, en forma independiente y autónoma.
- Comunicación: Incluye la escucha activa y la capacidad de transmitir ideas en forma clara, empleando tanto la oralidad como el lenguaje escrito.
- Trabajo en equipo: Engloba todas aquellas competencias que permiten desenvolverse en un equipo, de forma eficaz y eficiente. Demanda buen manejo de relaciones interpersonales y capacidad de negociación.
- Resolución de problemas: Abarca las competencias que posibilitan analizar un problema y establecer planes de acción para atacar las causas que los generan, evaluando las consecuencias a largo plazo.

Desde otra mirada, FUNDIPE [1999] indica que las competencias relacionadas con la empleabilidad son las actitudes de la persona, la seguridad y competencia emocional, la inteligencia práctica y el conocimiento del entorno.
Otros autores, por su parte, explican que las cualidades o competencias de empleabilidad se van formando a lo largo de la vida del individuo en el proceso de socialización, proceso en el que cobra vital importancia no solo la educación formal, sino también la informal, y fundamentalmente el entorno familiar [Formichella y London, 2005]. En este sentido, enfatizan en que la empleabilidad se encuentra sumamente ligada a la estructura de oportunidades que ofrezca el contexto.
En suma, integrando los conceptos de empleabilidad y las competencias asociadas, Brunner [2001] enfatiza que serán más empleables aquellos individuos que logren ser más eficientes en el uso de sus capacidades interpersonales para desenvolverse en los sistemas sociales y organizacionales, manejando adecuadamente la información y la tecnología.
En este sentido, a la luz de la definición de discapacidad según la Ley Nacional N° 26.378 [Boletín Oficial, 2008], y los condicionamientos que impone la accesibilidad planteados por Mareño Sempertegui [2015], las PCD no presentan las mismas condiciones que las demás personas para adquirir las competencias laborales, cuestión que merece un estudio particular y se aborda a continuación.

2.4 Competencias de empleabilidad en las PCD

Laborda Molla, García & González Fernández [2021] señalan que el desarrollo y la formación por competencias de empleabilidad en las PCD, contribuye directamente con la calidad de vida y que, según Schalock, impactan sobre la independencia en el desarrollo personal, la autodeterminación y las relaciones interpersonales; en la participación social, los derechos y el bienestar emocional; y en el bienestar material y físico.
En este sentido, un conjunto de expertos de América Latina [Ministerio de Educación, 2008] concuerdan en que los trayectos formativos tienen gran importancia, y que resulta fundamental lograr su articulación con el entorno laboral, propiciando una formación acorde que garantice el desarrollo de dichas competencias. Para ello, indican que resulta necesario contar con perfiles ocupacionales y análisis de puestos que orienten la formación de las PCD, en el marco de sus potencialidades, motivaciones e intereses. Asimismo, indican que la formación laboral de las PCD debe contemplar estrategias activas que permitan aprender haciendo, fomentar la interacción y el desarrollo de actitudes, en experiencias directas y reales.
En este mismo sentido, una recopilación de estudios realizada por Brunner [2001] muestra que las competencias de empleabilidad se adquieren más fácilmente cuando la transmisión en el proceso de enseñanza se hace en forma explícita, mediante procesos organizados que repliquen características propias del mundo laboral real.
Al respecto de las estrategias, la OMS [2011] subraya que la formación entre pares, las tutorías y la intervención temprana resultan claves para complementar la formación profesional de las PCD, en pos de mejorar su aptitud para el trabajo[3].

[3] Si bien en este apartado se presenta información tendiente a contextualizar la situación de empleabilidad de las PCD, excede el alcance de este trabajo, profundizar en la situación de la educación y

En cuanto a la empleabilidad, estudios de la Fundación PAR [2005] del año 2003 sobre 580 organizaciones públicas y privadas del país relacionadas con la discapacidad, muestran que el 50% de las instituciones dedicadas específicamente a lo laboral, plantean que la capacitación y los talleres de formación laboral resultan ser clave para dotar a las PCD de herramientas técnicas y actitudinales para competir en igualdad de condiciones.
Sin embargo, los expertos de América Latina citados anteriormente [Ministerio de Educación, 2008], señalan que resulta importante superar las deficiencias hasta entonces observadas, relativas a la falta de planificación de la formación de las PCD bajo esquemas personalizados, la extensión de la permanencia en el tramo formativo por encima de la edad de inserción laboral, la formación en espacios no inclusivos y la escasa formación y actualización del docente, tutor o formador, según aplique a cada ámbito.
Agregan que, además de los motivos mencionados, en América Latina las dificultades que encuentran los jóvenes con discapacidad en el acceso al empleo son significativas, fundamentalmente porque la formación no garantiza la adquisición de las competencias necesarias y porque, además, existen prejuicios y temores sobre su desempeño, que restringen o limitan su participación en el mercado laboral. En personas adultas, aclaran, las posibilidades de inserción son aún menores. Esta última situación es generalizada, dado que se ve reflejada de forma transversal en todas las personas laboralmente activas, independientemente de su condición particular.

2.5 Situación y formación laboral de las PCD en Argentina: Marco Legal y políticas públicas

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) en su Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad (ENDI) [2018], el 10,2 % de la población Argentina de más de 6 años son PCD[4]. De ese conjunto, el 54,5 %, tienen entre 15 y 64 años; es decir que 1.946.730 de PCD se encuentran en edad laboral; sin embargo solo un tercio es económicamente activa, siendo la tasa de empleo[5] del 32,2 %. De la población que trabaja, el 49,4 % es obrera o empleada, el 40,5 % trabaja por cuenta propia, el 6,8 % lo hace como trabajador familiar y el 3,3 % es patrón.
Las PCD en edad laboral que no trabajan, alegan como principal motivo que no buscan trabajo porque piensan que no lo van a conseguir a causa de su discapacidad. Esta situación que va en línea con el mito de la inempleabilidad inherente, asume sin discusión, que las PCD, tienen una incapacidad natural para participar de relaciones laborales, aunque posean competencias de empleabilidad [Mareño Sempertegui, 2015].
En lo que refiere a formación, cerca del 75 % de las PCD de 15 a 64 años saben leer y escribir, y el 72,5% de las PCD de 15 a 39 años, no se encuentra cursando ningún nivel en el sistema educativo formal tanto público como privado. No obstante, en cuanto al nivel educativo máximo alcanzado, resulta importante destacar que 2 de cada 10 personas del total de la población con dificultad, de más de 15 años de edad, dice tener el secundario completo, mientras que 1 de cada 10, tiene estudios superiores o de posgrado, completos o incompletos. Asimismo, los resultados muestran que la cantidad de limitaciones que tiene la persona, afecta el nivel educativo alcanzado.

Particularmente, en relación con la capacitación y la formación laboral de las PCD, en la legislación argentina se encuentran contempladas, en los Artículos 17° y 23° de la Ley Nacional N° 24.901 [Boletín Oficial, 1997], como una de las prestaciones básicas, en concordancia con las posibilidades de la persona (patología: tipo y grado, edad y situación socio-familiar). Esta ley a su vez, prevé como prestación complementaria, una cobertura de “iniciación laboral” (Artículo 36°).
Respecto de la Ley Nacional N° 22.431 [Boletín Oficial, 1981], establece en materia de trabajo y empleo, que el Estado debe asegurar que los sistemas de selección de personal garanticen la igualdad de condiciones, y que debe proveer las ayudas técnicas y los programas de capacitación y adaptación necesarios para propender a una efectiva integración de las PCD a sus puestos de trabajo.

formación profesional, como así también, en las estrategias educativas más apropiadas para este colectivo. Se detecta la potencialidad de abordar estos aspectos en futuras investigaciones.

[4] El ENDI alcanza a las personas de 6 años o más, de poblaciones con más de 5.000 habitantes y se centra en relevar población con *dificultad,* aludiendo a la limitación o restricción autopercibida por el individuo, originada por una condición de salud que, en conjunción con factores del contexto, restringe su desenvolvimiento. El estudio contabiliza a quienes usan audífonos y/o poseen Certificado Único de Discapacidad (CUD), hayan indicado o no, alguna dificultad.

[5] Resulta importante aclarar que la Tasa de empleo (TE) para el ENDI se calcula como el porcentaje entre la población ocupada (PO) y la población total de referencia (PT) (TE = PO/PT), entendiendo como PO al conjunto de personas que tienen por lo menos 1 hora de ocupación semanal en una actividad económica.

Por otra parte, en materia de políticas públicas, el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social ofrece diversos programas y acciones, tales como:

- Programa Promover la Igualdad de Oportunidades de Empleo,
- Programa de Inserción Laboral,
- Programa de Empleo Independiente,
- Programa Especial de Formación y Asistencia Técnica para el Trabajo,
- Talleres Protegidos de Producción,
- Acciones de Entrenamiento para el Trabajo,

Estos buscan asistir a PCD en la formación y entrenamiento para el trabajo, en la generación de actividades productivas de manera independiente y en la inserción a empleos de calidad, así como brindar incentivos al sector privado para promover el empleo inclusivo.

2.6 El papel de las empresas

En lo que refiere al sector privado, la Red de Empresas por la diversidad de la Universidad Torcuato Di Tella en su publicación *"Guía de inclusión laboral de personas con Discapacidad para empresas"* [2015], sostiene que para las empresas existe la oportunidad de generar iniciativas para intervenir sobre la formación de las PCD, a partir de la promoción de carreras terciarias o universitarias, la posibilidad de acceso a prácticas profesionalizantes, así como también colaborando con los Centros de Formación Laboral en la actualización de los programas de capacitación. Todas estas iniciativas, podrían encuadrarse en el marco de la Responsabilidad Social Empresaria (RSE)

Asimismo, bajo dicho encuadre, las empresas cobran un papel central en la generación de oportunidades de empleo para las PCD. En lo que a esto respecta, según la OIT [2018], las empresas que ponen las capacidades por sobre los estereotipos, logran aprovechar el talento inexplotado de las PCD, lo que redunda en múltiples efectos positivos derivados de la inclusión de la diversidad en los equipos de trabajo, lo que mejora su capacidad organizativa, la resolución de problemas y la capacidad de innovación. Otras fuentes, reafirman también la existencia de estos beneficios [Mendia, Shocrón y Otros, 2015].

Por otra parte, si bien los beneficios impositivos otorgados por el Estado a las empresas para fomentar el empleo de PCD son importantes, para Christensen, especialista en derecho laboral entrevistado por San Giovanni [2007], en la motivación de las empresas para emplear a una PCD, prima la conciencia colectiva de inserción laboral por sobre los estímulos económicos. En coincidencia, Fundación PAR [2005] advierte que la mayor parte de las empresas que emplean PCD no buscan acceder a los beneficios impositivos, por lo que éstos no constituyen el motivo principal por el cual tienden a implementar la inclusión laboral.

Sin embargo, a pesar de los beneficios descriptos anteriormente, según afirma Martello [2021], Defensor del Pueblo Adjunto de la Provincia de Buenos Aires, en un estudio realizado por Adecco en 2021, solo 3 de cada 10 empresas emplean a PCD en su dotación. Estas estadísticas demuestran que existe una gran oportunidad de expandir la aplicación de este tipo de iniciativas en el ámbito privado.

3. CONCLUSIONES

Tal como se afirma en el Artículo 27° de la Convención sobre los Derechos de las PCD de Naciones Unidas (UN) [2006], "*todas las personas con discapacidad tienen derecho a trabajar en igualdad de condiciones con las demás mediante un trabajo libremente elegido o aceptado en un mercado competitivo y normalizado y en entornos abiertos e inclusivos".* Consecuentemente, conforme lo desarrollado en esta investigación, son vastos los beneficios derivados de la inclusión de PCD en el mercado laboral, tanto para la propia persona y su familia, como para la sociedad en su conjunto. Los entornos laborales demuestran también verse beneficiados al llevar adelante iniciativas inclusivas. Sin embargo, en la actualidad y particularmente en Argentina, si bien existen reglamentación y políticas públicas al respecto, aún no se alcanza la igualdad de oportunidades.

Una de las condiciones necesarias para alcanzar la inclusión laboral, según lo relevado en este trabajo, es que las PCD logren adquirir las competencias de empleabilidad tanto en lo que refiere a los conocimientos y habilidades para desarrollar una tarea, como las cuestiones actitudinales para desenvolverse en los sistemas sociales y organizacionales.

Se detecta, en este sentido, que resulta fundamental lograr la articulación de la formación educativa con el entorno laboral, a fin de desarrollar las competencias de empleabilidad requeridas. El contexto familiar también se vislumbra como un condicionante en el proceso. Las empresas, por su parte, cobran un papel central, en tanto actores generadores de oportunidades de empleo, como así también, potenciando las oportunidades de formación laboral de PCD, en el marco de su política de RSE.

En suma, se puede concluir que la inclusión de PCD supone un gran desafío, que, entre otras cosas, implica reconocer que la formación por competencias no puede ni debe ser homogénea para todos los individuos, y que, en efecto, requiere de una atención particular sobre el colectivo de PCD. Brindar oportunidades de formación ajustadas a las necesidades, y promover oportunidades de empleo para las PCD, constituyen acciones que comprometen a los Estados, pero también a las empresas. En este sentido, reconocer a las PCD como sujetos de derecho, y, en paralelo, aceptar las diferencias y evidenciar su impacto positivo en los entornos laborales, constituyen las bases para sentar una sociedad más justa y equitativa, que posibilite y potencie, el crecimiento y desarrollo de todos y cada uno de sus integrantes.

4. REFERENCIAS

- Boletín Oficial. Argentina. (1981). *Ley Nacional N° 22.431. Sistema de Protección Integral de los discapacitados.*
- Boletín Oficial. Argentina. (1983). *Ley Nacional N° 23.021. Impuestos.*
- Boletín Oficial. Argentina. (1991). *Ley Nacional N° 24.013. Empleo*.
- Boletín Oficial. Argentina. (1997). *Ley Nacional N° 24.901. Sistema de Prestaciones básicas en rehabilitacón y rehabilitación integral a favor de las personas con discapacidad.*
- Boletín Oficial. Argentina. (2003). *Ley Nacional N° 25.689. Modificación de la Ley N° 22.431, en relación con el porcentaje de ocupación de personas con discapacidad por parte del Estado Nacional, sus organismos descentralizados o autárquicos, los entes públicos no estatales, las empresas del Estado y las empresas privadas concesionarias de servicios públicos.*
- Boletín Oficial. Argentina. (2008). *Ley Nacional N° 26.378. Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad y su protocolo facultativo*.
- Boletín Oficial. Argentina. (2012). *Ley Nacional N° 26.816. Régimen Federal de empleo protegido para personas con discapacidad.*
- Brunner, José (2001) *Competencias de empleabilidad.* Recuperado de: www.geocities.com/brunner_cl/empleab.htlm. Fecha de consulta: 7/3/2022
- Campos Ríos, Guillermo. (2003*). Implicancias del concepto de empleabilidad en la reforma educativa*. Revista Iberoamericana de Educación. 33(2), 1-9.
- Formichella, María Marta; London, Silvia. (2005). *Reflexiones acerca de la noción de empleabilidad.* Recuperado de: reflexiones-acerca-de-la-nocion-de-empleabilidad-maria-marta-607519a3805f4 (xdoc.mx) Fecha de consulta: 11/3/2022.
- Fundación PAR. (2005). *La discapacidad en Argentina: un diagnóstico de situación y políticas públicas vigentes a 2005.* Ed. Fundación PAR. ISBN: 987-22366-0-7.
- Fundación para el desarrollo de la función de recursos humanos. (1999). *Informe sobre empleabilidad.* Recuperado de: http://www.fundipe.es/archives/FOLLEMPL_seguro.pdf. Fecha de consulta: 11/3/2022.
- Gamboa, Juan Pablo & otros. (2007). *La Empleabilidad y la iniciativa personal como antecedentes de la satisfaccion laboral.* Instituto Valenciano de Investigaciones económicas. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/5134837_La_Empleabilidad_Y_La_Iniciativa_Personal_Como_Antecedentes_De_La_Satisfaccion_Laboral. Fecha de consulta: 05/03/2022.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). *Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad*. ISBN 978-950-896-532-5.
- Laborda Molla, Cristina; García, Merce Jariot; González Fernández, Henar. (2021). *Calidad de vida y competencias de empleabilidad en personas trabajadoras en centros especiales de empleo*. Educación XX1, 24(1), 117-139. ISSN: 1139-613X.
- Mareño Sempertegui, Mauricio. (2015). *Inclusión laboral de personas catalogadas como discapacitadas.Algunas reflexiones para un debate necesario.* Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas (Caicyt-Conicet) Nº 25. Santiago del Estero, Argentina. ISSN 1514-6871.
- Martello, Walter. (2021). *Discapacidad y empleo: El desafío de la integración*. Defensoría del pueblo Adjunto de la Provincia de Buenos Aires. Recuperado de: https://www.defensorba.org.ar/contenido/discapacidad-y-empleo-el-desafio-de-la-integracion. Fecha de consulta: 29/06/2022

- Medina, Rafael. (1994) La transición a la vida activa de jóvenes con necesidades educativas especiales. Recuperado de: https://www.rafaelmendia.com/mendia/Conferencias_files/CIVITAS.pdf Fecha de consulta: 25/07/2022
- Mendía, Marta; Shocrón, Marisa Laura; Shocrón, Victoria. (2015) *La empresa y la inclusión de Personas con Discapacidad Intelectual*. CABA. Argentina. 1° Edición. Edicón, Fondo Editorial Consejo. ISBN 978-987-741-015-0.
- Ministerio de Educación de Perú y Ministerio de Educación, Política Social y Deporte en España. (2008) *Inclusión laboral para personas con discapacidad*. Perú, Proyectos y servicios Editoriales. ISBN N° 978-9972-246-51-7.
- Naciones Unidas. (2006) *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad.* Disponible en: https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf Fecha de consulta: 01/08/2022
- Organización Iberoamericana de Seguridad Social. (2014). *Medidas para la promoción del empleo de personas con discapacidad en Iberoamérica*. Madrid. España. Secretaría General de la OISS.
- Organización Internacional del Trabajo. (2002). *Gestión de las discapacidades en el lugar de trabajo. Repertorio de recomendaciones prácticas de la OIT*. Ginebra. 1era edición. ISBN 92-2-311639-2.
- Organización Internacional del Trabajo. (2005). *Recomendación 195. Recomendación sobre el desarrollo de los recursos humanos: educación, formación y aprendizaje permanente.* Ginebra. ISBN 92-2-316949-6
- Organización Internacional del Trabajo. (2007). *Datos sobre discapacidad en el mundo del trabajo*. Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_087709.pdf.
- Organización Internacional del Trabajo. (2013) *Mejorar la empleabilidad de los jóvenes: la importancia de las competencias clave.* Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_371815.pdf. Fecha de consulta: 11/03/2022.
- Organización Internacional del Trabajo. (2015). *Trabajo Decente para Personas con Discapacidad: promoviendo derechos en la Agenda Global de Desarrollo*. Ginebra. 2da edición. ISBN: 978-92-2-329358-1.
- Organización Internacional Del Trabajo (2018) Guía para empresas sobre los derechos de las PCD. Recuperado de: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_643941.pdf Fecha de consulta: 14/06/2022.
- Organización Mundial de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF.* ISBN 84-8446-077-0. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad. Instituto de Mayores y Servicios Sociales.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe Mundial sobre la Discapacidad.* ISBN 978 92 4 068823 0.
- Perez, Juan Andrés; Risiglione María Laura & Otros. (2021). *Organización Industrial 1: Estudio introductorio de las organizaciones desde el perfil del Ingeniero Industrial.* EdUNLu. ISBN 978-987-3941-57-3
- R.E.D. de empresas por la diversidad. (2015). *Guía de inclusión laboral de personas con discapacidad para empresas. Actores y Procesos*. Espacio de Negocios Inclusivos, Universidad Torcuato Di Tella. CABA. 1era edición. ISBN 978-987-97623-7-0
- San Giovanni, Daniela. (2007). *El camino hacia la autonomía.* LA NACIÓN. Economía. Empleos. Recuperado de: https://www.lanacion.com.ar/economia/empleos/el-camino-hacia-la-autonomia-nid882305/. Fecha de consulta: 07/07/2022
- Tsang, Hector; Fong, Mandy; Fung, Kelvin; Corrigan, Patrick. (2010) *Reducing employer´s stigma by supported employment.* Lloyd C (ed.) Vocacional rehabilitation and mental health. Oxford. John Wiley & Sons. Recuperado de: https://psycnet.apa.org/doi/10.1002/9781444319736.ch4.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al resto de los integrantes del equipo interinstitucional de investigación que, de forma sinérgica y colectiva, se desafían en el estudio de la problemática de la inserción laboral de las PCD, con la finalidad de, en su conjunto, relevar e identificar sus necesidades particulares y realizar aportes concretos a las organizaciones en general, y manufactureras en particular, para contribuir a la mejora de la empleabilidad, la permanencia en el mercado laboral y en definitiva, el desarrollo personal y profesional de las personas que integran este colectivo. Se agradece, asimismo, al Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional de Luján, por el aporte de recursos económicos para esta iniciativa.

EL CONOCIMIENTO ORGANIZACIONAL COMO BASE DEL DESARROLLO PRODUCTIVO

Gómez, Mónica Cecilia

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
monica.gomez@unc.edu.ar

RESUMEN

El estudio de la gestión del conocimiento en la empresa resulta de gran importancia para poder entender y mejorar las bases necesarias para el desarrollo sostenido de un país. Aunque no es un tema nuevo sí lo son sus alcances, su significado y su impacto. El principal objetivo que la sustenta es la necesidad de información –analizada y procesada- para la toma de decisiones en un mundo cambiante, donde el tiempo de respuesta es un factor clave en las organizaciones. Las inquietudes que despertaron el interés de estudiar el conocimiento organizacional se generaron en entrevistas con tutores empresariales de pasantes, con empresarios y en el análisis del contexto. En este entorno se detectó la relevancia que ha tomado la gestión del conocimiento a la hora de gestionar recursos -tangibles e intangibles- y personas, debido a que se podría convertir en una herramienta muy útil para la acción. A la vez que la importancia de generar propuestas académicas atractivas para los futuros profesionales, en particular ingenieros industriales, que luego realizaran intervenciones en el medio. Este artículo plantea algunos aspectos que caracterizan a las empresas de un sector productivo de la ciudad de Córdoba. Los hallazgos encontrados son parte de un trabajo de campo del proyecto que lo contiene, en el que uno de los objetivos fue la exploración del grado de desarrollo de la gestión del conocimiento en el entorno productivo seleccionado.

Palabras Claves: Gestión del conocimiento, Pyme, Contexto.

ABSTRACT

The study of knowledge management in the company is of great importance in order to understand and improve the necessary foundations for the sustained development of a country. Although it is not a new topic, its scope, meaning and impact are. The main objective behind it is the need for information - analyzed and processed - for decision making in a changing world, where response time is a key factor in organizations. The concerns that aroused the interest in studying organizational knowledge were generated in interviews with business tutors of interns, with businessmen and in the analysis of the context. In this environment, the relevance that knowledge management has taken on when managing resources -tangible and intangible- and people was detected, because it could become a very useful tool for action. As well as the importance of generating attractive academic proposals for future professionals, particularly industrial engineers, who will then carry out interventions in the field. This article raises some aspects that characterize the companies of a productive sector in the city of Córdoba. The findings found are part of a field work of the project that contains it, in which one of the objectives was the exploration of the degree of development of knowledge management in the selected productive environment.

Keywords: Knowledge management, SME, Context.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo se enmarca en un trabajo más amplio que se ubica en la confluencia de tres líneas de investigación: políticas industriales, sociología económica y gestión organizacional, cuyo objeto de estudio fue realizar un análisis sobre la recepción o impacto de las políticas de promoción industrial para empresas de la Ciudad de Córdoba. En este marco se plantearon varios objetivos particulares de los cuales uno fue explorar el grado de desarrollo de la gestión del conocimiento en el entorno productivo local a nivel de planificación estratégica. En el cual se enfoca este artículo.

Desde la gestión organizacional y otras disciplinas se encuentran diversos trabajos locales y regionales, orientados al análisis de las capacidades de la empresa y factores que inciden en su performace (Ferrer, 2008; Buffalo, 2013; Gómez, 2020; Gómez, 2017, Gómez y Quiroga, 2017). En esta presentación se han considerado sólo aquellos que resaltan la relación entre el desarrollo de habilidades empresariales y el posicionamiento de la empresa en el mercado, pero que además abordan variables de contexto que influyen en esas competencias.

En base a estos antecedentes es posible pensar que el desarrollo no se puede programar en función del sector primario o sectores de poca calificación técnica, sino que se debe hacer sobre un sector industrial dinámico que se apoya en una estructura de encadenamientos productivos que permitirían mejores resultados sociales, como el empleo y la distribución del ingreso. De gran relevancia es que estos encadenamientos productivos están formados mayormente por Pymes y que en función de datos relevados por organizaciones como la Confederación Argentina de la Mediana Empresa (CAME), generan aproximadamente el 80% de los puestos de trabajo del país.

Teniendo en cuenta la naturaleza del problema y objetivo planteado, la estrategia metodológica tuvo dos niveles de actividad. El primero de profundización e inmersión en el campo de la literatura local ad hoc y su encuadre en estudios representativos y autores pioneros de la temática. En el segundo nivel se explica el procedimiento para el trabajo de campo, para luego realizar el análisis de los hallazgos. A partir de la referencia teórica, desde la gestión del conocimiento se utilizan conceptos para comprender la performance de la empresa, y se postulan dos categorías a priori: como cultura y actitud empresarial que ponen en foco un cambio de paradigma donde hoy las empresas ya no trabajan a demanda, sino que tienen que salir a ofrecer sus productos. Por tanto, aquellas organizaciones que identificaron estos cambios, hace algunos años, se prepararon mejor para los nuevos contextos, sin embargo, el grueso recién hoy está tomando conciencia de esa situación.

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

Entre los pioneros de esta nueva perspectiva del conocimiento se puede encontrar a Peter Drucker y Alvin Toffler (Nonaka et. al, 1999; Riesco González, 2006; Rodríguez Gómez, 2006), quienes la presentaron con un enfoque global del impacto del uso del conocimiento, es decir como un cambio de era. Este cambio de paradigma viene asociado a un nuevo tipo de sociedad, la Sociedad del Conocimiento (Druker, 2003), expresión que se atribuye a Drucker hacia fines de la década de 1960. Donde el conocimiento pasa a desempeñar un papel esencial, a la vez, estos referentes sostienen que se trata de la fuente de poder de mayor calidad para la toma de decisiones, especialmente en las esferas del poder (Nonaka, I. y Takeuchi, H., 1999). Bajo este enfoque el trabajador con conocimiento se convertiría en el activo más importante de una organización (López Aguirre, J., López Salazar, J., Falconi Tello, L. y Pomaquero Yuquilema, J., 2018). Por su parte, Toffler plantea este cambio de paradigma, como un retorno al pensamiento en gran escala, es decir a una visión holística o sistémica, con énfasis en el contexto (Toffler, 1986).

En esta evolución es que se fue madurando la perspectiva de que el conocimiento pasaría a ser más importante que el capital o los recursos materiales. Desde inicios del siglo XXI la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) ha trabajado en la identificación de aquellas prácticas donde radica la importancia de la gestión del conocimiento (GC), y este interés no sólo es para las organizaciones (públicas o privadas) sino también para la comunidad política internacional (OECD, 2003). En estos 20 años de maduración y evolución del conocimiento organizacional la mayoría de las investigaciones y publicaciones se han orientado en una revisión de los fundamentos a partir de autores pioneros y de aplicaciones prácticas en organizaciones multinacionales. Investigaciones más recientes a nivel regional se enfocan en analizar la evolución de los modelos de GC sus fundamentos, metodologías y prácticas (López Aguirre, J., López Salazar, J., Falconi Tello, L. y Pomaquero Yuquilema, J., 2018). De esta manera, se quiere resaltar que el interés por la temática ha calado profundo en todos los ámbitos donde se necesitan gestionar recursos -tangibles e intangibles- y personas, debido a que se podría convertir en una herramienta muy útil para la acción

2.1. Conceptualización y beneficios de la gestión del conocimiento.

Como se plantea en la introducción dada la diversidad de origen de los autores que abordan la GC y al tratarse de una disciplina relativamente joven, a pesar de que sus orígenes se ubican en el siglo pasado no se cuenta todavía con un cuerpo conceptual sólido y estructurado. Sin embargo, la mayoría de las definiciones de GC convergen a la utilización del conocimiento como factor clave de diferenciación y ventaja competitiva. Se enfocan en destacar el valor estratégico del conocimiento y por ende la importancia de su sistematización para la toma de decisiones (Villasana Arreguín, L., Hernández García, P., y Ramírez Flores, É., 2021). A partir de los aportes de autores como Rodríguez Gómez (2006), Riesco González (2006) y la OECD (2003) que se citan en los estudios más recientes como bases fundamentales, tomamos como una definición abarcativa el siguiente enunciado: conjunto de procesos sistemáticos encaminados a crear y facilitar el flujo de conocimiento valioso para mejorar el aprendizaje y rendimiento de las organizaciones. A partir de la cual se encuentran beneficios observables tales como:

- La creación de valor
- La mejora de los procesos y las relaciones con los clientes
- La innovación y desarrollo de nuevos productos y servicios
- La importancia de las personas y diseminación de una cultura organizacional.

Riesco González (2006) resume en dos grandes etapas los cambios en las tendencias de la GC, desde una perspectiva de gestión: GC como gestión de información y GC como gestión de personas. En la primera se plantea que el conocimiento, se puede percibir como un objeto, identificable y manipulable. En la segunda se percibe como un proceso, un conjunto de habilidades (Know How - saber hacer) que cambia constantemente (Riesco González, 2006). Aunque estas dos perspectivas pueden distinguirse claramente, en la realidad se combinan ya que, si bien las personas son la fuente de conocimiento, la gestión de éste, no se puede dar sin el apoyo de las tecnologías de la información en el entorno actual.

El recorrido realizado por la referencia teórica sobre la GC permite destacar la importancia de identificar las prácticas de trabajo para mejorar el desenvolvimiento organizacional no sólo a nivel privado sino también público. A la vez que destaca la importancia del conocimiento como resultado de la interacción entre contexto, experiencia e información (Casado González, 2020). Su relación con el poder y la necesidad de creación de conocimiento para la innovación. Y que la manera de activar o poner en práctica estas conceptualizaciones es en el marco de una cultura organizacional que las propicie. Cultura que podría desarrollarse con la implantación de modelos de GC que resaltan la importancia de las personas y provocan beneficios como la creación de valor en todas las dimensiones de la organización (Davenport, T. H. y Pruzak, L., 2001).

2.2. Metodología de Trabajo.

El diseño metodológico es de tipo cualitativo, donde la mayor parte de la recolección de datos se realizó a través de entrevistas. Durante las entrevistas de encuadre que se reflejaron cuatro sectores productivos estratégicos: metalmecánico –Córdoba y San Francisco–, Electrónica/ TIC –soft y hard–, agroindustria y turismo. A continuación, se justifica la elección de dos de estos sectores, la zona geográfica de estudio y el tamaño de las empresas. Y también se replantean las categorías de análisis y su definición en función de las referencias teóricas.

La delimitación geográfica se circunscribió al área metropolitana de Córdoba, y se basó en información brindada por la Agencia para el desarrollo económico de Córdoba (entrevista de encuadre) y una triangulación con actores clave de la industria y del gobierno, donde se evidencia que el departamento capital presenta una estructura bipartita con dos sectores productivos mayoritarios, la industria manufacturera con 74% del total de empresas radicadas en la capital y la de la construcción con 23%. La desagregación de la actividad industrial muestra que el mayor aporte al producto manufacturero de la ciudad capital lo realizan las industrias metalúrgicas (21%), automotriz (17%) y alimenticia (15%), de las cuales la participación en la economía provincial representa alrededor de 40%. Esta zona geográfica presenta una importante proporción de micro y pequeñas empresas con 92% de empresas con menos de 50 empleados.

El polo industrial metalmecánico de Córdoba fue uno de los primeros y más pujantes del país, donde se concentraron una gran cantidad de proveedores en los alrededores de las grandes terminales autopartistas, zonas de Ferreyra y Santa Isabel, otras cerca del ferrocarril que fue su primer cliente y luego migraron al sector automotriz. Un área industrial posterior fue la que se ubica en la zona de los Boulevares –norte de la ciudad–. Donde se encuentran tanto empresas metalmecánicas como

electrónicas. Las metalmecánicas se ubican más en la zona centro sur y las electrónicas en la zona centro norte. Muchas se ubicaron en el barrio de Alta Córdoba alrededor de la estación de trenes Belgrano y la central nuclear. Son las que hoy tienen grandes dificultades con el espacio y que quedaron dentro de zonas residenciales.

Estas Pymes metalmecánicas, "que por presencia histórica y peso en el producto bruto geográfico de la ciudad se constituye en uno de los sostenes de la economía urbana" (Buffalo, 2013), del segundo y tercer anillo se orientaron principalmente a las terminales automotrices sufriendo duros embates desde 2001 a la fecha de las cuales muchas quedaron en el camino ya que sólo tenían como clientes a las multinacionales de ensamble de automotores o conjuntos. Otras comenzaron a orientar el negocio hacia el aftermarket -reposición- o mercado de repuestos encontrando, un gran envión en la crisis del año 2008, porción de mercado que trataron de incrementar con el rubro camiones. Muy pocas se han encaminado a una nueva oportunidad de mercado, como el del petróleo, gas y minería, que genera importantes márgenes de ganancia, pero que exige mucho en el aspecto calidad y seguridad.

Por otro lado, el rubro electrónico ha tenido un crecimiento sostenido desde hace ya unos 20 años en Córdoba e interesa conocerlo un poco más por su alto desarrollo tecnológico y campo de acción. Muchas de estas empresas se dedican a tecnología satelital o médica y se han consolidado no sólo en el mercado argentino sino en el exterior también. En el medio encontramos muchas otras que con tecnología más simple han desarrollado alianzas con empresas de otros países y han sabido empezar a trabajar en grupos asociativos a nivel nacional.

En esta fundamentación se asienta la elección de los sectores metalmecánico y electrónico, al igual que el tipo de empresa –Pyme- y la zona geográfica para el estudio. La selección de empresas tuvo en cuenta factores tales como: desarrollo y trayectoria en el mercado, certificaciones, contar con o sin profesionales en la dirección, accesibilidad a través de contactos.

El proceso de investigación comenzó con la inquietud por comprender y reflexionar sobre las razones o causas por las cuales las empresas no invierten en el desarrollo de la gestión. Este proceso inicia con la definición de las categorías planteadas a priori CE (Cultura Empresarial) y AE (actitud empresarial). Por CE se podría decir que está constituida por aquellas características forjadas en el ámbito de la organización a partir de sus valores, visión y misión, del rubro al que se dedica de las prácticas que se fueron acuñando en el tiempo, en otras palabras, se trata de la personalidad de la empresa marcada por sus orígenes y el recorrido que fue caminando. Esta definición se puede operacionalizar observando la consecución y alcance de los objetivos corporativos y la coherencia con sus valores, visión y misión.

A la vez este recorrido ineludiblemente se realiza en la realidad del país que muchas veces condiciona su accionar. Con lo cual se quiere expresar que frecuentemente entre la CE y su actitud o comportamiento existe una brecha condicionada por el contexto donde se desenvuelve. Entonces, si bien estructuralmente se pueden separar estos dos conceptos (CE y AE), funcionalmente son indivisibles. Por lo que se podría definir como Comportamiento o AE (Actitud Empresarial) a aquellas conductas que ejercen las firmas dentro del entorno donde se encuentran insertas. Su operacionalización tiene en cuenta actitudes schumpeterianas –innovadoras– o rentistas entre las más extremas y descriptivas.

Si bien el contexto influye en el accionar empresario, es necesario un análisis del comportamiento de las empresas ya que en todo mercado las firmas presentan estrategias, actitudes o conductas y performances muy variadas (López, 2006). Entonces, se deben analizar sus causas, modalidades e impactos. "no hay sociedades con empresarios genéticamente "schumpeterianos" y otras en donde predominan los "rentistas", sino que son el entorno macro y los contextos institucionales los que definen el tipo de conductas que serán premiadas y/o castigadas." (López, 2006:3)

Las entrevistas se realizaron con una guía de preguntas semiestructuradas como la siguiente:

a. ¿Cuáles son los aspectos de la GC que inciden en el desarrollo empresarial? (dónde se adquiere el conocimiento que se necesita: documentación, experiencia, mercado) (tipo de estructura de liderazgo)

a.1.¿Cómo evoluciona el comportamiento empresarial en la definición de estrategias de crecimiento? (grado de complejidad y necesidad de colaboración)

a.2.¿Cuáles son las principales actividades que desarrollan las empresas para competir en el mercado? (tipos de trabajo: repetitivo, desarrollo, estratégicos)

a.3.¿Cuáles son las principales herramientas utilizadas por los empresarios para desarrollar su estrategia de negocio? (proyectos, bases de datos, transferencia de conocimiento dentro de la empresa: diálogos, reuniones)

a.4.¿Esas herramientas sólo se orientan a la búsqueda de beneficio económico o también a mejorar el desarrollo en el tiempo?

Para observar: visión, misión, valores, estrategias y objetivos corporativos schumpeteriano o rentísta, indicadores de resultado (gestión e innovación)

Desde el método cualitativo el tratamiento analítico busca generar posibilidades de síntesis e interpretación (Echeverría Gálvez, 2005). Donde del análisis se construye sentido y se pone de manifiesto lo latente. Implica un ir y venir por lo que el proceso analítico en sí es circular y bastante recursivo. El análisis implica distinguir, separar y priorizar elementos de los discursos. Reconocer y diferenciar categorías y tópicos, para luego generar un esfuerzo reconstructivo de integración. Los tópicos son agrupaciones de expresiones (citas) que tienen un sentido o idea común, pero con un nivel de globalidad y abstracción menor que las categorías. Por su lado las categorías son grandes agrupaciones conceptuales que en su conjunto dan cuenta del problema que se está investigando, como se definió y acotó la investigación. Están compuestas por tópicos o subcategorías.

3. RESULTADOS

La sistematización del trabajo de campo consistió en analizar el contenido y volcarlo clasificando las categorías de análisis preliminares. De esta manera las ideas recolectadas se clasificaron en dos categorías a priori y dos emergentes, que se encuentran muy relacionadas, pero que se consideró plantearlas como categorías emergentes dada su importancia. En la figura 1 se puede apreciar la clasificación de los hallazgos a partir de la sistematización de la dimensión en análisis.

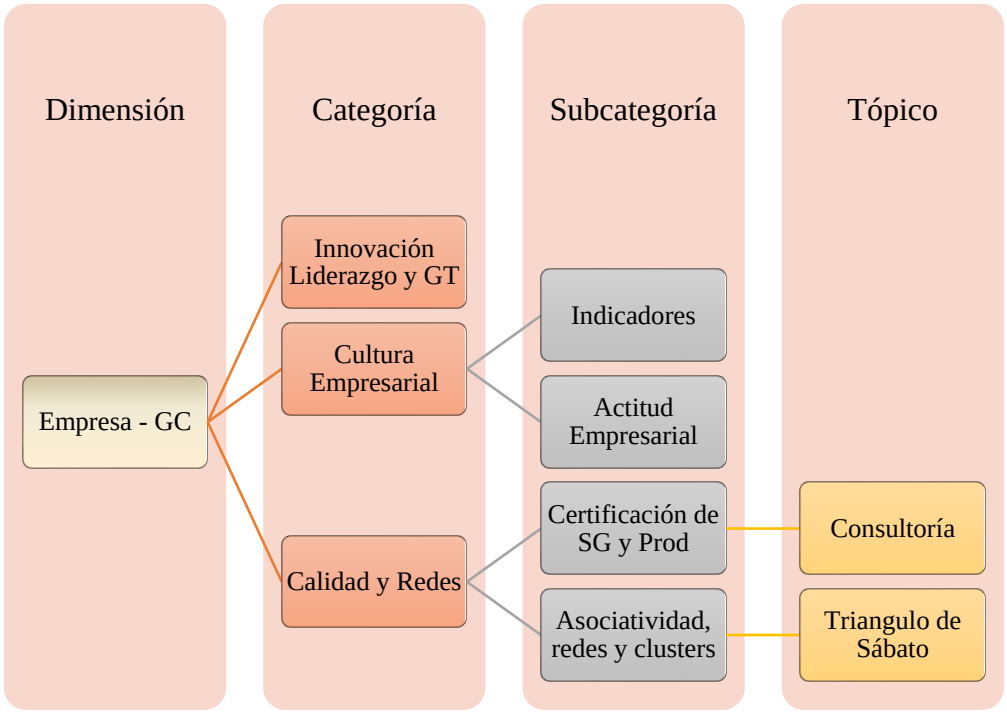


Figura 1 Clasificación de la gestión del conocimiento en la empresa. Elaboración propia.

Estos conceptos se clasificaron a partir de su comparación y su integración en un orden más elevado, generado categorías. Por ejemplo, a la hora de caracterizar la innovación –riesgo, creatividad, tecnología– se observó que aquellas empresas que son innovadoras tienen liderazgos motivadores y una importante GT.

Entonces en el primer grupo se integran los hallazgos sobre estos tres factores, innovación, liderazgo y GT, que decantan en una caracterización del tipo de CE con que cuenta. Esta categoría CE, se estudia en el segundo grupo ya que la cultura muchas veces se encuentra influida por el contexto. Así se pondrá el foco en la globalización –gestión integrada global–, el análisis de mercado –mercado, organización e individuo– y el manejo de indicadores –I+D, recursos humanos, informática, ventas y valor añadido–. Es decir, cinco factores externos e internos. Y en el tercer

grupo se enfocan características de empresas maduras, que han desplegado al máximo la GC, calidad certificada (SG) y redes –universidad, gobierno y empresa–. Donde el contexto, la globalización y el mercado influyen en la AE, que se integró, luego del análisis, como una subcategoría de la CE.

A continuación, se presenta la descripción para las categorías emergentes y replanteo de las categorías preliminares CE y AE, reubicando la AE como una subcategoría de la primera.

Categoría Innovación, liderazgo y GT: La innovación es la capacidad de asumir riesgos, estar dispuestos a soportar y aprender de los fracasos. Identificar las fortalezas como organización para sacar partido de las oportunidades y mejorar su experticia. Para lo cual se necesita de un liderazgo capaz de orientar los esfuerzos hacia una misma meta. También, por supuesto, implica contar con recursos adecuados, humanos y materiales y en el caso de las personas saber gestionar los talentos (GT).

Categoría CE: Se refiere a las características de la empresa como valores, visión y misión que orientan su enfoque estratégico y abordaje del mercado. La globalización es un concepto mayor que se refiere al entorno global, lo que pasa en el mundo y que repercute favorablemente.

Subcategoría Indicadores: Se refiere a aquellos elementos que permiten evaluar el grado de madurez organizacional y tecnológico de la empresa, al igual que las buenas prácticas institucionalizadas.

Subcategoría: AE: Factores externos y globalización impactan en la empresa y pueden influir su modo de actuar. Es innegable la visión de negocio de muchos empresarios, pero que se vuelve cortoplacista con las acciones del Estado y la cadena.

Categoría: Calidad y redes: Contar con sistemas de gestión de calidad permite una visión holística de la organización, interconectando sus procesos internos y como un sistema abierto con generando acciones con clientes y desarrollo de proveedores.

Subcategoría Certificación SG y Producto: Las empresas que acreditan certificaciones nacionales e internacionales al igual que contar con productos homologados logran mejor posicionamiento en el mercado.

Tópico Consultoría: utilización de asesores externos para desarrollar estrategias empresariales.

Subcategoría Asociatividad, redes y clusters: Desde este planteo de la GC se pone de relieve que organizarse en redes permite potenciar la capacidad de aprendizaje. Las redes actúan como el cerebro humano intercambiando información, la cual, si es bien analizada y procesada, permite aprovechar al máximo las oportunidades y ser más productivo y competitivo.

Tópico Triangulo de Sábato: desarrollo de la vinculación Estado, Empresa y Universidad.

En la era de la globalización la conexión entre negocio y conocimiento requiere gestión integrada. Esto implica tener en cuenta las diferencias de contexto, valores y la madurez para trabajar en redes. De manera tal que se genere intercambio de conocimiento más que de producto y servicio, que se produzca una cultura que favorezca el desarrollo, el talento y la innovación intensiva. También es importante tener presente que un modelo exitoso en una compañía no necesariamente se da en otra.

Del trabajo de campo realizado en el área geográfica definida, se encuentran las siguientes percepciones y caracterización de las categorías y análisis preliminares, planteadas para el estudio de la dimensión GC. Donde se tiene en cuenta un mundo complejo y con incertidumbre. Este recorrido empieza, en el primer apartado, por la consideración de lo que se piensa acerca de la innovación en Córdoba, siguiendo con la CE en el segundo y en el tercer apartado la calidad y redes.

Estos tres apartados se construyeron con las ideas que fueron emergiendo del análisis de las entrevistas, su sistematización y la reflexión sobre sus relaciones, a la luz de la referencia teórica.

Hablar de GC es realizar un recorrido desde la innovación –el manejo del riesgo, la creatividad y la tecnología– hasta llegar a la capacidad de generar redes.

3.1. Innovación, liderazgo y gestión del talento.

La innovación es esencial en un mundo tan complejo, se trata no sólo de lanzar al mercado nuevos productos sino de aprovechar al máximo las oportunidades que se presentan, ser más competitivos y estar interconectados. Capacitando al personal en calidad, producción, ventas, atención al cliente e I+D, donde se tiene como objetivo mejorar las condiciones del puesto. Los equipos

multidisciplinarios con profesionales provocan un salto cualitativo mayor, donde se empieza a dar importancia al estudio de mercado, la tecnología y el diseño, por ejemplo, ofreciendo al cliente mix de productos y servicios. Manteniendo clientes y captando nuevos. En el caso de la tecnología médica algunos consideran que Argentina es un país de seguidores – followers – por lo tanto, la estrategia tecnológica es traducir a las necesidades reales de este mercado. Se trata de un escenario empresarial con un importante capital intelectual.

Sólo se puede innovar si se cuenta con una buena GT. La empresa que tiene un liderazgo con visión de futuro y objetivos claros identifica los talentos de las personas y los motiva a trabajar en lo que mejor saben hacer. Desarrollar a las personas generando ambientes que favorezcan la creatividad y el intercambio de conocimientos, conexiones emocionales que decanten en equipos y redes.

Las empresas que aprovechan estos saltos cualitativos también destacan por su multidisciplinariedad, incorporan contadores, especialistas en marketing, profesionalizan la venta y capacitan a su personal. La principal característica es la importancia dada al desarrollo del know how, más allá de la experticia propia de un producto o servicio, el diseño de metodologías de trabajo, la comunicación, los servicios asociados y la atención al cliente son fundamentales. Lo que se podría interpretar como una apuesta al largo plazo.

Existen empresas de pocos años en el mercado de Córdoba que ya despegaron al exterior, pero la mayoría que lo ha logrado en esta última década es el fruto de muchos años de esfuerzo sin renunciar a principios de creación de valor. De tal manera que varias de ellas, dado este esfuerzo no tienen mucha comunicación con otras empresas del rubro o no son muy abiertas a charlas justamente por temor al robo de know how.

Se pudo observar que en la mayoría de los casos donde las empresas se mantuvieron en el mercado o crecieron fue gracias a la visión de negocio de la dirección que supo encaminar todos los esfuerzos hacia un mismo objetivo mutuamente beneficioso. Se trata de un liderazgo que ha asumido riesgos, que promueve la creatividad y dispuesto a soportar y aprender de los fracasos. Son ámbitos donde se gestiona el talento. Innovar entonces es hablar de una CE sinérgica y en Córdoba se destacan aquellas empresas con visión y liderazgo, donde se pudo observar cómo motivan a su personal, trabajan en equipo, equipos que a su vez son enriquecidos multidisciplinariamente, con planteles profesionales en áreas clave.

3.2. Cultura empresarial.

Del grado de desarrollo de los factores analizados en el apartado anterior es el tipo de CE que se puede encontrar en el mercado de Córdoba. Analizar esta categoría implica también tener en cuenta dos aspectos más, como el contexto –institucional, mercado y globalización– y la presencia de dos o más generaciones en la dirección, al margen de las herramientas que conceptualizan este tema –visión y misión–.

En general la estrategia empresarial es un gran desafío para las Pymes, algunas que primeramente se enfocaron principalmente en el producto luego se dieron cuenta que era necesario desarrollar otras áreas. Así en varias empresas se detecta el desarrollo de canales de distribución –revendedores, mayoristas y minoristas– y posicionamiento de la “marca” de radical importancia vinculada a la publicidad. Una empresa enfocada en el agro y el mercado de reposición, en este último se dedica a partes de autos importados cuyos repuestos ya no se consiguen, como estrategia de negocio. Otra empresa metalmecánica para mantenerse en el mercado apuntó a la utilización del protocolo familiar y la migración a la minería, con una asociación de empresas denominada PROMINCOR –Consorcio de exportación de proveedores de Córdoba para los sectores de minería, petróleo y gas– que fueron las pioneras de este desafío. Aquellas empresas que tienen presencia en el interior del país y la provincia consideran fundamental el trabajo con la cadena de distribución lo que también implica el potenciamiento de la logística. Otra metodología aplicada es la gestión de aduana, se desarrolla una operatoria de comercio exterior ajustada y con mucho seguimiento, lo que implica un pilar estratégico en las funciones de administración y finanzas.

Se puede identificar que algunas empresas se rigen por metodologías de trabajo que han llegado a un grado muy alto de formalización hasta en las actividades de comunicación, trabajo en equipo y atención al cliente. En el caso de algunas empresas hasta gestionan las fuentes de innovación

Ahora también ocurre que muchas empresas se debaten entre la intuición y la planificación para la gestión empresarial, algunos opinan que siempre hicieron lo mismo y les fue bien. La realidad es que más allá de la coyuntura, la globalización afecta a todos en todas partes del planeta. Por lo que haber hecho siempre lo mismo con buenos resultados hoy no es garantía de éxito, se necesita tener en cuenta lo que pasa a nuestro alrededor y en el mundo.

3.2.1. Indicadores de producción del conocimiento como medida de la Cultura Empresarial.

Se encontraron algunos indicadores de producción de conocimiento tales como recursos humanos de la empresa, su grado de educación; producción de nuevo conocimiento –gasto en I+D, patentes, número de empleados en esta área–, transmisión y aplicación del nuevo conocimiento –conexión a internet, publicaciones–, financiamiento de la innovación –cómo aumentan sus ventas– y valor añadido de alta tecnología.

Sobre los recursos humanos las empresas mejor posicionadas son aquellas que cuentan con personal capacitado para su puesto y equipos multidisciplinares.

Respecto al gasto en I+D, transmisión y aplicación de nuevo conocimiento, un punto para tener en cuenta relacionado con el cortoplacismo es la toma de decisiones en inversiones. Algunas empresas en búsqueda de negocios más fáciles y rentables se enfocan en la importación y distribución de productos y otras en cambio apuestan al largo plazo y analizan la inversión entre make or buy –fabricar o comprar– a la hora de componentes para sus desarrollos. Identifican cuáles productos fabricar en función de su know how y cuáles importar, como accesorios y componentes que aquí no se fabrican.

Se destacan las empresas que gestionan sus fuentes de I+D partiendo de capacitación y talleres para lograr la participación de los empleados, las entradas de innovación son desde marketing y la comercial (fuerza de ventas), I+D, propuestas a partir de congresos o workshops donde los clientes sugieren mejoras o plantean necesidades. Estas ideas pueden ser nuevos productos o mejoras de los existentes. Se genera un sistema abierto interactuando con el entorno.

Una opción para la industria metalmecánica, eminentemente autopartista, es direccionar parte de su mercado al mercado minero y petrolero. El know how es conocido y las ganancias son mayores. Donde se prioriza la calidad y por tanto el grado de inversión en tiempo y desarrollos son fundamentales. Se trata de planificación a largo plazo por la misma dinámica del rubro, pero con muy buenos retornos. Lo que frecuentemente ocurre, en el universo entrevistado, es la diversificación de mercado, el mismo producto en nuevos mercados de barreras más bajas y menos exigentes. Lo que condiciona el largo plazo ya que se piensa en el presente.

Las estrategias de abordaje de mercados que se pudieron observar según el rubro tienen que ver por ejemplo con que muchas empresas con mucho esfuerzo han redireccionado la marcha del negocio, sobre todo las autopartistas, algunas terminales autopartistas exigen mucho y no ofrecen las mejores condiciones de pago, por lo que el aftermarket de autos, camiones y motos resulta una mejor opción. El problema de este mercado es que al ser muchos clientes implica más gestión administrativa. Aceptan que el rubro tiene otra dinámica y hoy una certificación se convierte en un gasto no en una inversión. El tema de gasto versus inversión también se presenta en otras empresas muy tecnológicas con pocos clientes y sin exigencia regulatoria.

Por último, en lo que atañe al agregado de valor no sólo es necesario en el producto sino también en la atención del cliente, aquí se desprenden dos aspectos del servicio. Uno, enfocarse en la industria del servicio. Y dos –el que interesa– la servitización como agregado de valor en el servicio al cliente. No todas las empresas pueden competir con el producto, porque están limitados en la innovación, pero se pueden diferenciar con una excelente atención al cliente. En el caso de una empresa de tecnología médica el médico es el cliente objetivo, por lo que se le ofrece formación médica continua y participación en congresos. Cuando se trata de productos complejos también capacitación en el uso y en los accesorios necesarios. Se vende producto más servicio. Esto lleva al conformado de un buen equipo comercial, con el aporte de todas las partes, con planificación y reconocimiento del cliente.

3.2.2. Contexto y Actitud Empresaria.

Todas estas observaciones y conclusiones parciales llevan a la importancia de la influencia del ambiente en los comportamientos organizacionales. Tanto la globalización como el contexto también definen la apropiación y utilización del conocimiento. A este respecto algunos observan que no va a cambiar –como resultado de la dependencia de la trayectoria: el empresario que siempre hizo lo mismo- y que esta situación está muy asociada a la disponibilidad de recursos. Una cultura desarrollada implica visión de negocio y liderazgo para alcanzar dicha visión, como se dijo más arriba. Las oportunistas no se desarrollan, pueden crecer económicamente pero no sientan bases para luego encarar otros caminos si se requiriera. Si en la cadena el cliente prioriza la calidad y capacidad, al dinero, tracciona el desarrollo cultural. El tipo de mercado también obliga a ver para

adelante, tener presente el ciclo de vida del producto, y desarrollar competencias en el personal. Innovar significa tener más acceso a fuentes de financiamiento, lo que implica innovación en la gestión. Las organizaciones bien institucionalizadas tienen metodologías arraigadas en el personal (Nonaka y Takeuchi, 1999), por ejemplo, en los procesos de comunicación, siempre se dirigen a la persona o departamento correspondiente según la necesidad. En muchos casos la misma distribución física de oficinas da cuenta de la importancia del trabajo en equipo, con salas intermedias equipadas para reuniones de trabajo. El vocabulario común da cuenta de los códigos asumidos y compartidos en el ambiente organizacional.

Dos de las empresas entrevistadas han trabajado el programa de protocolo familiar una con ayuda de su cámara, otra por la aplicación de uno de sus integrantes que es psicólogo. Se considera un programa muy importante para el caso de Pymes, ya que ayuda a la transmisión del patrimonio no sólo el know how. Entre los aportes que brinda es el de trabajar las decisiones consensuadas en la empresa y el trabajo en equipo familiar. Ocurre en muchos casos que, por las desavenencias familiares, o las terceras generaciones herederas, la empresa se disuelve con la consiguiente pérdida de fuentes de trabajo. Relacionado con el tema de protocolo familiar, pero desde otra óptica, es de gran dificultad en la CE la coexistencia de dos generaciones para la apertura hacia el desarrollo de la “gestión” en mandos medios y como inversión.

3.3. Calidad y redes.

Completar la cadena de valor es fundamental para favorecer el desarrollo. Relaciona actividades conexas, innovación y diseño de estrategias empresariales. En el caso de electrónica y software, todo es tecnológico e interconectado, por lo que la cadena es clave y permite una oportunidad de expansión a otros mercados. En muchos casos es la empresa más grande la que tracciona a los proveedores para que mejoren su performance. Se mejoran los estándares de calidad y gestión a través del desarrollo de proveedores. También la cadena se fortalece a través de capacitaciones a los clientes para la venta de determinados productos. Así también constituirse en socios estratégicos de empresas extranjeras con la misma calidad de la marca, completa los productos y componentes propios. Siempre cuidando la marca, calidad y prestaciones.

3.3.1. Certificación de sistemas de gestion y producto.

La principal evidencia de una CE proactiva es la certificación de sistemas y productos, de aquí surgen dos análisis, uno sobre las que certifican por exigencia externa y otro sobre las que lo hacen ya sea para cumplimentar una legislación –homologación de productos– o por el interés de profesionalizarse, capitalizando este up grade. La visión gerencial de algunos dueños de empresas, sobre todo tecnológicas, los ha llevado a posicionarse en el mercado a través del crecimiento y maduración de sus sistemas de gestión. De hecho, varias empresas han obtenido premios por su performance como el Premio Nacional de la Calidad.

En el caso de la tecnología médica la certificación de los dispositivos médicos a través de normas de calidad o caminos regulatorios –ANMAT– abren mercados como Canadá, Europa y MERCOSUR. Por supuesto no todo se vende en todos lados, son mercados según el tipo de productos. Es de radical importancia el cumplimiento normativo y fin –objeto– del producto, con una buena relación costo/beneficio. Unas plantean estas estrategias con la intención de posicionarse a nivel mundial en determinados productos y otras por ejemplo a nivel nacional como polo de producción.

Varias de las empresas entrevistadas conservan la certificación desde los comienzos de la ISO 9001 porque venden al mercado exterior y al agropartista. Un sistema de calidad (IRAM ISO 9001, 2015) como herramienta tiene su costo, pero hace a la calidad del producto, y la visión 2015 dio un giro interesante a la gestión cómo punto clave. También un buen SGC ayuda a registrar todo lo que permite sacar índices cuando comienza el año y planificarlo en función de objetivos. El hecho de tener certificación también depende del tamaño de la empresa, ocurre en muchos casos que los proveedores de empresas Pymes, no quieren asumir el costo de un sistema de gestión, complicando la exportación ya que ésta requiere dicha certificación en toda la cadena directa. Para cerrar este subapartado la falta de experticia en los profesionales y en la empresa implica que muchos abordajes de desarrollo organizacional e innovación se canalicen a través de consultores. Se plantea como una buena opción para aquellas organizaciones interesadas en aprender y capitalizar la ayuda.

3.3.2. Asociatividad, redes y clusters.

Un mecanismo importante para mejorar la performance de las empresas o la llegada a nuevos mercados es la asociatividad. El compartir información en un grupo mejora las competencias individuales y grupales de los participantes. Lograr el uso de esta herramienta se convierte en un desafío ya que por lo general las empresas no comparten información con pares. En muchos casos este miedo también se debe a la fuga de información confidencial. Algunas empresas, sobre todo electrónicas han conformado Unidades Transitorias de Trabajo, bajo esta figura de la asociatividad, donde se destacan dos valores agregados, el hecho de trabajar con otra empresa y que a la vez ésta sea competidora.

Dentro de este aspecto podemos citar al cluster Petroleo, Gas y Mineria (PGM) de Córdoba, que se desempeña como grupo en la búsqueda de nuevos mercados como lo son el petróleo la minería y el gas, un nuevo horizonte para las empresas metalmecánicas. Aquí las empresas que visitan un pozo, por ejemplo, si no conocen el tipo de componente o producto que necesita el cliente realizan una ingeniería inversa a fin de obtener el producto con su know how. Si son buenos sus desarrollos y productos, la misma empresa los recomienda para ser proveedores de otras. Algunas empresas que conforman este cluster ya venían trabajando en otro anterior denominado PROMINCOR.

Para cerrar, un tema que resalta es la interacción en esa cadena de valor con la universidad, desde distintos enfoques se considera un actor clave, opinión ésta, afirmada por todos los actores entrevistados. Lo que se conoce como Triangulo de Sábato o la vinculación Estado, empresa y universidad (E-E-U).

Una opinión generalizada es que la universidad debe proveer profesionales capacitados para encarar distintas situaciones en las empresas y que éstos a su vez deben mantenerse actualizados sobre todo a nivel contable, para poder trabajar los costos de la empresa. Es de suma importancia el extensionismo para hacerse eco de las necesidades de la sociedad donde está inserta y así poder generar los conocimientos que luego debe transferir a la empresa u organizaciones según la disciplina que se trate.

La vinculación tecnológica es fundamental para desarrollos conjuntos entre universidad y empresa. A la vez que la retroalimentación de información le permite preparar mejores profesionales para encarar o abordar las problemáticas de dicho contexto. También es cierto que lograr juntar a la empresa y los científicos es bastante difícil de conseguir, fundamentalmente por una cuestión de tiempos y recursos. Lo que ocurre hoy es que la empresa se queja de la universidad, y ésta se desentiende de su misión en lo que al ámbito industrial se refiere.

Entonces se puede afirmar que la universidad juega un rol muy importante tanto en la ayuda al desarrollo industrial como en generar profesionales que puedan desarrollarse rápidamente en una Pyme. Considerando que las fuentes de información y los puentes de contacto ya están institucionalizados. Existe una diversidad muy grande de necesidades industriales y se debe trabajar muy fuerte con los estudiantes universitarios. Merece una mención especial el hecho de que algunas empresas capacitan a alumnos de escuelas secundarias técnicas que no tienen el equipamiento necesario para generar competencias técnicas en los alumnos. De esta forma ellos adquieren práctica y las empresas preparan a futuros empleados con conocimientos técnicos que hoy las escuelas no pueden proveer

4. CONCLUSIONES.

Respecto a la innovación se puede analizar desde una visión schumpeteriana con buenos resultados en algunos grupos asociativos para tecnologías más simples, y complicado para tecnologías de punta. Los primeros, luego de mucho esfuerzo de trabajo en equipo lograron desarrollar productos y posicionarlos en el mercado habiendo trabajado con competidores. En el caso de las tecnologías de punta es menos favorable porque el cliente principal es el Estado que si bien generó políticas en estos desarrollos no mantuvo un reconocimiento al esfuerzo por la dilación en pagos. En otras empresas la innovación se realiza a través de productos solicitados por el cliente y que se pueden desarrollar con la tecnología que maneja la empresa.

En los temas de asociatividad y cluster cumplen un rol importantísimo de conexión las cámaras. Éstas cumplen la función de comunicarse con sectores que pueden comprar parte de los trabajos de grupos de empresas que la componen logrando un buen posicionamiento en la colocación de insumos. También captando nuevas necesidades de los clientes.

El basamento principal para un despegue maduro es un cordón industrial y Pymes que puedan proyectarse en el largo plazo. Son las que agregan valor y pueden posicionar el país en el mundo y disminuir la dependencia de las importaciones. Pero esto implica invertir tiempo en investigación, en gestión, en procesos, en actividades previas a la producción propiamente dicha. La producción

masiva a bajos costos, las distribuidoras de importaciones y las commodities –materias primas, productos sin agregado de valor– son importantes y generan ingresos de divisas rápidos, pero no son creadoras de know how, activo fundamental para un país independiente. Sin embargo, existen empresas que ya están pensando en desarrollo de tres a cinco años como umbrales de lanzamiento. Van generando hitos para cumplir normas de calidad. Trabajan con el cliente de la mano de una curva de aprendizaje para una mejor utilización de los productos. La conciencia de ser Pyme implica también que se tenga temor a lo que vendrá y esto dificulta el pensamiento a largo plazo. Hoy lo más complicado en el país para ese lanzamiento al mundo es justamente la situación de las Pymes.

Pero a pesar de ello, tanto en el rubro electrónico, más traccionado por el avance tecnológico, como en el metalmecánico se encuentran empresarios con visión de largo plazo. Se trata de empresas que han sabido conjugar su know how con la necesidad del cliente, evidenciando un proceso de gestión profundo desde el análisis de mercado hasta la presentación de prototipos y trabajo en conjunto con el cliente.

Esto demuestra que el planeamiento a largo plazo es posible combinando metas a mediano plazo y grandes objetivos a largo plazo. Al punto de desembarcar en otros mercados en cuanto a rubro y lugares. Un ítem importante a resaltar es el tipo de cliente de estos mercados como el médico y el minero donde la seguridad es esencial, los costos se ajustan, pero no se escatiman los recursos habiendo de por medio la salud de las personas en un caso y en el otro el entorno y los empleados.

Se observa el más alto grado de maduración en la GC en aquellas empresas que lograron realizar una ecuación costo-beneficio positiva de los sistemas de gestión de calidad tipo ISO 9001, donde utilizan las certificaciones como argumento de venta o presentación en el exterior. Los productos homologados o patentados coinciden con empresas cuyo segmento de mercado tiene características avanzadas en cuanto al uso de tecnologías, valor agregado y seguridad. Todas estas organizaciones han sido beneficiadas por programas de promoción industrial.

Respecto al rubro metalmecánico es de destacar que en muchos casos es el mismo cliente –por sus características– que tracciona la evolución de la empresa. Por ejemplo, el sector minero o petrolero que imponen estándares y, en particular se referencia a las empresas que han trabajado en el cluster PGM, cuando visitan a estos clientes o asociadas con otras para desarrollo de nuevos productos, encuentran que la GC se trata de una herramienta fundamental para lograr competitividad. Las más innovadoras hasta ponen especial énfasis en la gestión de las fuentes de innovación.

Dentro del rubro electrónico dos subrubros importantes que se encuentran son: el aeroespacial y el del médico, donde el Estado se presenta como cliente. En el primer caso es el Estado quien tracciona la industria pero, donde se enfrenta una gran problemática en la cadena de pago y la competencia. Y en el segundo la competencia son los productos importados de alto valor y que si el Estado comprara productos nacionales, favorecería su crecimiento ahorrando en costos. Por ejemplo, un mantenimiento de un producto importado equivale a la compra de uno nacional de iguales características.

Tanto en éstas como en la mayoría de las empresas entrevistadas, el contexto impacta directamente, la diferencia entre las que crecen a pesar de la situación coyuntural son aquéllas con un liderazgo y gestión del talento institucionalizado. Se está hablando del 9% de los casos.

En el otro extremo las empresas rentistas coinciden con aquéllas que no agregan valor al producto ni al servicio. Y en el medio se encuentran muchas empresas. Que tienen principios con visión de crecimiento, pero que la situación coyuntural las complica de tal forma que resulta muy dificultosa la gestión haciendo que en estos casos se presente una brecha entre la CE y la AE.

5. REFERENCIAS

Buffalo, L. (2013). *Reestructuración productiva y configuración territorial. Pequeña industria metalmecánica en la Ciudad de Córdoba 2002-2012.* La Plata: UNLP.

Casado González, J. M. (2020). *Más allá de la gestión tradicional*. Obtenido de 2.C Casado Consulting: https://www.dosc.es/2020/01/30/mas-alla-de-la-gestion-tradicional-del-conocimiento/

Davenport, T. H. y Pruzak, L. (2001). *Conocimiento en Acción. Cómo las organizaciones manejan lo que saben.* Buenos Aires: Pearson Education.

Druker, P. (2003). *Llega una nueva organización a la empresa. Gestión del conocimiento.* Deusto.

Echeverría Gálvez, G. (2005). *Análisis cualitativo por categorías.* Universidad Academia de Humanismo Cristiano.

Ferrer, A. (2008). *Gestión del conocimiento y desarrollo: la experiencia argentina.* Obtenido de Scribd en línea: https://es.scribd.com/document/266465637/02-Ferrer-Gestion-del-conocimiento-y-desarrollo-15-02-doc

Gómez, M. (2017). Ser Pyme hoy. *62º ICSB World Conference Asociación Civil Red Pymes Mercosur.*

Gómez, M. (2020). *Estudio sobre las políticas públicas para promover la industria en la Ciudad de Córdoba, 2010-2015: el rol del Estado y la empresa, la utilización de la gestión del conocimiento y los factores que inciden sobre la planificación para el desarrollo.* UNC.

Gómez, M. y Quiroga, O. (2017). Análise de ferramentas – competências para a gestão do conhecimento e de estratégias de posicionamento em setores produtivos innovadores . *Congreso XVII SEPROSUL Semana de Engenharia de Produção.*

IRAM ISO 9001. (2015). *Sistemas de Gestión de Calidad.* IRAM.

López Aguirre, J., López Salazar, J., Falconi Tello, L. y Pomaquero Yuquilema, J. (2018). Gestión del conocimiento en las organizaciones: fundamentos, metodologías y praxis. *Revista Contribuciones a la Economía (julio-septiembre 2018)*, En línea://eumed.net/2/rev/ce/2018/3/gestion-conocimiento.

López, A. (2006). *Empresarios, Instituciones y Desarrollo Económico: El caso argentino. Documento de trabajo.* CEPAL.

Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1999). *La organización creadora de conocimiento.* Oxford University Press.

OECD. (2003). *Medición de la gestión de conocimientos en las empresas: primeros resultados.* Obtenido de www.oecd.org/bookshop [Accesado el 3 de mayo de 2019].

Riesco González, M. (2006). *El negocio es el conocimiento.* Diaz de Santos.

Rodríguez Gómez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica. *Educar N° 37*, 25-39.

Toffler, A. (1986). *La Tercera Ola.* Fuenlabrada.

Villasana Arreguín, L., Hernández García, P., y Ramírez Flores, É. (2021). La gestión del conocimiento, pasado, presente y futuro. Una revisión de la literatura. *Trascender, contabilidad y gestión, 6(18)*, 53-78. Epub 22 de noviembre de 2021.https://doi.org/10.36791/tcg.v0i18.128.

MAPEO DE FLUJO DE VALOR PARA LA MEJORA DE LA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS PROCESOS TERAPÉUTICOS EN UNA ORGANIZACIÓN DE SERVICIOS

Mortara, Verónica; Tabone, Luciana; Dimarco, Maximiliano

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
vmortara@fi.mdp.edu.ar; ltabone@fi.mdp.edu.ar; dimarcomaximiliano@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el análisis y mejora de la gestión de la información en una organización que presta servicios de salud de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. El principal problema que presenta es la falta de un sistema de información integral que permita mejorar la toma de decisiones y la eficiencia de los procesos centrales y de apoyo. Es por ello que se propone aplicar la herramienta de Mapeo de Flujo de Valor para identificar las actividades que no generan valor a los procesos actuales, en relación a la generación y manejo de la información, y las oportunidades de mejoras que contemplen la incorporación de un software de gestión con los requerimientos específicos de desarrollo. Se implementan los cambios propuestos y se realiza un mapeo de valor de los procesos mejorados para estudiar comparativamente la situación actual y la propuesta. La implementación de las mejoras permitió aumentar la disponibilidad de información oportuna para la toma de decisiones, simplificar las tareas del personal y disminuir los tiempos improductivos.

Palabras Claves: mapeo de flujo de valor, sistema de información, mejora de procesos, servicios.

ABSTRACT

This paper aims to analyze and improve information management in an organization that provides health services in the city of Mar del Plata, Argentina. The main problem it presents is the lack of a comprehensive information system that allows improving decision-making and the efficiency of central and support processes. That is why it is proposed to apply the Value Stream Mapping tool to identify the activities that do not generate value to the current processes, in relation to the generation and management of information, and the opportunities for improvements that contemplate the incorporation of a management software with specific development requirements. The proposed changes are implemented and a value mapping of the improved processes is carried out to study comparatively the current situation and the proposal. The implementation of the improvements made it possible to increase the availability of timely information for decision-making, simplify the tasks of the staff and reduce unproductive time.

Keywords: value stream mapping, information system, process improvement, services.

1. INTRODUCCIÓN

Para lograr la competitividad se requiere que las organizaciones adopten filosofías y herramientas modernas que proporcionen la capacidad de diagnosticar y mejorar el estado deseado de funcionamiento de las mismas. Este cambio de enfoque, modifica la forma tradicional de trabajo, la forma de optimizar los procesos y reducir los desperdicios de tiempo, costo y espacio (Barcia & De Loor, 2007), a partir de la identificación de las actividades que generan valor agregado al cliente en cada uno de sus procesos. (Nash & Poling, 2008)

El auge de las tecnologías de la información y las comunicaciones ha sido un factor fundamental para la aplicación de este enfoque; facilitando el funcionamiento de la cadena integral y de cada sistema que la compone más allá de la frontera o límites de la empresa. La principal dificultad que éstas enfrentan es la falta de una visión clara de la totalidad de los procesos que intervienen en el flujo de materiales e información en la cadena de valor de sus productos. Esto les imposibilita determinar el origen de los problemas (cuellos de botella y desperdicios) e identificar las áreas en la que hay que introducir mejoras.

Frente a esta problemática, es pertinente la adopción metodologías Lean Manufacturing (LM), que buscan sistemáticamente conocer aquello que el cliente reconoce como valor añadido y está dispuesto a pagar por ello, al tiempo que va eliminando aquellas actividades del proceso que no generan valor (Benitez Lobato, 2012).

Particularmente, el mapeo de la cadena de valor o Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta lean asociada al concepto de cadena de valor. VSM permite visualizar el panorama completo de toda la cadena y se centra en producir lo mejor posible el producto para el cliente. El propósito principal es ayudar a identificar y eliminar desperdicios, mejorando los procesos, flujos de material e información con el fin de aumentar la agilidad y capacidad de respuesta de las organizaciones, en pos del desarrollo de cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles. (López, 2020; De la Fuente et al., 2013).

El presente trabajo toma como caso de estudio a una organización de la ciudad de Mar del Plata que brinda servicios especializados en salud mental. La principal problemática que se observa es la falta de un sistema de información que facilite la toma de decisiones a largo plazo, las decisiones operativas de cada área y aumente la eficiencia de los procesos claves y de apoyo para la organización.

Se propone aplicar la herramienta VSM con el fin de visualizar la cadena de valor e identificar las actividades que no agregan valor a los procesos actuales, en relación a la generación y manejo de la información. Luego identifican oportunidades de mejoras que se verán reflejadas en el diseño de un mapa de la cadena de valor futuro de la organización. Finalmente, se realiza un análisis comparativo de la situación actual y la propuesta de valor.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mapa de la Cadena de Valor

La cadena de valor es el conjunto de pasos o actividades, que agregan o no valor, requeridas para realizar un producto desde la materia prima hasta el cliente final. El enfoque de cadena de valor tiene como objetivo trabajar de forma sistémica, abordando los procesos de manera conjunta y coordinada con el fin de mejorar el sistema completo y no sólo optimizar las partes que lo componen (Rother & Shook, 1999).

El mapeo de la cadena de valor o Value Stream Map fue desarrollado por Toyota en 1945, basado en la filosofía de Lean Manufacturing o manufactura esbelta. Esta metodología se basa en la eliminación de desperdicios con el fin de aumentar la productividad y competitividad de las empresas, ya que su objetivo es proponer mejoras en los procesos mediante el análisis de la cadena de valor, la implementación herramientas de calidad e indicadores de desempeño (Rueda, 2007). Se compone de una serie de herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto, al servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. (Vargas-Hernández; Jiménez Castillo & Muratalla-Bautista, 2018).

La manufactura esbelta surgió para dar paso a una nueva etapa en los sistemas productivos y ha sido aplicada a una gran variedad de sectores diferentes al que se originó y donde ha tenido su mayor desarrollo (Tejeda, 2011). El LM tiene una rama enfocada a la salud conocida como lean healthcare, fusionando esta filosofía con la herramienta VSM. Su aplicación muestra mejoras

continuas en los servicios del sector, agregando valor para el cliente conjuntamente con la reducción de actividades que no generan valor al servicio, lo que se traduce en una reducción de costos, logrando de esta forma un proceso eficiente, eficaz y efectivo. (Ordoñez Palechor, Marín Muñoz, & Romero Lozano, 2019). Además, es una herramienta práctica para explicar a los actores involucrados en la organización como se encuentra el proceso, y luego con la cooperación de estos mismos presentar posibles soluciones y llegar a realizar el mapa de flujo de valor futuro (Cespedes Cordova, 2019).

En particular, el VSM es una de las herramientas del LM que aporta múltiples beneficios dentro de los procesos de la manufactura y en el sector de servicios. (Agualsaca Quishpi & Cacao Choez, 2018). Ayuda a visualizar los procesos y brinda una representación gráfica y ordenada del flujo de materiales e información. Para ello, se elabora el mapa de valor actual del proceso con el objetivo de identificar las actividades que no agregan valor a la organización, considerándose desperdicios en el proceso. Posteriormente, se plantean acciones de mejora al proceso, reduciendo o eliminando los desperdicios identificados, y como resultado se obtiene un mapa de flujo de valor futuro (Guamán Lozano et al., 2018).

Las principales características del VSM (Delgado-Álvarez, Covas Barela, & Martínez Curbelo, 2018) se enumeran a continuación:

- Es una técnica gráfica, que representa la cadena mediante una serie de símbolos.
- Es estructurada y ordenada, para la elaboración de los flujos de materiales e información del proceso.
- Es detallada, proporcionando información minuciosa e importante de las actividades.
- Es sencilla, ya que se usa como herramienta visual para la comunicación de toda organización para la mejora del proceso.

El uso de un VSM presenta diversas ventajas debido a que la herramienta: (López, 2020)

- Ofrece una visión global simple y transversal de todo el proceso analizado.
- Integra toda la información necesaria para comprender de forma visual las dos categorías de flujos (materiales e información).
- Identifica los indicios de actividades que generan desperdicios, sus causas y las principales oportunidades de mejora.
- Normaliza la representación de los procesos mediante el uso de pictogramas y reglas estandarizadas, facilitando el trabajo en equipo.
- Sirven de base para el plan de ejecución de las oportunidades de mejora, al diseñar como debería ser el mapa futuro de la cadena de valor.
- Propicia la creación de valor y la resolución de problemas.
- Instala una comunicación eficiente, homogénea y transversal entre colaboradores.

Los tres elementos que componen el modelo VSM son el valor, el proceso y el mapa (López, 2020), según se detalla a continuación:

1. Valor: La cadena de valor (Porter, 1985) busca producir una ventaja competitiva en base al análisis de los procesos y procedimientos de una empresa. Se pretende generar acciones que conduzcan a la creación de valor para el cliente final y que se traduce en un aumento del volumen de negocios para la empresa. Las acciones representadas en el VSM pueden denominarse “con valor agregado” o sin “valor agregado”, el “valor” se refiere a una estimación de lo que los clientes están dispuestos a gastar para obtener un producto o beneficiarse de un servicio. De esta manera, el objetivo del VSM es detectar los problemas para definir un conjunto de mejoras a los procesos para aumentar la creación de valor para el cliente y la empresa.
2. Proceso: El VSM informa de todas las actividades de la cadena, desde el estado inicial a la propuesta de valor. Está formado por secuencias de procesos dispuestos en función de una línea del tiempo. Los procesos que son estudiados en el VSM son los estratégicos, claves y de soporte.
3. Mapa: Es un medio simple y claro para visualizar el funcionamiento de una empresa en la fabricación de un producto o la elaboración de un servicio, mediante la representación de los procesos de manera sistémica. El mapa se codifica mediante el uso de símbolos estandarizados para representar los flujos de material, información y datos de todos los procesos encontrados en un sistema productivo.

2.2 Sistemas de información

Para la puesta en valor de la información se requiere su integración con las tecnologías, los recursos humanos y los procesos organizativos de la empresa mediante el uso de sistemas de información (Tabone & Mortara, 2022). Un sistema de información recopila, elabora y distribuye la información

necesaria para la operación de la empresa en función de sus necesidades y características particulares (Gonzales, Ortiz & Verdugo, 2019). De esta manera, un sistema de información es una importante herramienta que puede generar valor al permitirle a las empresas tomar mejores decisiones, aumentar su eficiencia y brindar mejor servicio al cliente. Admiten que más personas tengan acceso a la información y la compartan, para reemplazar los pasos secuenciales con tareas que se pueden realizar en forma simultánea y mediante la eliminación de aquellas que resulten repetitivas e ineficientes (Laudon & Laudon, 2012). Es conveniente la participación de los usuarios en la definición de los requerimientos ya que facilita la recolección de hechos y contribuciones valiosas y como emplearán el sistema tendrán un interés legítimo en involucrarse en su desarrollo (Cáceres, 2014).

En general, las organizaciones prestadoras de servicios de la salud llevan un control detallado de las actividades que desempeñan y en su mayoría utilizan métodos convencionales para la gestión de grandes cantidades de información de manera física, generando un trabajo complicado y rutinario. Con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC´s), se pueden desarrollar soluciones que automaticen los procesos demandados por la ejecución de dicho trabajo, posibilitando de esta manera mejorar el servicio prestado al cliente.

Es por ello, que los sistemas de información pueden proporcionarles herramientas adecuadas para la gestión y prestación de un servicio con mayor eficiencia y calidad. Les permitirán disponer de bases de datos de alto desempeño para un conocimiento detallado de sus clientes al registrar de forma computarizada la admisión del paciente, su asistencia médica con su prestación de servicios y de su entorno familiar. (Peláez-Valencia, 2010)

3. METODOLOGÍA

La metodología adoptada para el desarrollo del presente trabajo consiste en un estudio de caso realizado en una organización que presta servicios de salud en la ciudad de Mar del Plata. Se aplica la herramienta VSM, basada en la filosofía LM, para aumentar el agregado de valor en los procesos claves y de apoyo de la organización bajo estudio. En base a la metodología propuesta por Rother & Shook (1999) para la implantación de la técnica VSM se adopta la siguiente estructura(Figura 1):

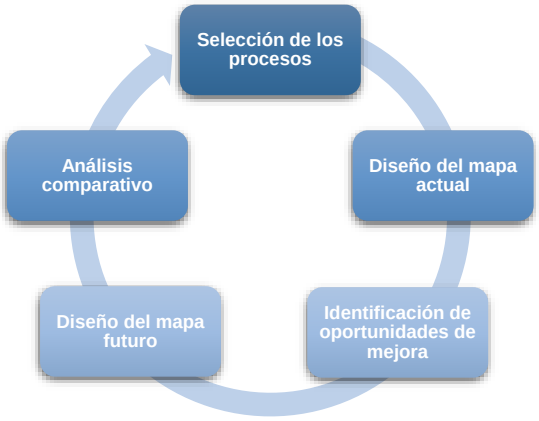


Figura 1. Metodología de implementación VSM.

1. Selección de los procesos: se seleccionan los procesos de la cadena de valor a analizar.
2. Diseño del mapa actual: se debe diseñar el mapa de fujo de valor del estado en el que se encuentran los procesos de la cadena valor seleccionados, con toda la información clave de los mismos, el flujo de material e información y sus variables: tiempo de ciclo, tiempo de atención, tiempo de espera.
3. Identificación de oportunidades de mejora: en función del análisis del mapa actual, el objetivo principal de esta etapa es identificar las fuentes desperdicios.
4. Diseño del mapa futuro: En base a las oportunidades de mejora detectadas, se plantean acciones para la mejora de la cadena actual. Luego, se plasma esta información en un mapa de flujo de valor futuro de los procesos estudiados de forma análoga al paso 2
5. Análisis comparativo: se comparan la situación actual y futura en relación a las variables del proceso y flujos analizados

La representación gráfica del estado actual y futuro se realiza mediante la utilización de símbolos estandarizados (Figura 2) para la identificación de las diversas actividades de un proceso y se agrupan en tres categorías:

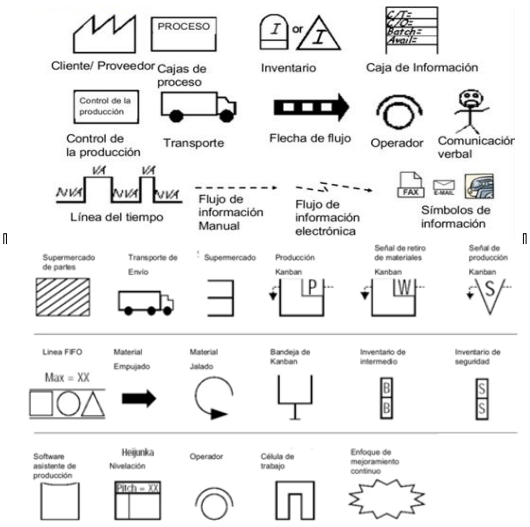


Figura 2: Símbolos VSM (Rother & Shook, 1999)

Para la ejecución de los pasos anteriores se efectúan visitas in situ y entrevistas programadas con los actores involucrados en los procesos seleccionados. Todos ellos mostraron muy buena disposición y gran interés en participar en las actividades propuestas. Los tiempos de proceso fueron obtenidos en base a fuentes de datos secundarias proporcionadas por la empresa y en base a estudios previos. (Tabone & Mortara, 2022; Tabone, Mortara & Zanfrillo, 2020).

4. DESARROLLO

La organización bajo estudio es una fundación radicada en la ciudad de Mar del Plata que se dedica a brindar un servicio especializado en salud mental. Proporcionan servicio profesional altamente personalizado según las características y necesidades terapéuticas de cada paciente. Desde su apertura en el año 2013, su estructura organizacional fue modificándose, según el crecimiento de la cantidad de pacientes atendidos. El actual organigrama de la empresa se presenta en la Figura 3. Se evidencia una estructura de tamaño pequeño con una departamentalización por funciones. Posee una dotación de diez trabajadores distribuidos en los diferentes niveles y tres asesores externos.

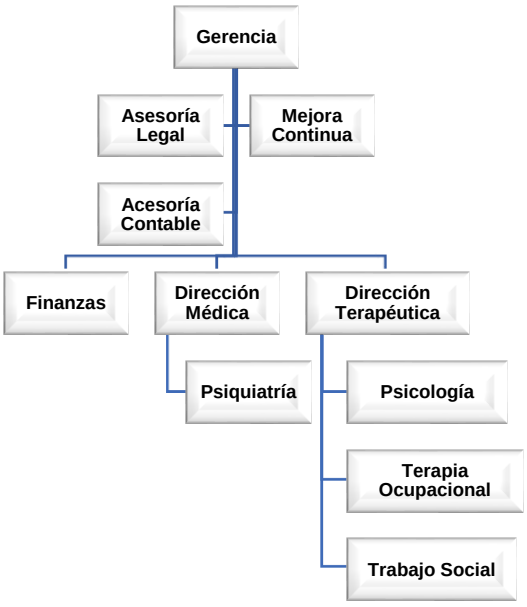


Figura 3: Organigrama actual.

Las decisiones estratégicas son tomadas por la Gerencia, y en sus comienzos, al ser una organización pequeña esta área también se encargaba de algunas tareas y toma de decisiones de los mandos medios. Debido al incremento del número de pacientes atendidos estas decisiones, en su mayoría, han sido delegadas a las áreas correspondientes. En principio la empresa no disponía de un sistema de información o software de gestión, se implementaban registros en papel y en planillas de cálculo electrónicas, carteleras e informes en procesadores de texto que almacenan en la nube para permitir el acceso de todas las áreas.

Analizando a la organización bajo un enfoque de procesos, en la Figura 4 se presenta el mapa de procesos de la misma.

Figura 4: Mapa de procesos.

Como se puede observar, la organización cuenta con tres procesos estratégicos que proporcionan directrices a los demás procesos y son realizados por la Gerencia. Estos definen los objetivos que persigue la organización en relación a la políticas y estrategias de servicio al cliente, comerciales y financieras. Los procesos claves u operativos son los que permiten prestar el servicio al cliente y abarcan los procesos de admisión, actividades terapéuticas y médicas. Estos procesos son esenciales para los clientes y tienen un impacto directo en el agregado de valor ya que la mayoría de las actividades que los componentes se realizan en presencia del cliente. Por último, se identifican tres procesos de apoyo que brindan soporte a los procesos claves y estratégicos. Estos son Facturación y Cobros, Gestión Comercial y Recursos Humanos (RRHH).

Para la realización del presente trabajo, se seleccionan los tres procesos claves y el proceso de apoyo de Facturación y Cobros y sobre ellos se realiza en análisis de valor. En las Figuras 5, 6 y 7 se presenta el VSM de los procesos en su estado actual y las oportunidades de mejora identificadas en cada uno.

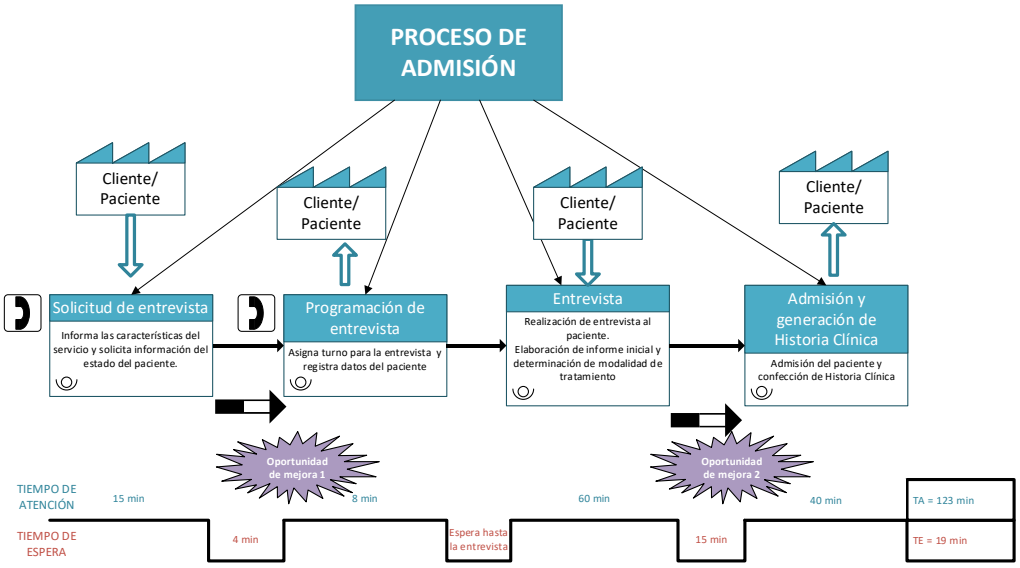


Figura 5: VSM Actual Proceso de Admisión

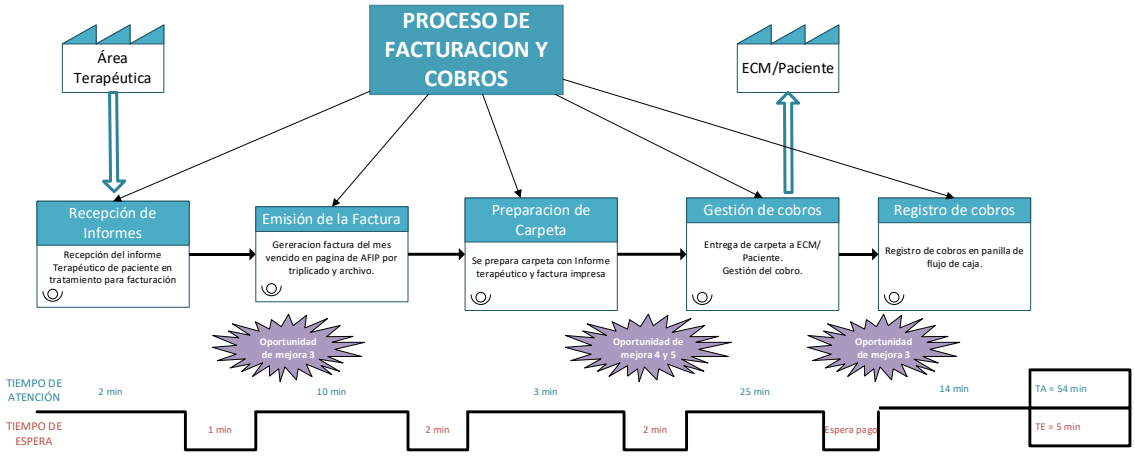


Figura 6: VSM Actual Proceso de Facturación y Cobros

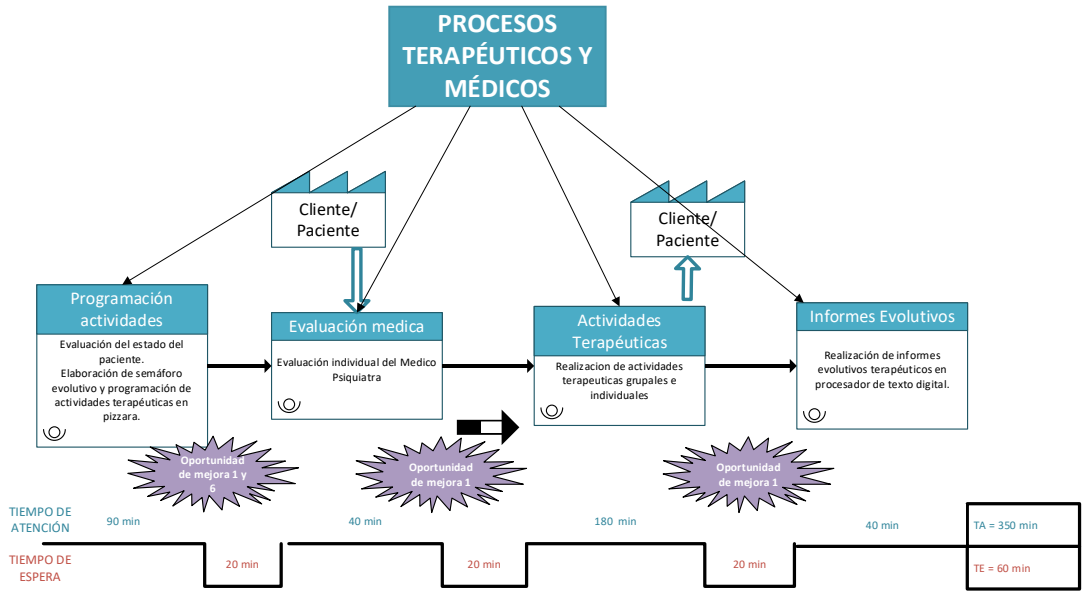


Figura 7: VSM Actual Procesos Terapéuticos y Médicos

Las oportunidades de mejora detectadas se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1: Oportunidades de mejora.

Oportunidad de Mejora	Descripción
1	Implementar Calendario web para la gestión de Entrevistas de Admisión
2	Incorporar un software de gestión de información que permita la carga y acceso a Historias Clínicas e informes de manera digital.
3	Incorporar un software de gestión de información que permita automatizar y sistematizar el proceso de facturación y cobros, evitar la duplicidad de carga de datos, generar documentación digital y la disponibilidad de información.
4	Adoptar como única modalidad de pago la transferencia o depósito bancario con el objetivo de evitar pérdidas de tiempo y sobrecarga de trabajo al personal.
5	Realizar el envío de los recibos de manera digital.
6	Incorporar un software de gestión de información que permita programar las actividades médicas y terapéuticas y que contenga el semáforo evolutivo de cada paciente de manera digital.

Todas las propuestas de mejora fueron implementadas por la organización. En una primera etapa, se comenzó a utilizar el calendario web para gestionar las entrevistas de admisión y se realizó la

compra de un software de gestión contable estandarizado. Se establecieron los canales digitales para el pago del servicio y la entrega de documentación. Paralelamente, se definieron los requisitos del software de gestión de para los procesos Terapéuticos y Médicos, para, en una segunda instancia, realizar el desarrollo e implementación de un sistema a medida.

Como resultado, en las Figuras 8, 9 y 10 se presenta el mapa de flujo de valor futuro para los tres procesos analizados.

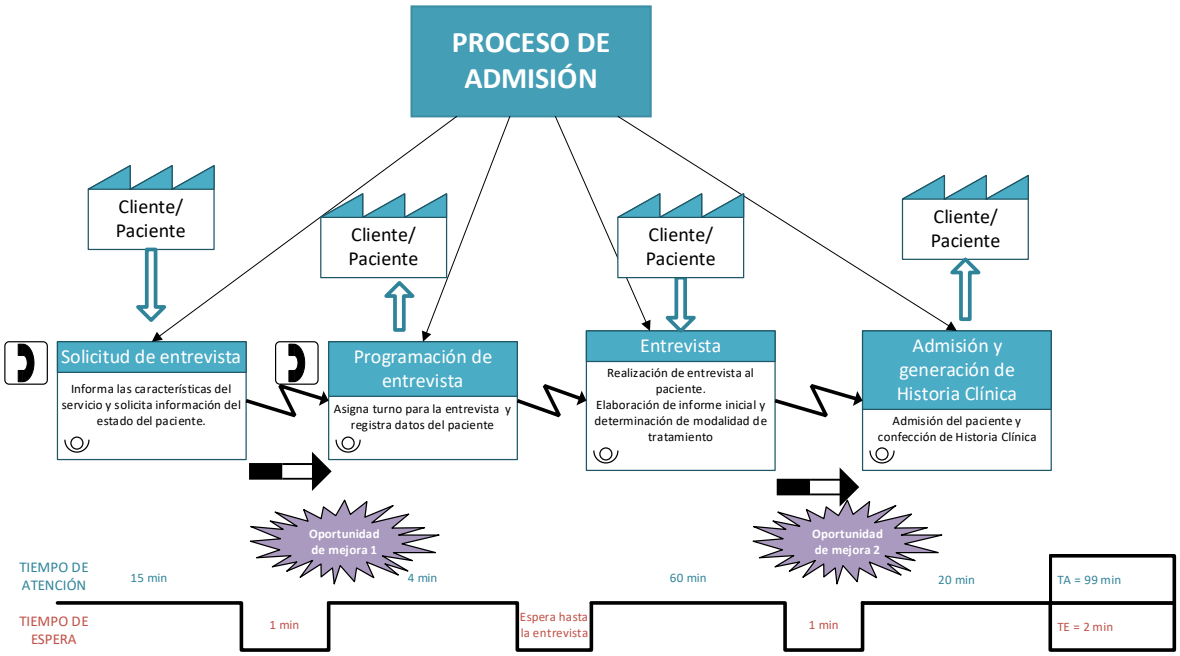


Figura 8: VSM futuro Proceso de Admisión

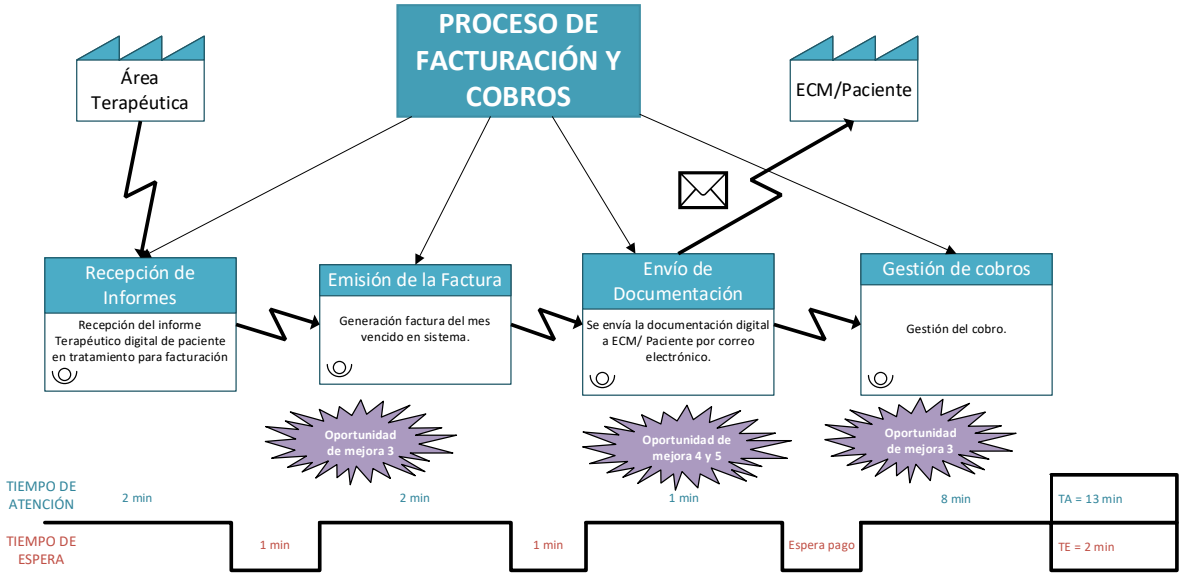


Figura 9: VSM Futuro Proceso de Facturación y Cobros

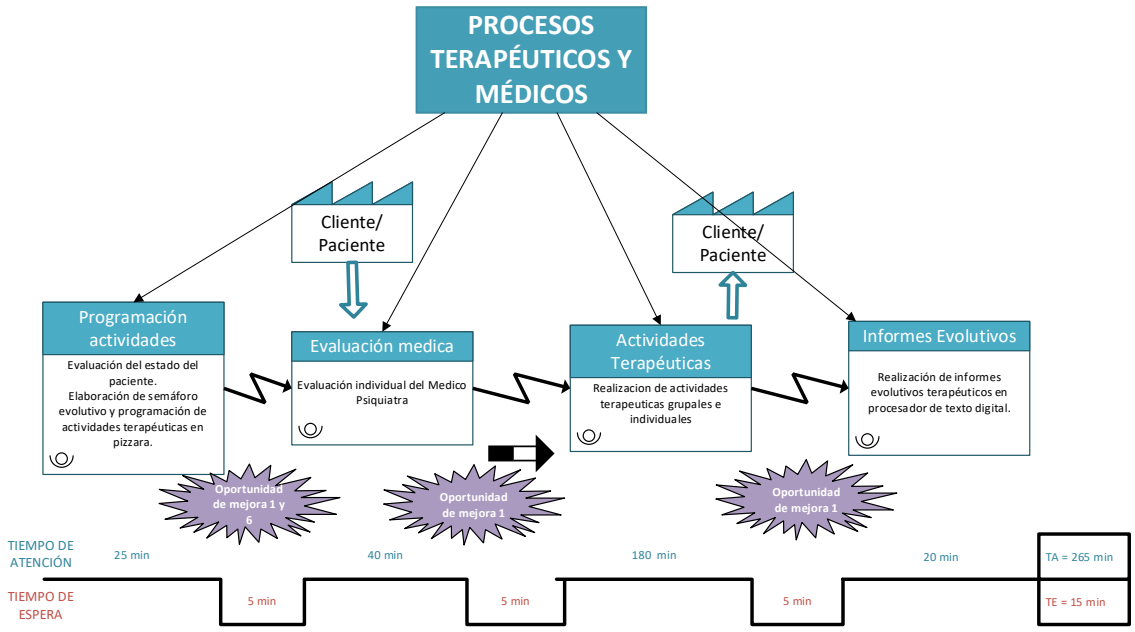


Figura 10: VSM Futuro Procesos Terapéuticos y Médicos

Finalmente se realiza un análisis comparativo de la situación actual y futura en relación a las principales variables del proceso (Tablas 2, 3 y 4). La mejora se mide en términos de reducción porcentual para los indicadores de tiempo de atención, tiempo de espera y tiempo de ciclo. Para el porcentaje de flujo de información digital se mide en términos de aumento porcentual de dicha cantidad.

Tabla 2: Análisis comparativo Proceso de Admisión

Variable	VSM Actual	VSM Futuro	% Mejora
Tiempo de atención	123 min	99 min	19,51%
Tiempo de espera	19 min	2 min	89,47%
Tiempo de ciclo	141 min	101 min	28,37%
% de flujo de información digital	0 %	100%	100%

Tabla 3: Análisis comparativo Proceso de Facturación y Cobros

Variable	VSM Actual	VSM Futuro	% Mejora
Tiempo de atención	54 min	13 min	75,93%
Tiempo de espera	5 min	2 min	60,00%
Tiempo de ciclo	59 min	15 min	74,58%
% de flujo de información digital	0 %	100%	100%

Tabla 4: Análisis comparativo Procesos Terapéuticos y Médicos

Variable	VSM Actual	VSM Futuro	% Mejora
Tiempo de atención	350 min	265 min	24,29%
Tiempo de espera	60 min	15 min	75,00%
Tiempo de ciclo	410 min	280 min	31,71%
% de flujo de información digital	0 %	100%	100%

Todas las mejoras implementadas han permitido la digitalización el 100% de la información y mediante el uso de aplicaciones y sistemas informáticos se ha logrado disminuir los tiempos de espera de forma considerable, aumentando el valor generado al cliente y la eficiencia de los procesos analizados. También, se ha logrado disminuir los tiempos de atención, gracias a la disponibilidad de información adecuada y oportuna para el desarrollo de las actividades operativas

y la toma de decisiones. Estas mejoras se traducen en una mejora de los tiempos de ciclo, con una reducción del 28,37% para el proceso de admisión, del 74,58% para el de facturación y cobros y del 31,73 % para los terapéuticos y médicos.

5. CONCLUSIONES

La adopción de tecnologías LM posibilitó mejorar el funcionamiento del proceso global de la organización en estudio. En particular el VSM resultó ser una herramienta de gran utilidad, permitiendo representar gráficamente el flujo de valor; visualizar en forma rápida las causas de los problemas que se presentan, eliminar los desperdicios y facilitar la identificación de oportunidades de mejora en los procesos de la organización.

Entre las oportunidades de mejora se contempló la implementación de un calendario Web, la incorporación de un software de gestión para el proceso de facturación y cobros, la unificación de la modalidad de pagos, digitalización de envío recibos y el desarrollo de un software de gestión integral para el área médica y terapéutica,

La implementación de la totalidad de las mejoras propuestas se tradujo en la generación de documentación digital y consecuentemente disponibilidad de información pertinente tanto en el área finanzas como en el área médica y terapéutica. En particular en ésta última se digitalizaron las historias clínicas, actividades médicas y terapéuticas y el semáforo evolutivo de cada paciente. Asimismo, se consiguió eliminar la duplicidad de carga de datos, simplificar las tareas del personal y reducir en forma significativa los tiempos improductivos en los procesos analizados.

En el proceso de Admisión la reducción de los tiempos de atención, de espera y de ciclo fue de un 19,51%; 24,29% y 75, 93 % respectivamente. En el proceso Terapéutico y Médico el tiempo de atención disminuyó un 24,29%, mientras que el de espera y de ciclo un 75 % y 31,71 %. Por último, en el proceso de Facturación y Cobros se evidencia una disminución de 28,37% en el tiempo de espera, 31,71% en el de atención y 74,58 % en el de ciclo. Además, se ha incrementado en un 100% el flujo de información digital en los tres procesos.

El VSM permitió también mostrar a los responsables de cada área su desempeño, interrelaciones entre las mismas y el comportamiento del proceso en forma global. Las capacitaciones para poder adecuarse a los sistemas incorporados fueron sencillas y las herramientas resultaron fáciles de aprender. El plan propuesto ha facilitado la comunicación entre las distintas áreas y personal de la organización como así también la disponibilidad de información pertinente en tiempo y forma.

El VSM resultó ser una herramienta factible de aplicación y de gran ayuda para detectar los orígenes de las dificultades presentes y las posibilidades de mejora en todo el flujo de valor, y en consecuencia alcanzar mayor eficiencia y mejorar la calidad del servicio.

6. REFERENCIAS.

Agualsaca Quishpi, R., & Cacao Choez, D. (2018*). Aplicación de la herramienta Lean VSM (Value Stream Mapping) en el sector hospitalario*. [Tesis de grado, Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio UNEMI http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/4389/1/APLICACI%c3%93N%20DE%20LA%20HERRAMIENTA%20LEAN%20VSM%20%28VALUE%20STREAM%20MAPPING%29.pdf.

Barcia, K., & De Loor, C. (2007). Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM). *Revista Tecnológica ESPOL*. Octubre, 20 (1), 31-38.

Benítez Lobato, M. (2012). *Análisis y mejora de los procedimientos de una empresa de ingeniería eléctrica.* [Tesis de grado, Universidad de Sevilla]. Repositorio E-Reading ETSI: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30176/.

Cáceres, E. A. (2014). Análisis y Diseño de Sistemas de Información. FACSO-UNSJ. Recuperado de: https://es-static.z-dn.net/files/db8/114b542246805881d8bc04e43356f87f.pdf.

Cespedes Cordova, K. C. (2019). *Propuesta de mejora de la aplicación de Lean Value Stream Mapping en el proceso de atención al paciente en una institución de servicio de salud pública.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio UTP https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3106?show=full.

De la Fuente, M.V., Alonso, M., Hontoria E., & Ros, L. (2013). Mejora del Sistema Productivo mediante Value Stream Mapping. Aplicación a una Empresa de Diseño. *Book of Proceedings of the*

7th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - XVII Congreso de Ingeniería de Organización. España: Grupo INSISOC, Universidad de Valladolid.

Delgado-Álvarez, N., Covas Barela, D., & Martínez Curbelo, G. (2018). Aplicación del mapa de flujo de valor (value stream map-vsm) a la gestión de cadenas de suministros de productos agrícolas: un caso de estudio. *Identidad Bolivariana*, 2(1), 119-135. https://doi.org/10.37611/IB2ol1119-135.

González, J., Salazar, F., Ortiz, R., & Verdugo, D. (2019). Gerencia estratégica: herramienta para la toma de decisiones en las organizaciones. *Telos*, 21(1), 242-256. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99357718032.

Guamán Lozano, A. G., Miño Cascante, G. E., García Flores, A. N., & Moyano Alulema, J. C. (2018). Implementación de un modelo Value Stream Mapping para incrementar la productividad y calidad en una PYMES. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 249.

Laudon K. C., & Laudon, J. P. (2012) *Sistemas de información gerencial*. México: Pearson Educación.

López, X. N. (2020). *V.S.M: herramienta clave de la mejora continua metodología y aplicación.* [Tesis de magister, Universidad Católica de Córdoba]. Repositorio UCC http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/2805/1/TM_Lopez_Ximena.pdf.

Nash, M., & Poling S. (2008). *Mapping the Total Value Stream* (1 Ed.). Taylor & Francis Group.

Ordoñez Palechor, L. A., Marín Muñoz, M., & Romero Lozano, L. T. (2019). Revisión Bibliográfica de la herramienta Value Stream Map en el Sector *Salud. Ingeniería industrial, 2019*.

Peláez-Valencia, E. L. (2010). Capsoft, sistema de información para la gestión de la información clínica. *Ventana informática,* (22), 187-205. https://doi.org/10.30554/ventanainform.22.216.2010.

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: Free Press.

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda* (Version 1.2). Lean Enterprise Institute.

Rueda, E. (2007). *Aplicación de la metodología seis sigmas y lean manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables*. [Tesis Licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio IPN https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/489/1/Tesis%20Lizbeth%20Rueda.pdf.

Tabone, L. B., & Mortara , V. A. (2022). Modelo para la definición de los requisitos de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina. *Ingeniería Industrial*, (42), 159-181. https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n42.5705.

Tabone, L., Mortara, V., & Zanfrillo, A. (2020). Agregado de valor mediante incorporación de TIC´s al proceso de facturación y cobro en una organización de *salud. XIII Congreso de Ingeniería Industrial – COINI 2020*. (p. 14) Cuidad Autónoma de Buenos Aires: eduTEcNe. Recuperado de: https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/5393/COINI%202020%20-%20XIII%20Congreso%20Internacional%20de%20Ingenier%c3%ada%20Industrial.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

Tejeda, A. S. (2011). Mejoras de lean manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*, 36 (2), 276-310.

Vargas-Hernández, J. G., Jiménez Castillo, M. T., & Muratalla-Bautista, G. (2018). Sistemas de producción competitivos mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing. *Ciencias Administrativas*, (11), 81-95. https://doi.org/10.24215/23143738e020.

METODOLOGÍA ÁGIL PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN EN UNA ORGANIZACIÓN DE SERVICIOS

Mortara, Verónica; Tabone, Luciana; Dimarco, Maximiliano

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
ltabone@fi.mdp.edu.ar; vmortara@fi.mdp.edu.ar; dimarcomaximiliano@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo e implementación de un sistema de información en una pequeña organización de servicios de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. En una etapa previa, mediante aplicación de la metodología Investigación Operativa Soft, se realizó un relevamiento de información y definición de requisitos, donde se determinaron las principales necesidades que debería cubrir el sistema de información. A partir de estos requisitos definidos, se propone continuar con el proceso de desarrollo e implementación del sistema. En una primera etapa, se realiza la evaluación y selección del proveedor del sistema mediante la aplicación del método multicriterio para la toma de decisiones Proceso Analítico de Jerarquías. En una segunda etapa, se utilizan metodologías ágiles para gestionar el desarrollo e implementación del sistema en forma conjunta con los principales actores involucrados. Dado que las metodologías ágiles están orientadas especialmente a la gestión de proyectos pequeños, su aplicación resultó una solución sencilla y adecuada para este caso de estudio, permitiendo obtener un sistema de información a medida y de fácil adopción.

Palabras Claves: sistema de información, metodologías ágiles, proceso analítico de jerarquías, servicios.

ABSTRACT

The objective of this work is the development and implementation of an information system in a small service organization in the city of Mar del Plata, Argentina. In a previous stage, by applying the Soft Operational Research methodology, a survey of information and definition of requirements was carried out, where the main needs that the information system should cover were determined. Based on these defined requirements, it is proposed to continue with the system development and implementation process. In a first stage, the evaluation and selection of the system provider is carried out by applying the multicriteria method for decision making Analytical Hierarchy Process. In a second stage, agile methodologies are used to manage the development and implementation of the system jointly with the main actors involved. Given that agile methodologies are especially oriented to the management of small projects, their application was a simple and adequate solution for this case study, allowing to obtain a customized and easy-to-adopt information system.

Keywords: information system, agile methodologies, analytical hierarchy process, services.

1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de información es una valiosa herramienta que puede generar valor para la empresa y sus clientes. Este permite que muchas más personas tengan acceso a la información y la compartan, lo que facilita la de toma de decisiones, aumenta la eficiencia de los procesos empresariales y brinda un mejor servicio al cliente.

En la definición de los requisitos y el posterior desarrollo de un sistema de información, es de suma importancia la participación activa y colaborativa de los usuarios, ya que facilitan la recolección de información y el aporte de contribuciones valiosas.

Se toma como caso de estudio a una organización de la ciudad de Mar del Plata que brinda servicios especializados en salud mental. La principal problemática detectada fue la carencia de un sistema de información digital. Implementaban registros en papel, carteleras, registros en planillas de cálculo electrónicas e informes en procesadores de texto que almacenaban en la nube para permitir el acceso de todas las áreas. Ante la creciente demanda de tratamiento y las falencias del manejo de la información, resultó imperiosa la implementación de un software de gestión que facilite la toma de decisiones estratégicas a largo plazo y las decisiones operativas de cada área. En trabajos previos (Tabone & Mortara, 2022) se definieron los requisitos para el diseño del software de gestión integral utilizando Investigación Operativa Soft. A partir de estos requisitos, es objetivo del presente trabajo continuar con el proceso de desarrollo e implementación del sistema de información abordado desde la aplicación de metodologías participativas. Para ello, en primera instancia, se efectúa la evaluación y selección del proveedor del sistema mediante la aplicación del método multicriterio Proceso Analítico de Jerarquías (AHP, por sus siglas en inglés) y en una segunda etapa, mediante la aplicación de la metodología ágil Kanban, se gestiona el desarrollo e implementación del sistema en forma conjunta con los principales actores involucrados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Metodologías agiles

En el contexto actual, las organizaciones necesitan actualizar sus sistemas o automatizar sus procesos, generando nuevos retos en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Esto se orienta a la mejora de la productividad y la generación de valor en las organizaciones, razón por la cual implementan nuevos métodos de gestión y las metodologías agiles resultan ser una alternativa conveniente a adoptar (Gamboa Manzaba, 2014).

Los métodos ágiles continúan ganando espacio e importancia debido a que son más eficientes en ambientes de alta incertidumbre y cambios en comparación a los métodos tradicionales de desarrollo de software (Masood, Hoda, & Blincoe, 2018). Se fundamentan en que los requisitos y soluciones evolucionan en el tiempo según las necesidades del proyecto y en donde la colaboración de equipos de trabajo es esencial para el cumplimiento de objetivos (Gaete, Villarroel, Figueroa, Cornide-Reyes, & Muñoz, 2021). Las organizaciones, con el fin de conseguir que sus equipos alcancen altos estándares de trabajo y que los clientes perciban que se les está agregando valor a su producto, inician procesos de adopción que permiten incorporar la agilidad en sus procesos de gestión. (Valentin, Carvalho, & Barreto, 2015).

Una cuestión favorable de estos métodos es que facilitan a empresas de tamaño pequeño la adopción de prácticas que favorecen a la gestión de sus recursos sin mayores formalismos, en relación a las metodologías tradicionales (Yepes González, Pardo Calvache, & Gómez Gómez, 2015). Es por ello, que están especialmente indicadas en proyectos con requisitos poco definidos y cambiantes y se aplican bien en equipos pequeños que resuelven problemas concretos, dividiendo el trabajo en módulos abordables para minimizar errores y costos. Las metodologías agiles presentan diversas ventajas (Amaro Calderón & Valverde Rebaza, 2007), tales como:

- Capacidad de respuestas a cambios de requisitos a lo largo del desarrollo.
- Entrega continua y en plazos breves de software funcional.
- Trabajo conjunto entre el cliente y el equipo de desarrollo.
- Importancia de la simplicidad, eliminando el trabajo innecesario.
- Atención continua a la excelencia técnica y al buen diseño
- Mejora continua de los procesos y el equipo de desarrollo.

En concreto, las metodologías ágiles para el desarrollo de software proporcionan en cortos períodos de tiempo partes pequeñas del sistema debido a su enfoque flexible y al trabajo en equipo. (Baldoceda Conde, 2021)

Los enfoques ágiles están alineados con los principios y valores declarados en el manifiesto ágil. Este es un documento que engloba principios y valores que hacen diferente un proyecto de desarrollo de software ágil de uno en su forma tradicional. Según el manifiesto ágil se valora:

- Al individuo y las interacciones del equipo de desarrollo sobre el proceso y las herramientas.
- Desarrollar software que funcione más que la documentación del mismo.
- La colaboración con el cliente más que la negociación de su contrato.
- Responder a los cambios más que seguir con el plan establecido.

Estos cuatro valores dieron origen a 12 principios del manifiesto, que son:

1. La principal prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de software de valor.
2. Son bienvenidos los requisitos cambiantes, incluso si llegan tarde al desarrollo. Los procesos ágiles se doblegan al cambio como ventaja competitiva para el cliente.
3. Entregar con frecuencia software que funcione, en periodos de un par de semanas hasta un par de meses, con preferencia en los periodos breves.
4. Las personas del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos de forma cotidiana a través del proyecto.
5. Construcción de proyectos en torno a individuos motivados, dándoles la oportunidad y el respaldo que necesitan y procurándoles confianza para que realicen la tarea.
6. La forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de desarrollo es mediante la conversación cara a cara.
7. El software que funciona es la principal medida del progreso.
8. Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenido. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deben mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica enaltece la agilidad.
10. La simplicidad como arte de maximizar la cantidad de trabajo que se hace, es esencial.
11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos que se autoorganizan.
12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre la forma de ser más efectivo y ajusta su conducta en consecuencia.

Los dos primeros principios son generales y resumen gran parte de la filosofía ágil, el resto tienen que ver con el proceso a seguir y con el equipo de desarrollo (Amaro Calderón & Valverde Rebaza, 2007).

2.2. Kanban aplicado al desarrollo de software

Entre las metodologías agiles más utilizadas se encuentran la Programación Extrema, enfocada en la parte de programación, Scrum, orientada a las prácticas de organización y gestión, y Kanban, que gestiona un óptimo flujo de trabajo dentro del proceso.

En particular el Kanban es una técnica de representación visual de información que mejora la eficiencia en la ejecución de las tareas de un proyecto. Anderson (Anderson, 2010) fue pionero en implementar esta metodología para el desarrollo de software. Dicho autor expresa que Kanban tiene como objetivo principal gestionar de manera general como se van completando las actividades y en la actualidad es ampliamente utilizada para la gestión de proyectos de software, aunque no fue creada específicamente.

Las tres principales reglas de Kanban (Pérez, 2012) son las siguientes:

1. Visualizar el flujo de trabajo: El trabajo se divide en partes o tareas, que se escriben en una tarjeta y se las coloca en la columna inicial del tablero Kanban. Las columnas representan los estados por los que puede pasar cada tarea y son tantas como las que el equipo considere necesario. El objetivo de esta regla es visualizar en que está trabajando cada miembro del equipo, que todos tengan algo que hacer, considerando las prioridades de cada tarea.
2. Determinar el límite del trabajo en proceso: Se debe establecer el límite de tareas que se pueden realizar en cada estado del flujo de trabajo con el fin de detectar cuellos de botella.
3. Controlar el tiempo en completar una actividad (lead time): El lead time es el tiempo desde que se pide la tarea hasta su entrega, mientras que el tiempo de ciclo es el tiempo desde que se inicia una actividad hasta su finalización, es decir mide el rendimiento del proceso. Es indispensable optimizar estas métricas para el control y una mejora continua.

Una de las características por la que el Kanban se diferencia de otras metodologías agiles es la ausencia de roles. Sin embargo, esto no implica que no se puedan añadir roles adicionales en caso

de ser necesarios, siempre y cuando se esté seguro que agreguen valor y no generar conflictos con otros elementos del proyecto (Kniberg, Skarin, Poppendieck, & Anderson, 2010).

Los tableros Kanban pueden ser implementados de forma física o virtual, dependiendo del contexto de trabajo de la organización, de la localización de los miembros del equipo y de las condiciones laborales para el desarrollo del software (León Yacelga & Checa Cabrera, 2022).

2.3. Proceso Analítico de Jerarquías

La toma de decisiones en escenarios de múltiples alternativas no puede basarse en un solo criterio. Existen diversas técnicas que consideran evaluar simultáneamente varios criterios, cualitativos y cuantitativos, de un conjunto de alternativas. Para que esta evaluación sea más acertada debe ser realizada bajo un enfoque participativo y no por una sola persona (Gil Torrijos, 2018). El AHP es uno de los métodos que suele utilizarse como apoyo a la toma de decisiones en estos contextos.

Este método se basa en la construcción de las jerarquías, el establecimiento de prioridades y una consistencia lógica. Descompone el problema en una estructura jerárquica multinivel de objetivos o metas, criterios, subcriterios y alternativas (Tapiero, Trujillo Barrios, & Guzmán, 2017). Los decisores realizan evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y de cada una de las alternativas referida a cada criterio. Como resultado final se establece la prioridad global de las alternativas de decisión respecto al objetivo (Toskano Hurtado, 2005). Es una técnica ampliamente utilizada por los tomadores de decisiones y los investigadores por su extenso campo de aplicación en los procesos de planificación, la asignación de recursos y la selección de proyectos tecnológicos, entre otros (Huamaní Huamaní & Eyzaguirre Tejada, 2015).

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo se adopta una metodología basada en un estudio de caso efectuado en una organización que presta servicios de salud en la ciudad de Mar del Plata. Las etapas a seguir para el desarrollo del trabajo son las siguientes:

- Paso 1: Análisis de los requisitos para el diseño del software de gestión integral y proceso de desarrollo e implementación, definidos previamente mediante la aplicación de Investigación Operativa Soft (Tabone & Mortara, 2022).
- Paso 2: Evaluación y selección del proveedor del software mediante la aplicación del método multicriterio AHP.
- Paso 3: Aplicación de la metodología ágil Kanban para gestionar el proceso de desarrollo e implementación del sistema mediante el sofware Gitlab®.
- Paso 4: Análisis de las métricas del método Kanban: lead time y tiempo de ciclo.

Para la ejecución de los pasos anteriores se efectúan visitas in situ y entrevistas programadas con los actores involucrados en el proceso analizado. Todos ellos mostraron muy buena disposición y gran interés en participar en las actividades propuestas.

3.1. Método AHP

Este método requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones objetivas y/o subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios que se seguirán para tomar la decisión y que especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión referida a cada criterio. Como resultado se obtiene la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta (Toskano Hurtado, 2005).

Para tomar una decisión en forma organizada, es necesario seguir los siguientes pasos (Saaty, 2008):

1. Definir el problema, estableciendo sus componentes o elementos relevantes.
2. Estructurar la jerarquía del problema. Para ello, se elabora una representación gráfica del problema en función de la meta global, los criterios a ser usados y las alternativas de decisión (Figura 1).

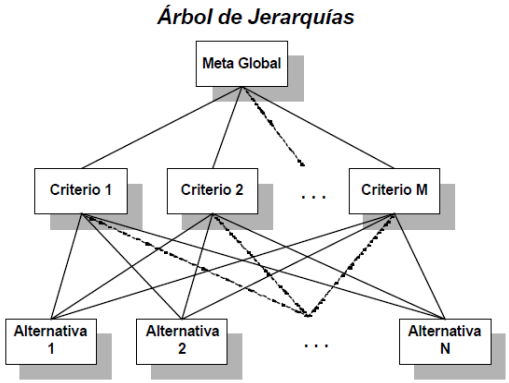


Figura 1: Estructura Jerárquica

3. Establecer las preferencias: El AHP, requiere a quien toma las decisiones, señalar un juicio de valor con respecto a todos los elementos de un nivel, referido a cada uno de los elementos del nivel inmediato superior. Se utilizan matrices de comparaciones pareadas para establecer dichas preferencias. Las comparaciones pareadas son las bases fundamentales del AHP. Se emplea la escala de Saaty con valores de 1 a 9, como se muestra en Tabla 1, para calificar las preferencias relativas de los elementos.

4.

Planteamiento verbal de la preferencia	Calificación Numérica
Extremadamente preferible	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible	8
Muy fuertemente preferible	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible	6
Fuertemente preferible	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible	4
Moderadamente preferible	3
Entre igualmente y moderadamente preferible	2
Igualmente preferible	1

Tabla 1: Escala de Saaty.

5. Priorizar y sintetizar: en un problema jerarquizado, las prioridades pueden ser locales, globales o totales. Una consideración importante en términos de la calidad de decisión final se refiere a la consistencia de juicios que muestra el tomador de decisiones en el transcurso de la serie de comparaciones pareadas. La consistencia perfecta es difícil de lograr ya que los juicios son realizados por personas. Esta metodología calcula la relación o razón de consistencia de Saaty, considerando aceptable los valores menores a 0,1. Por último, se realiza la síntesis del problema para obtener la prioridad total de las alternativas mediante la agregación multiaditiva de las prioridades globales. Esto permite ordenar el conjunto de las alternativas consideradas y seleccionar la mejor alternativa para obtener la meta buscada (Alberto & Carignano, 2019).

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

La organización bajo estudio es una fundación radicada en la ciudad de Mar del Plata que se dedica a brindar un servicio especializado en salud mental. Proporcionan servicio profesional altamente personalizado según las características y necesidades terapéuticas de cada paciente. Desde su apertura en el año 2013, su estructura organizacional fue modificándose, según el crecimiento de la cantidad de pacientes atendidos. El actual organigrama de la empresa se presenta en la Figura 2. Se evidencia una estructura de tamaño pequeño con una departamentalización por funciones. Posee una dotación de diez trabajadores distribuidos en los diferentes niveles y tres asesores externos.

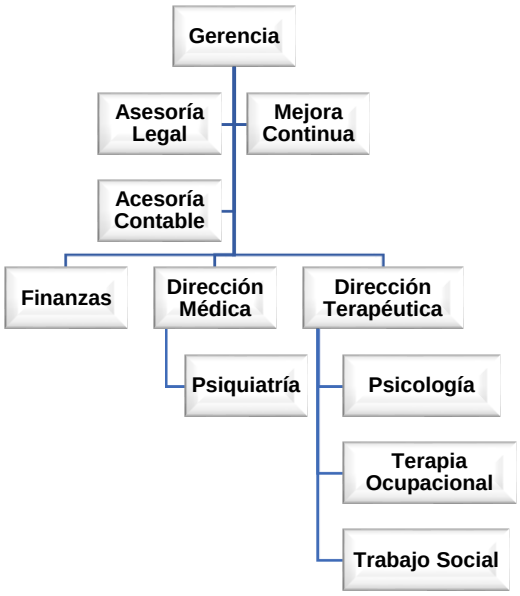


Figura 2: Organigrama actual.

Las decisiones estratégicas son tomadas por la Gerencia, y en sus comienzos, al ser una organización pequeña esta área también se encargaba de algunas tareas y toma de decisiones de los mandos medios. Debido al incremento del número de pacientes atendidos estas decisiones, en su mayoría, han sido delegadas a las áreas correspondientes. En principio la empresa no disponía de un sistema de información o software de gestión integral, se implementaban registros en papel y en planillas de cálculo electrónicas, carteleras e informes en procesadores de texto que almacenan en la nube para permitir el acceso de todas las áreas. Debido a la creciente demanda de tratamiento y las falencias que generaba el manejo de la información se consideró necesaria la implementación de un software de gestión que facilite la toma de decisiones estratégicas a largo plazo y las decisiones operativas de cada área.

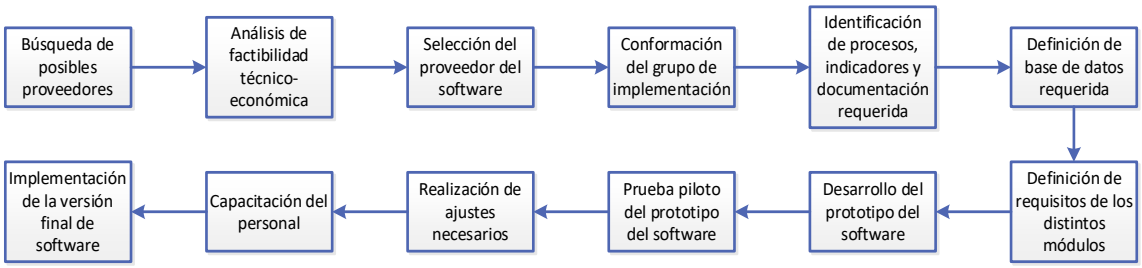
En un trabajo previo (Tabone & Mortara, 2022), mediante la combinación de las metodologías participativas Investigación Operativa Soft y AHP, se definieron los requisitos para el diseño del software de gestión integral que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Requisitos del sistema

REQUISITOS	
1	Incluir en el software de gestión reportes sobre la emisión de la facturación, el flujo de caja (ingresos y egresos) y seguimiento de cobros
2	Definición de indicadores financieros y para la toma de decisiones estratégicas
3	Registro de la información sobre la forma en que los pacientes tomaron conocimiento de la institución y segmento socioeconómico, forma de pago
4	Definición de indicadores de ingresos, permanencia, altas tempranas y altas de los pacientes.
5	La facturación, recibos de pagos y egresos de dinero debería realizarse directamente desde el sistema (integrar a AFIP)
6	Generación de un módulo para la programación de las entrevistas iniciales a los potenciales pacientes y generación de base de datos de las entrevistas
7	Generación de registros digitales en el sistema de las entrevistas iniciales y generación automática de las historias clínicas en informe inicial de los pacientes
8	Generación de registros digitales en los grupos terapéuticos de las tres subáreas y coloquios individuales y generación de indicadores de desempeño del área
9	Generación de registros digitales de los informes evolutivos/cierres de cada paciente
10	Generación de un módulo con el semáforo evolutivo de cada paciente, con estadísticas e integración con los registros de grupos terapéuticos y coloquios individuales

El equipo de trabajo define la secuencia de actividades necesarias para desarrollar e implementar el software de gestión que se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Mapa conceptual.



Como se indica en el mapa conceptual, este trabajo comienza con la búsqueda y selección de proveedores del software. Una vez realizada dicha selección, se inicia con la fase final que corresponde al proceso de desarrollo e implementación del software de gestión integral propuesto.

4.1. Evaluación y selección del proveedor del sistema

Para comenzar con el proceso de evaluación y selección del proveedor del sistema se conforma un grupo de trabajo formado por el Gerente, el responsable de Mejora continua y los responsables de las tres áreas de la empresa.

Luego, se realizan una serie de entrevistas a los mismos, para identificar aspectos claves del sistema de información, definir las alternativas de desarrollo o compra del sistema y los criterios más relevantes para la selección.

Se realiza una búsqueda exhaustiva de posibles proveedores (desarrolladores y sistemas de información médicos existentes en el mercado) y luego de un análisis de factibilidad técnico-económico se consideran viables las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Proveedor local con 18 años de experiencia en el mercado, ofrece un sistema estandarizado para la gestión integral de establecimientos médicos con diversos módulos y capacidad según estén destinados a consultorios, policonsultorios o clínicas. Posee dos módulos que no son requeridos por la organización como farmacia e internación y no hay posibilidad de adaptar el sistema a algunos requerimientos particulares del área terapéutica. Es un sistema basado en la WEB en un servidor del proveedor y no tiene costo inicial de adquisición ya que se abona mensualmente según la cantidad de profesionales/consultorios requeridos. Ofrece soporte en línea y telefónico.
- Alternativa 2: Es un proveedor internacional altamente reconocido por su gran trayectoria y amplia cartera de clientes. Ofrece un sistema de gestión integral de establecimientos médicos con funcionalidades similares a la alternativa 1 pero con la posibilidad de customizarlo según los requerimientos de la organización. Es un sistema basado en la WEB en un servidor del proveedor. Tiene un elevado costo inicial para la customización de las funcionalidades requeridas y luego se abona mensualmente según la cantidad de profesionales que utilicen el sistema. Ofrece soporte en línea y telefónico.
- Alternativa 3: Esta alternativa consiste en contratar un desarrollador de software para diseñar e implementar un sistema propio creado a medida de los requerimientos de la organización y atendiendo a las particularidades y características del área terapéutica. Esta alternativa implica una inversión inicial más baja en relación a la alternativa 2 y no requiere de abono mensual. Es un sistema basado en la WEB alojado en un servidor propio de la organización. Los tiempos de desarrollo e implementación son más elevados que las alterativas anteriores. El soporte es telefónico o vía correo electrónico.

Los criterios considerados para evaluar a los tres proveedores se definen en función de las características de la organización y los requerimientos del sistema y se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Criterios e indicadores de desempeño.

Criterios	Descripción
1.Flexibilidad	Capacidad de adaptación a los requisitos funcionales de la empresa.
2.Costos	Costo de adquisición y/o mantenimiento
3.Entrega	Tiempo de desarrollo/customización e implementación
4.Servicio Postventa	Actualizaciones y soporte a usuarios.

En base a los criterios y alternativas definidas previamente, se aplica el Proceso de Analítico de Jerarquía para seleccionar al mejor proveedor del sistema de información requerido por la empresa. De esta manera, en la Figura 4 se presenta la estructura jerárquica del problema planteado.

Figura 4: Estructura jerárquica.

Mediante las entrevistas grupales, los involucrados en el proceso decisorio determinaron en forma consensuada sus preferencias para establecer las medidas de prioridad tanto para los criterios como para las alternativas de decisión respecto a cada criterio de selección. Con estas valoraciones se construyen cinco matrices de comparaciones pareadas. La primera (Tabla 4) para para determinar las prioridades de los cuatro criterios en términos de la importancia que cada uno tiene al contribuir al objetivo o meta global y las restantes cuatro matrices (Tablas 4, 5, 6, 7 y 8) para establecer la preferencia de las tres alternativas en términos de cada criterio de selección. Se calcula la relación de consistencia de cada matriz, obteniendo en todos los casos una Relación de Consistencia menor a 0,1. De esta manera, se verifica la calidad de la decisión final ya que los juicios del tomador de decisiones son consistentes en todo el proceso de análisis jerárquico.

Tabla 4: Matriz de comparación pareada de criterios.

Criterios	C1	C2	C3	C4	Prioridad
C1	1	1	8	4	**0,4364**
C2	1	1	6	3	**0,3786**
C3	1/8	1/6	1	1/3	**0,0537**
C4	1/4	1/3	3	1	**0,1313**
					RC=0,0115

Tabla 5: Matriz de comparación pareada de criterio flexibilidad.

Flexibilidad	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	1/6	1/9	**0,0598**
A2	6	1	1/3	**0,2819**
A3	9	3	1	**0,6583**
				RC=0,0466

Tabla 6: Matriz de comparación pareada de criterio costo.

Costo	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	8	3	**0,6571**
A2	1/8	1	1/5	**0,0683**
A3	1/3	5	1	**0,2746**
				RC=0,0383

Tabla 7: Matriz de comparación pareada de criterio entrega.

Entrega	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	6	9	**0,7644**
A2	1/6	1	3	**0,1659**

A3	1/9	1/3	1	**0,0698**
				RC=0,0469

Tabla 8: Matriz de comparación pareada de criterio servicio postventa.

Serv. Postventa	A1	A2	A3	Prioridad
A1	1	1/3	6	**0,2895**
A2	3	1	8	**0,6463**
A3	1/6	1/8	1	**0,0641**
				RC=0,0641

De esta manera, se obtiene como resultado que los criterios flexibilidad y costos son los más importantes, seguido de los criterios servicio postventa y entrega, con un menor nivel de prioridad. Asimismo, se obtiene que la alternativa 1 es la más importante si se consideran los criterios costos y entrega. Analizando la flexibilidad, la alternativa 3 contribuye en forma significativa con este criterio. Si se analiza el servicio postventa, la alternativa 2 es la de mayor relevancia.

Finalmente, se obtiene la prioridad total que da como resultado la jerarquización u ordenamiento de las tres alternativas de proveedores consideradas para este caso. La Tabla 9 presenta los valores obtenidos.

Tabla 9: Priorización total.

Prioridades		A1	A2	A3
C1	0,4364	0,0598	0,2819	0,6583
C2	0,3786	0,6571	0,0683	0,2746
C3	0,0537	0,7644	0,1659	0,0698
C4	0,1313	0,2895	0,6463	0,0641
Prioridad Total		**0,3540**	**0,2426**	**0,4034**

Como se puede observar, la alternativa con mayor peso es la alternativa 3 con un 40,38%, seguido por la alternativa 1 con un 35,40% y finalmente la alternativa 2 con un 24,26%. Así, se puede afirmar que en relación a los criterios establecidos y sus prioridades el mejor proveedor para desarrollar e implementar el sistema de información de la organización bajo estudio es el desarrollador (A3).

4.2. Desarrollo e implementación del software

Seleccionado el desarrollador, se realizan reuniones con el gerente de la organización y el coordinador de mejora continua para consensuar la forma de gestionar el proceso de desarrollo e implementación del software en forma participativa.

En base a las propuestas del desarrollador, las características de la organización y los requisitos funcionales del software a desarrollar, se selecciona Kanban que es una metodología ágil que permite gestionar este proceso de forma flexible, reducir el tiempo de espera de las actividades y visualizar los cuellos de botella.

Se comienza armando el equipo de trabajo conformado por el desarrollador, el Gerente y la Coordinador de Mejora Continua. Si bien el Kanban es una metodología que se caracteriza por tener una ausencia de roles, en este caso se consideró necesario para evitar situaciones conflictivas la definición de los siguientes roles (Salvay, 2017):

- Product Owner: es la persona que toma las decisiones, conoce el negocio del cliente y su visión del producto. Se encarga de escribir las ideas del cliente, las ordena por prioridad. Debe permanecer en contacto continuo con el desarrollador para la planificación y revisión de cada actividad. Este rol es asignado al Coordinador de Mejora Continua.
- Desarrollador: se encarga del desarrollo del software, organiza y toma decisiones para alcanzar los objetivos planteados. Actúa también como facilitador, eliminando los riesgos e inconvenientes que impidan que el proceso fluya.
- Usuarios: son los destinatarios finales del producto y acompañan el progreso del desarrollo aportando ideas, sugerencias o necesidades. Son usuarios todo el personal de la organización.

- Stakeholders: participan durante las revisiones o pruebas del producto. Son los responsables de las áreas de la empresa.
- Manager: es quien toma las decisiones finales participando en la selección de los objetivos y de los requisitos. Este rol corresponde al Gerente de la organización.

El tablero Kanban se implementa de forma virtual, mediante la aplicación del software on-line GITLAB® ya que este proceso de desarrollo comenzó durante la época de pandemia y sin posibilidad de reuniones presenciales. Se establece un cronograma de reuniones semanales entre el product owner y el desarrollador, mientras que el resto de los actores involucrados son convocados cuando es necesaria su participación.

Para visualizar el flujo de trabajo el tablero se divide en los siguientes estados:

- Actividades abiertas: Corresponde al listado de tareas que se van generando para el proyecto. Para cada una de ellas se crea una tarjeta donde se indica la descripción de la misma, su responsable y prioridad.
- En progreso: En esta etapa el responsable de la tarea debe comenzar su ejecución.
- En revisión: Se realizan revisiones en una versión de prueba del software.
- Aprobada: Se implementan los desarrollos a la versión final del software y se efectúa las pruebas finales.
- Actividades cerradas: En este estado se sitúan las tareas implementadas en forma exitosa.

A modo de ejemplo se muestra el modelo del tablero y una de las tareas (Figura 5):

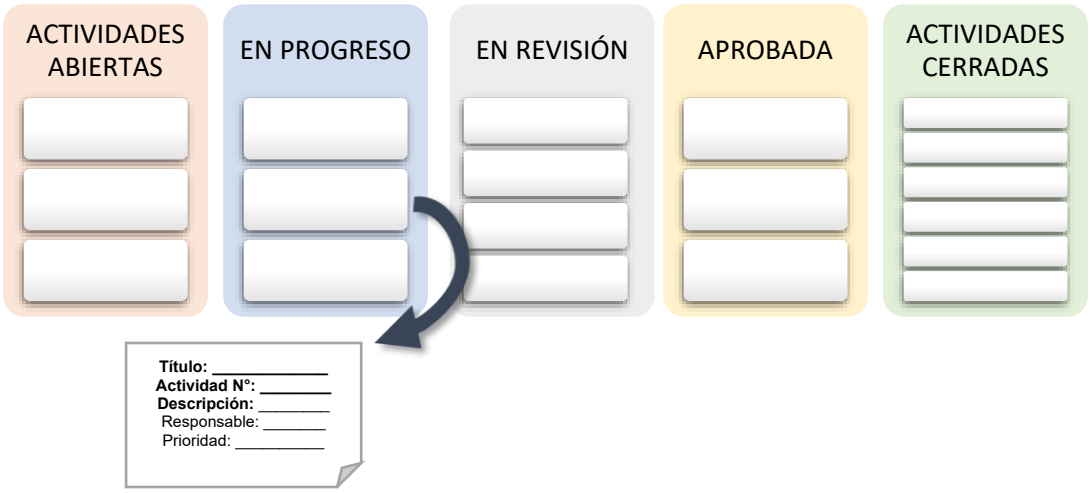


Figura 5: Estructura jerárquica.

Luego se determina el límite del trabajo en curso que el número de tareas que se pueden realizar en cada etapa y debe ser conocido por todo el equipo. Para la etapa “en progreso” se define como límite máximo cuatro tareas y para las etapas “en revisión” y “aprobada” se establece un límite de seis tareas para cada una.

La duración total del proyecto de desarrollo e implementación del sistema fue de 226 días y durante este período se generaron 43 tareas (n). A continuación, se presentan los indicadores (Tabla 10) obtenidos:

Tabla 10: Indicadores.

Indicador	Medición	Valor
Lead time promedio	$\frac{\sum_{i=1}^{n}(Fecha\ de\ cierre\ _i - Fecha\ de\ apertura_i)}{n}[días]$	34,098
Tiempo de ciclo promedio	$\frac{\sum_{i=1}^{n}(Fecha\ de\ cierre\ _i - Fecha\ de\ inicio\ "en\ progreso"_i)}{n}[días]$	16,768

Como se puede observar, el lead time promedio de las tareas del proyecto prácticamente duplica el tiempo el ciclo promedio. Esta diferencia se debe al tiempo que transcurre desde que se genera una tarea hasta que se comienza con su ejecución. Dicha brecha se origina debido al límite de trabajo establecido para las diferentes etapas del flujo de proceso del sistema Kanban.

En la Figura 6 se presenta el diagrama de flujo de actividades con la evolución de las mismas a lo largo de los días trabajados. Se representa el lead time de cada actividad, compuesto por el tiempo de espera desde que la actividad es abierta hasta que empieza a ejecutarse y el tiempo de ciclo durante el cual esta se encuentra en alguna de las 3 etapas de ejecución.

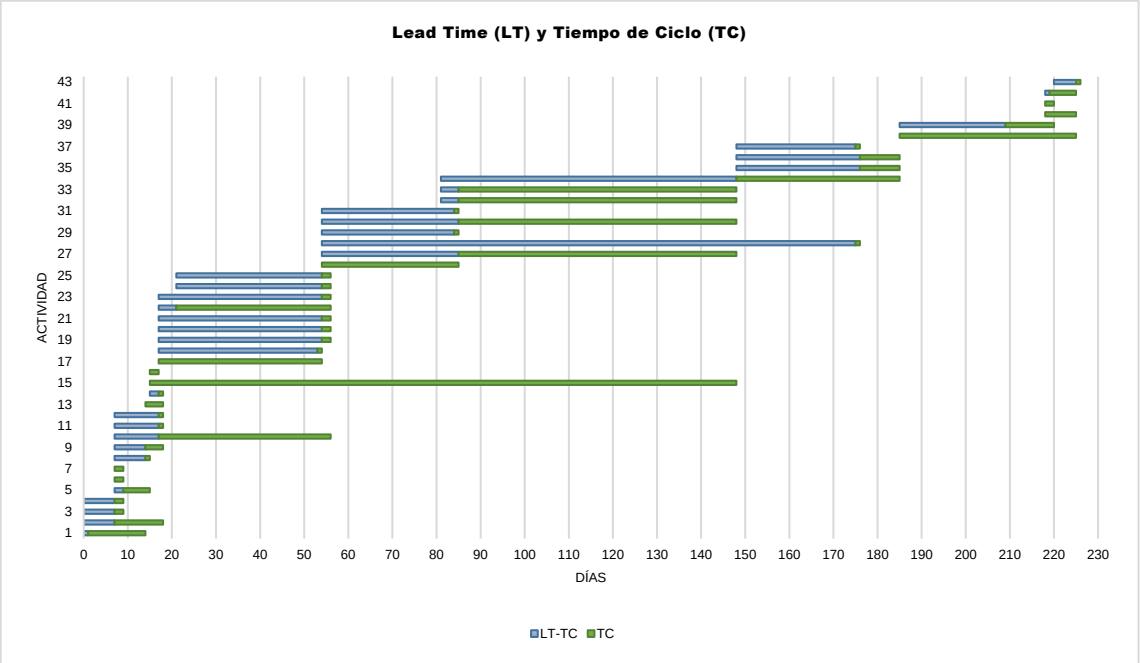


Figura 6: Lead time y Tiempo de ciclo

Si analizamos las desviaciones de los tiempos respecto de su promedio y al mismo tiempo (y a la vez) las dispersiones de los tiempos entre sí, observamos que estamos frente a series de datos, en nuestro caso los tiempos LT y TC, que presentan un amplio rango de variación, siendo la variabilidad relativa 96,91 % y 161,12 % respectivamente, dada la gran variación de complejidad de las diferentes actividades que componen el proyecto.

Cabe aclarar que las actividades del proyecto incluyen además de las tareas específicas de diseño, pruebas e implementación del sistema, todas las tareas inherentes a la capacitación del personal y generación de documentación necesaria para el uso del software.

5. CONCLUSIONES

La implementación de la metodología Investigación Operativa Soft, realizada en un estudio previo, ha sido de gran utilidad para la definición de los requisitos del sistema de información de la organización bajo estudio. Estos requisitos resultaron ser el pilar fundamental para el presente trabajo, cuyo objetivo fue el desarrollo e implementación del sistema de información abordado desde la aplicación de metodologías participativas.
En primera instancia, el AHP permitió la evaluación y selección del proveedor del sistema en función de las características de la organización y los requisitos de desarrollo definidos. Este método permitió priorizar de forma consistente las alternativas de proveedores consideradas en relación a los criterios cualitativos y cuantitativos definidos por el grupo de trabajo. La mejor alternativa resultó ser la contratación de un desarrollador para que diseñe el sistema a medida de la organización. Esta selección responde a los criterios más relevantes, flexibilidad y costos, logrando un equilibrio entre ambos.

Luego se gestionó el proceso de desarrollo e implementación del sistema mediante la aplicación de la metodología ágil Kanban. Este enfoque permitió visualizar y organizar el flujo de trabajo de forma efectiva, administrando los cuellos de botella, el trabajo en proceso, los tiempos de ciclo y lead time de las actividades que conforman el proyecto. Debido a su gran versatilidad resultó ser una metodología muy práctica para el desarrollo del software, facilitando la realización de cambios según las necesidades que fueron surgiendo a lo largo del proyecto. Asimismo, siendo una empresa de tamaño pequeño, Kanban permitió gestionar los recursos eficazmente y sin grandes formalismos.

Se concluye que la metodología propuesta contribuyó a la gestión efectiva y sistémica del proceso de desarrollo e implementación del sistema de información, al tener en cuenta la infraestructura informacional que se requiere, las características de usuarios y las condiciones estructurales y funcionales de la organización en sus distintos niveles. Además, se logró un alto grado de compromiso y participación activa del grupo de trabajo contribuyendo a un desarrollo exitoso y sostenible. La implementación del software ha mejorado la disponibilidad de información relevante, simplificado las tareas del personal y disminuido los tiempos improductivos para la toma de decisiones. Estas mejoras impactan de forma directa en el desempeño de toda la organización y en la calidad del servicio prestado al cliente, lo que se traduce en un agregado de valor continuo para la organización y sus clientes.

6. REFERENCIAS.

Alberto , C., & Carignano, C. (2019). *Apoyo cuantitativo a las decisiones.* Córdoba: Asociación Cooperadora Facultad de Ciencias Económicas de la UNC.

Amaro Calderón, S., & Valverde Rebaza, J. (2007). *Metodologías Ágiles.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Anderson, D. (2010). *ANDERSON, David. Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology.* Estados Unidos: Blue Hole Press.

Baldoceda Conde, A. (2021). *Propuesta de mejora de los procesos de planificación y desarrollo de sistemas una empresa de soluciones tecnológicas.* Lima: Universidad del Pacífico.

Gaete, J., Villarroel, R., Figueroa, I., Cornide-Reyes, H., & Muñoz, R. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Scrum, Lean y Kanban. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 29*(1), 141-157.

Gamboa Manzaba, J. (Diciembre de 2014). Aumento de la productividad en la gestión de proyectos, utilizando una metodología ágil aplicada en una fábrica de software en la ciudad de Guayaquil. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE, 27*(2), 1-36.

Gil Torrijos, M. (2018). *La selección de proveedores, elemento clave en la gestión de aprovisionamientos.* Universidad de Oviedo.

Huamaní Huamaní, G., & Eyzaguirre Tejada, R. (2015). Modelo de aplicación de ahp para seleccionar editor de contenidos de objetos de aprendizaje (modelo PAJOA – ECOA). *Industrial Data, 18*(2), 121-125.

Kniberg, H., Skarin, M., Poppendieck, M., & Anderson, D. (2010). *Kanban y Scrum–obteniendo lo mejor de ambos.* C4Media Inc.

León Yacelga, A., & Checa Cabrera, M. (2022). Uso de tableros Kanban como apoyo para el desarrollo de la smetodologías ágiles. *Revista Universidad y Sociedad, 14*(S2), 208-214.

Masood, Z., Hoda, R., & Blincoe, K. (2018). Adapting agile practices in university. *Journal of Systems and Software, 144*, 501-510.

Pérez, P. (2012). Guía comparativa de Metodologias Agiles. Universidad de Valladolid.

Saaty, T. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences, 1*(1), 83-98.

Salvay, J. (2017). *Kanban y Scrumban orientados a Proyectos de Tecnología de la Información.* Córdoba: Instituto Universitario Aeronáutico.

Tabone, L., & Mortara, V. (2022). Modelo para la definición de los requisitos de un sistema de información en una organización de salud de Mar del Plata, Argentina. *Ingeniería Industrial*(42), 159-181.

Tapiero, S., Trujillo Barrios, D., & Guzmán, N. (2017). Aplicação de processo AHP analytic hierarchy para definir o melhor café da avaliação dos cafés especiais. *Coffee Science, 12*(3), 374-380.

Toskano Hurtado, G. (2005). *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramientapara la toma de decisiones en la selección de proveedores.* Lima: UNMSM.

Valentin, E., Carvalho, J., & Barreto, R. (2015). Rapid improvement of students' soft-skills. *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, (págs. 1-9).

Yepes González, J., Pardo Calvache, C., & Gómez Gómez, S. (2015). Revisión sistemática acerca de la implementación de metodologías ágiles y otros modelos en micro, pequeñas y medianas empresas de software. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE, 28*(5), 464-479,.

Herramientas tecnológicas, clientes, competencia, entorno y coordinación interfuncional en hoteles PYMES del estado de Sonora, México

Hernández-León Rafael[1], Cadena-Badilla Jesús Martín[2], Vásquez Quiroga Joaquín[3], León Moreno Francisco Javier[4], Vega Robles Ramón Arturo[5]

Universidad de Sonora URN.
rafael.hernandez@unison.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación determinar la influencia de las herramientas tecnológicas, el análisis de clientes, competencia y entorno, en la coordinación interfuncional de los hoteles PYMES del estado de Sonora, México. En el método se aplica un cuestionario a cien ejecutivos de mandos medios de hoteles PYMES del estado de Sonora, México y el análisis estadístico con SmartPLS. Los resultados destacan la importancia de la calidad de la información, el efecto de uso de tecnologías para realizar un análisis sobre clientes, competencia y entorno, sobre las estrategias que se toman en la coordinación interfuncional de los hoteles PYMES. En cuanto su originalidad, existen pocos estudios empíricos en esta área del conocimiento en la región. La relevancia es proporcionar ideas para hacer eficiente las actividades internas de los hoteles, con la limitante de no poder generalizarlos a todo el país.

Palabras Claves: Herramientas tecnológicas, acciones, clientes, competencia, entorno y coordinación interfuncional

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the influence of technological tools, customer analysis, competition and environment, in the interfunctional coordination of SME hotels in the state of Sonora, Mexico. In the method, a questionnaire is applied to one hundred middle management executives of SME hotels in the state of Sonora, Mexico and the statistical analysis with SmartPLS. The results highlight the importance of the quality of the information, the effect of the use of technologies to carry out an analysis of clients, competition, and the environment, on the strategies that are taken in the interfunctional coordination of SME hotels. Regarding its originality, there are few empirical studies in this area of knowledge in the region. The relevance is to provide ideas to make the internal activities of the hotels efficient, with the limitation of not being able to generalize them to the entire country.

Keywords: Technological tools, actions, clients, competition, environment and interfunctional coordination.

1. INTRODUCCIÓN

Lambin (1996) identifica cuatro importantes grupos de participantes o fuerzas del mercado que deben examinarse: cliente final, cliente intermediario (distribuidor), competencia y entorno. De esta manera, las empresas al desarrollar su estrategia de orientación al mercado deben asignar sus recursos humanos y materiales de la siguiente forma: (a) obtener y analizar toda información relevante sobre necesidades, expectativas y comportamiento de los diferentes participantes del mercado. Esta información es incorporada para (b) desarrollar y diseñar planes de acción orientados al mercado, que son (c) implementados concertadamente con todos los niveles y áreas organizativas de la empresa. Por ello, para cada uno de los cuatro participantes del mercado previamente señalados se considera la dimensión "análisis" y la dimensión "acciones estratégicas".

Para poder evaluar el nivel de Orientación al Mercado (OM) de las organizaciones se utiliza para cada participante del mercado una subescala de análisis, otra de acciones, además de una subescala para medir el grado de coordinación interfuncional. Así, la OM queda definida por nueve componentes conductuales que figuran en la tabla 1, para cada uno de ellos se cuenta con su correspondiente subescala de medida.

Tabla 1. Los componentes de la OM

ANÁLISIS	COORDINACIÓN	ACCIONES
• Análisis del cliente final • Análisis del distribuidor • Análisis de la competencia • Análisis del entorno	• Coordinación interfuncional	• Acciones sobre el cliente final • Acciones sobre el distribuidor • Acciones sobre la competencia • Acciones sobre el entorno

Fuente: Larnbin, 1996

De éstos nueve componentes aquellos que contienen las acciones que se tomen, son cruciales para la toma de decisiones dentro de las compañías, es decir todo lo que concierne al componente coordinación interfuncional. Para este estudio se consideró analizar el impacto de los componentes de Lambin: acciones sobre cliente final, acciones sobre la competencia y acciones sobre el entorno, en el componente coordinación interfuncional.

1.1 Uso de tecnologías en las PYMES

La innovación tecnológica dentro de las pequeñas y medianas empresas (PYMES), es un tema que cada vez toma mayor fuerza, en contraste con los grandes corporativos los cuales han comprendido que una de las fuentes de ventaja competitiva es precisamente el proceso de innovación tecnológica dentro de ellas (Luna, 2007).

Una de las áreas tecnológicas con mayor auge son las nuevas herramientas en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las cuales se producen en forma acelerada. Como un ejemplo de ello en el 2008 el directorio de herramientas para el aprendizaje que elabora el Centre for Learning & Performance Technologies, publicó alrededor de 2400 referencias, casi 700 más que en el 2007, entre herramientas de software libre y de software comercial (Coll y Monereo, 2008).

Referente a los países de América Latina CEPAL (2002); González (2003); y Marcelo y Echeverría (2006), coinciden que de acuerdo con la estructura industrial de estos países, que las empresas PYMES presentan un estado frágil frente al mundo empresarial globalizado. Ocasionado por mercados cambiantes, el desarrollo de la tecnología y la revolución en las telecomunicaciones. Como muestra, en Venezuela según estudio realizado por Fundación para el Desarrollo Sostenible (2002), revela entre otros: la falta de información, conocimiento, educación y actualización, pocos centros de apoyo a las PYMES, ineficiencia y alto costo de la energía y telecomunicaciones, poca disponibilidad de recursos humanos calificados, difícil acceso a las TIC, disponibilidad de recursos financieros para obtener tecnología avanzada y competir en la economía global.

La innovación tecnológica en las empresas PYMES es utilizada en forma diversa referente al sector formativo del personal. Desde los años 90 se ven afectadas sus unidades básicas del espacio y tiempo por la aparición de nuevas tecnologías de la información (TI). La enseñanza aprendizaje en la formación de personas se caracteriza por tener tres elementos: tiempo, lugar, y acción. Este ambiente de ha desdibujado al cambiar las coordenadas espacio temporales que propician las

innovaciones tecnológicas, contribuyendo a facilitar el acceso a los recursos de aprendizaje a una mayor diversidad de personas en diversas circunstancias (Salinas, 1997).

Las herramientas de TIC son elementos de gran importancia para los seres humanos y para las empresas, en cuanto que permiten realizar la gestión de las actividades que máquinas y seres humanos realizan. El cambio tecnológico de la mano con el avance de las computadoras, marcan la diferencia entre una civilización desarrollada y otras en vías de desarrollo. Por tanto, una organización que no integre tecnología a sus actividades es una organización que está quedándose rezagada en el mundo actual (Adarme, Arango y Zapata, 2010).

En el mismo sentido, de acuerdo con Adarme, Arango y Zapata (2010) el uso de tecnologías de información dentro de las empresas es fundamental. Porque gracias a la aplicabilidad de sus herramientas tecnológicas, la información se puede capturar, transferir, almacenar, recuperar, identificar, entregar, manipular, administrar y realizar reportes.

Para este estudio se le agregó además los componentes que involucran las tecnologías dirigidas a la formación de bases de datos históricos que enriquecen el conocimiento de clientes, competencia y el entorno. Estos nuevos componentes son: Tecnologías sobre el Almacenamiento de Datos Personales de los Clientes (TADPC), Tecnologías sobre el Almacenamiento de Preferencias y Gustos de los Clientes (TPAGC), Tecnologías que Permiten al Cliente Conocer los Servicios Disponibles en el Hotel (TPCCSDH), y Tecnologías que se Utilizan como Herramientas de Capacitación (TUCHC).

1.2 Objetivo general

El objetivo general de esta investigación es conocer que impacto que presentan las variables: TADPC, TPAGC, TPCCSDH, TUCHC, acciones sobre cliente, acciones sobre la competencia y acciones sobre el entorno, en el componente coordinación interfuncional.

1.3 Planteamiento de hipótesis

Con el objeto de obtener información concluyente acorde al propósito de esta investigación, se plantearon las siguientes hipótesis:

H1: Las tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas de clientes.

H2: Las tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas sobre la competencia.

H3: Las tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas sobre el entorno.

H4: Las tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas de clientes.

H5: Las tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas sobre la competencia.

H6: Las tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes permiten a la empresa tomar acciones estratégicas sobre el entorno.

H7: Las tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas de clientes.

H8: Las tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas sobre la competencia.

H9: Las tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas sobre el entorno.

H10: Las tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas de clientes.

H11: Las tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas sobre la competencia.

H12: Las tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación ayudan a la empresa tomar acciones estratégicas sobre el entorno.

H13: Las acciones estratégicas de clientes apoyan a la toma de decisiones en la coordinación interfuncional.

H14: Las acciones estratégicas sobre la competencia apoyan a la toma de decisiones en la coordinación interfuncional.

H15: Las acciones estratégicas sobre el entorno apoyan a la toma de decisiones en la coordinación interfuncional.

2. METODOLOGÍA

Para este estudio se utilizó una muestra aleatoria de 100 de los 545 hoteles PYMES existentes según DATATUR (2021), de los 100 encuestados fueron 37 mujeres y 63 hombres. Se utilizó un nivel de confianza de 95% y un error permitido de 5%, condiciones de validez cuando el estimador del parámetro tiene un comportamiento normal.

Se obtuvo el nivel OM de las dimensiones: TADPC, TPAGC, TPCCSDH, TUCHC, acciones estratégicas sobre clientes, acciones estratégicas de la competencia y acciones estratégicas sobre el entorno utilizando el instrumento de Lambin 2019 con escala de Likert del 1 al 5.

Las variables dependientes e independientes, de este estudio operacionalizan de la siguiente manera:

- Tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes (TADPC): sistema tecnológico con que cuenta la empresa para almacenar los datos persónales de los clientes.
- Tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes (TAPGC): sistema tecnológico con que cuenta la empresa para almacenar los gustos del cliente sobre el trato y servicios que proporciona el hotel.
- Tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación (TUCHC): sistema tecnológico que facilita a la empresa proporcionar una capacitación a sus empleados de una manera más ágil y eficaz.
- Tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel (TPCCSD): sistema tecnológico con que cuenta la empresa para que los clientes conozcan los servicios que oferta el hotel.
- Acciones estratégicas de clientes (AEC): acciones que permiten ofrecer a los clientes soluciones adaptadas a sus necesidades y no simplemente productos/servicios estándares, que respondan a las necesidades futuras del mercado.
- Acciones estratégicas sobre la competencia (AECOM): acciones que permiten conocer a los competidores más peligrosos, conocer sus puntos fuertes y débiles, su evolución política de orientación al mercado, y la imagen de sus productos y servicios.
- Acciones estratégicas sobre el entorno (AEENT): acciones que permiten a la organización defender sus intereses a través de la información y la influencia de los grupos de presión importantes, tales como asociaciones de consumidores y usuarios, sindicatos, partidos políticos, entre otros.
- Coordinación interfuncional (COOINT): Operatividad interna de la empresa entre sus diferentes departamentos.

El análisis de datos, en su primera parte es a través de estadística descriptiva y en un segundo momento, el análisis inferencial por medio del Modelado de Ecuaciones Estructurales. Al ejecutar el algoritmo de PLS, fue necesario eliminar ítems que no contaban con la carga mínima, de la variable tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes (TADPC1), de la variable tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes (TAPGC1), de la variable tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel (TPCCSDH2), de la variable tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación (TUCHC3, TUCHC4, TUCHC5, Y TUCHC6) y de la variable acciones estratégicas de clientes (AECLENT1, AECLENT2, AECLENT3, AECLENT4, AECLENT5, AECLENT6, AECLENT7, AECLENT8, AECLENT9 y AECLENT10). De acuerdo con Hair, J., Hult, T., Ringle, C., Sarstedt,

M., Castillo, J., Cepeda, G., & Roldán, J. (2019) se ejecuta de nueva cuenta el modelo con el fin de mejorarlo. Por ello, con los 100 cuestionarios y en conjunto con los parámetros del software SmartPLS de un submuestreo de 5000 submuestras, el método del intervalo de confianza utilizado es Bias-Corrected and accelerated (BCa) Bootstrap, un tipo de test de una cola y el nivel de significación de .05, se obtuvo las cruces de variables, la matriz de correlación, las cargas factoriales, la varianza extraída media (AVE), t-statistic, la varianza explicada (R^2), el tamaño del efecto (effect size) (f^2), los coeficientes path estandarizados (β), Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT) y la Standardized Root Mean Square Residual (SRMR), con el propósito de validar los valores obtenidos, verificar su consistencia, su homogeneidad, su heterogeneidad y de esta manera comprobar las quince hipótesis propuestas.

El análisis inferencial se lleva a cabo con SmartPLS 3.3.9 que es una herramienta idónea para la investigación en tecnologías de información, ya que permite evaluarla en dos etapas (Hair et al., 2019): a) modelo de medida (propiedades psicométricas de la escala usada para mediar una variable) y b) la estimación del modelo estructural (la fuerza y dirección de las relaciones entre las variables).

a. Validación del modelo de medida

• Fiabilidad de ítems: se examina con las cargas factoriales (λ) o correlaciones simples. Para aceptar un ítem, es preciso poseer un valor superior a 0.707 (λ^2, 50% de la varianza es explicada) (Chin, 1998).

• La consistencia interna indica la fiabilidad del constructo. El software SmartPLS proporciona el índice de fiabilidad compuesta (IFC) y el alfa de Cronbach. La fiabilidad compuesta es más adecuada que el alfa de Cronbach para PLS, al no asumir que todos los indicadores reciben la misma ponderación (Chin, 1998). Nunnally y Bernstein (1994) sugieren validar estos indicadores con un valor de al menos 0.7, considerado como un nivel “modesto” principalmente para investigaciones exploratorias, y valores de 0.8 o 0.9 para etapas más avanzadas de la investigación.

• Validación convergente: se lleva a cabo a través de AVE, que requiere un valor superior a 0.50 (más del 50% de la varianza de la variable/constructo es proporcionado por sus ítems) (Fornell & Larcker, 1981). Solo se puede aplicar a indicadores reflectivos, como en esta investigación.

• Validación discriminante: para esta evaluación es utilizado el estadístico HTMT que corresponde al promedio de las correlaciones heterotrait-heteromethod en relación con el promedio de las correlaciones monotrait-heteromethod (Henseler, Ringle, & Sarstedt, 2015) y el indicador Dijkstra-Henseler (rho_A) que es preciso sea mayor a 0.7.

b. Validación del modelo estructural

Para esta valoración se usan dos índices básicos: varianza explicada o coeficiente de determinación (R^2) y los coeficientes path estandarizados (β). Las R^2 proporcionan un índice de la predictividad de las variables independientes (exógenas) y β son las flechas en el nomograma (gráfico de PLS) que enlazan a las variables en el modelo interno y se obtiene al igual que la regresión múltiple, para ello, Chin (1998) propone que β debe de alcanzar al menos un valor de 0.2 e idealmente ubicarse por encima de 0.3, y R^2 a un nivel de 0.67 representa un efecto sustancial, 0.33 moderado y 0.19 débil. También, la significancia (t-statistic) debe ser menor a 0.05 ($p<0.05$) y para un submuestreo de 5000 de una cola (Hair et al., 2019): t (0.05; 4999) = 1.645, que representa * $p<0.05$; t (0.01; 4999) = 2.327, que representa ** $p<0.01$, y t (0.001; 4999) = 3.092, que representa *** $p<0.001$. Agregado a lo anterior, se encuentra el índice f^2, que se utiliza para conocer si la variable independiente tiene un impacto sustancial sobre la variable dependiente y sus guías de acuerdo con Cohen (1988): 0.02, 0.15 y 0.35 representan un efecto pequeño, moderado y grande respectivamente.

3. RESULTADOS

a. Modelo de medida

• Fiabilidad de ítems: los ítems muestran valores aceptables en sus 35 elementos reflectivos (Tabla 1, Columna 2). Los factores de carga se encuentran en el rango de .759 a .924, superando el mínimo recomendado de .707.

• Consistencia interna (fiabilidad de constructos): la Tabla 1 Columna 3, indica que esta validación es la correcta al superar los mínimos aceptados por el estadístico de Fornell & Larcker (1981) de .707.

• Validación Convergente: la evaluación es adecuada para esta investigación. En la Tabla 1 Columna 5, se puede apreciar que AVE en los seis constructos superan el valor mínimo requerido de .500. Sus valores oscilan entre .656 y .831. Así mismo, se llevó a cabo el remuestreo con 5000 submuestras para obtener los valores de t-statistic, los resultados en la Tabla 3 Columna 3, muestran que seis hipótesis de ocho cuentan con los elementos necesarios para aceptarlas.

• Validación discriminante: Así, la ratio HTMT debe estar por debajo de uno (Gold, Malhotra y Segars (2001) consideran un valor de 0.90). En este sentido, se puede usar también un remuestreo o bootstrapping para probar si la ratio HTMT es significativamente diferente de uno mediante el intervalo de confianza. Conforme a los criterios establecidos, los intervalos de confianza para la HTMT deben ser menores a uno, lo que permite validar este criterio, la Tabla 3 sitúa los resultados como favorables, con excepción de la relación coordinación interfuncional y la variable acciones estratégicas de clientes. Así mismo, el rho_A supera los mínimos recomendables de .7 (Tabla 2, Columna 7).

b. Modelo estructural

Con el propósito de verificar el ajuste aproximado, se aplicó el SRMR que es la divergencia de las matrices de correlación observada y la implícita del modelo. Hu & Bentler (1998) indican que los valores deben de ser menores a .08 que representa un buen ajuste. Al ejecutar el SmartPLS, el resultado fue de .047, es decir, en un nivel adecuado.

En la Tabla 4, se aprecia la evaluación del modelo y las hipótesis planteadas en base a la revisión de la literatura y en la Figura 1 se detalla en el nomograma de PLS.

Al examinar los resultados de la Tabla 3 y Figura 1, es posible constatar que las hipótesis H_7, H_8, H_9, y H_{12} cuentan con valores significativos en t-statistic, el resto de las hipótesis presentan valores en el coeficiente path débiles (menor a .2: Chin, 1988) y su f^2 no cuenta con un impacto importante en las variables dependientes (se requiere al menos .15: Cohen, 1988). Con el propósito de robustecer estas hipótesis rechazadas, es preciso aclarar que la significancia estadística (t-statistic) que se obtuvo en las hipótesis H_1, H_3, H_5, y H_6 es adecuada, pero es diferente a la relevancia de dicha relación, tomando en cuenta que con muestras grandes casi cualquier parámetro, por pequeño que sea, sale significativo; por ello se utiliza la f2 de Jacob Cohen, que indica el grado de influencia o relevancia que tiene la variable dependiente en el modelo con relación a la variable independiente.

Las hipótesis H_1, H_2, y H_3 son rechazadas con un β=-0.187, β=-0.080 y β=-0.265 respectivamente, no cumplen con los valores mínimos requeridos, lo que indica que las tecnologías sobre el almacenamiento de datos personales de los clientes (TADPC) no son adecuados o suficientes para la elaboración de las acciones estratégicas sobre los clientes, acciones estratégicas a la competencia y acciones estratégicas sobre el entorno.

Tabla 2. Confiabilidad individual de los ítems y variables

Constructo / Ítem	Carga	Alfa de Cronbach	Fiabilidad compuesta	AVE	R^2	rho_A
TADPC		1	1	1	No aplica	1
TADPC2	1					
TAPGC		1	1	1	No aplica	1
TAPGC2	1					
TPCCSDH		1	1	1	No aplica	1
TPCCSDH1	1					
TUCH		0.879	0.908	0.836	No aplica	0.963
TUCH1	1.061					
TUCH2	0.739					
Acciones estratégicas de clientes		0.885	0.891	0.733	0.834	0.898
AECLIENT11	0.765					
AECLIENT12	0.925					
AECLIENT13	0.871					
Acciones estratégicas de competencia		0.904	0.899	0.691	1.007	0.903
AECOM1	0.837					
AECOM2	0.822					
AECOM3	0.748					
AECOM4	0.91					
Acciones estratégicas del entorno		0.853	0.85	0.656	0.933	0.856
AEENTORNO1	0.885					
AEENTORNO2	0.744					
AEENTORNO3	0.794					
Coordinación interfuncional		0.966	0.967	0.831	1.037	0.97
COORINT1	0.782					
COORINT2	0.973					
COORINT3	0.97					

Elaboración propia.

Nota: la leyenda No aplica, es debido a que en las variables TADPC, TAPGC. TPCCSDH y TUCH, no es utilizada la R^2 ya que son y representa los efectos combinados de las variables independientes (exógenas) sobre las variables dependientes (endógenas) (Hair et al., 2019).

Tabla 3. Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)

	AECO	AECL	AEEN	CINT	TADPC	TAPGC	TPCCSDH	TUCH
Acciones estratégicas de competencia (AECO)								
Acciones estratégicas de clientes (AECL)	0.734							
Acciones estratégicas del entorno (AEEN)	0.963	0.781						
Coordinación interfuncional (CINT)	0.810	1.008	0.883					
TADPC	0.473	0.643	0.393	0.610				
TAPGC	0.184	0.606	0.240	0.500	0.700			
TPCCSDH	0.479	0.522	0.739	0.544	0.530	0.546		
TUCH	0.772	0.914	0.746	0.857	0.811	0.775	0.754	

Elaboración propia.

Tabla 4. Resumen de los resultados con SmartP

Hipótesis	f^2	Coeficiente path	T-statistic	Comentario
H_1 TADPC → Acciones estratégicas de clientes	0.070	-0.187	2.033	Rechazada
H_2 TADPC → Acciones estratégicas de competencia	-0.312	-0.080	0.824	Rechazada
H_3 TADPC → Acciones estratégicas del entorno	0.344	-0.265	2.225	Rechazada
H_4 TAPGC → Acciones estratégicas de clientes	0.000	-0.013	0.142	Rechazada
H_5 TAPGC → Acciones estratégicas de competencia	-50.663	-0.888	8.246	Rechazada
H_6 TAPGC → Acciones estratégicas del entorno	3.036	-0.687	8.405	Rechazada
H_7 TUCHC → Acciones estratégicas de clientes	2.039	1.231	5.764***	Aceptada
H_8 TUCHC → Acciones estratégicas de competencia	-81.785	1.572	6.144***	Aceptada
H_9 TUCHC → Acciones estratégicas del entorno	4.431	1.156	4.877***	Aceptada
H_{10} TPCCSDH → Acciones estratégicas de clientes	0.178	-0.251	1.456	Rechazada
H_{11} TPCCSDH → Acciones estratégicas de competencia	-1.148	-0.128	0.978	Rechazada
H_{12} TPCCSDH → Acciones estratégicas del entorno	1.188	0.413	2.154*	Aceptada
H_{13} Acciones estratégicas de clientes → Coordinación interfuncional	-5.660	0.756	0.487	Aceptada
H_{14} Acciones estratégicas de competencia → Coordinación interfuncional	-0.285	-0.394	0.037	Rechazada
H_{15} Acciones estratégicas del entorno→ Coordinación interfuncional	-0.734	0.680	0.058	Aceptada

Elaboración propia

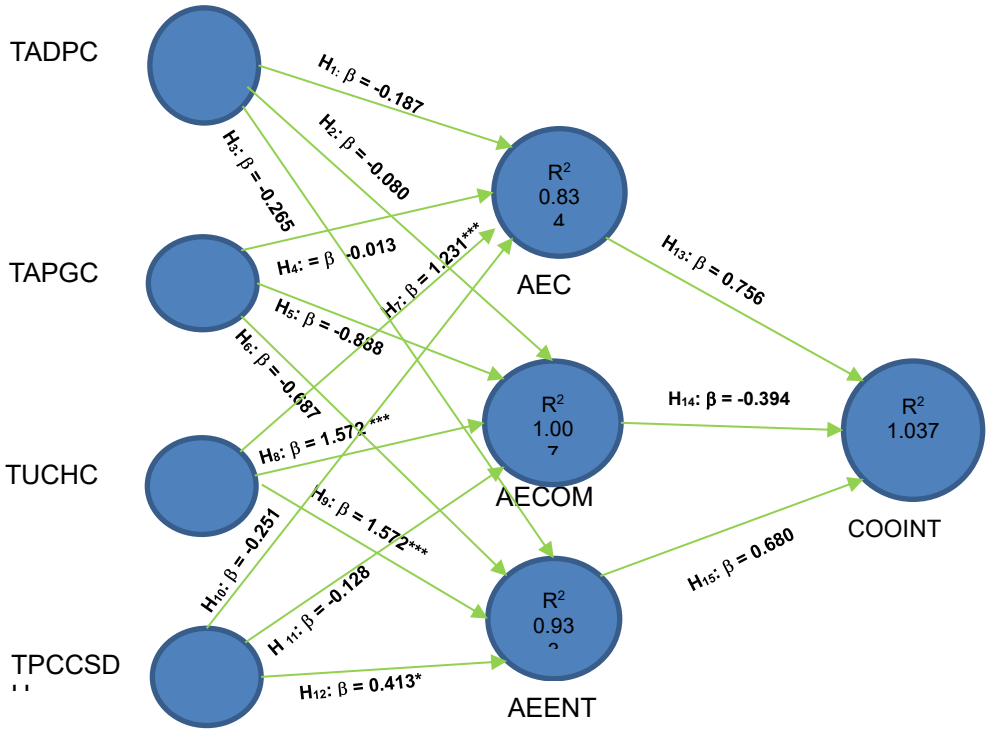


Figura 1. Modelo de investigación evaluado

Elaboración propia

Las hipótesis H_4, H_5, y H_6 son rechazadas con un β=-0.013, β=-0.888 y β=-0.687 respectivamente, no cumplen con los valores mínimos requeridos, lo que indica que las tecnologías sobre el almacenamiento de preferencias y gustos de los clientes (TAPGC) no son adecuados o suficientes para la elaboración de las acciones estratégicas sobre los clientes, acciones estratégicas a la competencia y acciones estratégicas sobre el entorno.

Las hipótesis H_7 con un β= 1.231, t-statistic de 5.764 (p<.001), H_8 con β= 1.572, t-statistic de 6.144 (p<.001), y H_9 con β= 1.156, t-statistic de 4.877 (p<.001) son aceptadas, lo que significa que las tecnologías que se utilizan como herramientas de capacitación (TUCHC) son adecuadas y

suficientes para la elaboración de las acciones estratégicas sobre los clientes, acciones estratégicas a la competencia y acciones estratégicas sobre el entorno.

Las hipótesis H_{10} y H_{11} son rechazadas con un β=-0.251 y β=-0.128 respectivamente, no cumplen con los valores mínimos requeridos, significa que las tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel (TPCCSDH) no son suficientes y adecuadas para la toma de acciones sobre clientes y competencia.

La hipótesis H_{12} con β= 0.413, t-statistic de 2.154 ($p<.05$) es aceptada significa que las tecnologías que permiten al cliente conocer los servicios disponibles en el hotel (TPCCSDH) son adecuadas para la toma de acciones sobre el entorno sin embargo se podría mejorar.

La hipótesis H_{13} con β= 0.756, t-statistic de 0.487 ($p<.05$) es aceptada, significa que las acciones estratégicas sobre clientes proporcionan los datos mínimos suficientes para que la coordinación interfuncional tome decisiones eficientes, sin embargo el valor de t-statistic es bajo indicando que hay mucho por mejorar.

Las hipótesis H_{14} es rechazada con β= -0.394, no cumplen con los valores mínimos requeridos, significa que las acciones estratégicas que se toman respecto a la competencia no impactan para las acciones que se realizan en coordinación interfuncional.

La hipótesis H_{15} con β= 0.680, t-statistic de 0.487 ($p<.05$) es aceptada, significa que

Las acciones estratégicas sobre el entorno son adecuadas proporcionando los elementos mínimos para que se tomen acciones interfuncionales adecuadas, sin embargo el valor obtenido de t-statistic nos indica que todavía es baja la influencia de esta variable dependiente (acciones estratégicas del entorno) sobre la variable dependiente (coordinación interfuncional).

4. CONCLUSIONES

4.1 Introducción

Una vez llegado a este punto, se concluye ofreciendo un resumen y discusión de los resultados obtenidos en relación con los objetivos planteados, y una descripción de las aportaciones que este trabajo de investigación ofrece.

4.2 en relación con el objetivo planteado

El objetivo de la investigación se cumple al obtener los resultados del análisis SmartPLS, y se concluye a partir de los resultados de f^2 sobre las variables independientes correspondientes a las tecnologías: (a) las que presentan impacto muy pequeño o insignificante sobre la variable acciones estratégicas de clientes son: TADPC, y TAPGC, la variable TPCCSDH presenta un impacto moderado, y la variable TUCHC presenta un grande impacto, (b) Las que presentan un pequeño impacto o insignificante sobre la variable acciones estratégicas de competencia son: TADPC, TAPGC, TUCHC Y TPCCSDH, (c) las variable TADPC presenta un impacto moderado sobre la variable acciones estratégicas del entorno y las variables TAPGC, TUCHC y TPCCSDH presentan un grande impacto sobre la variable acciones estratégicas del entorno. Las variables acciones estratégicas de clientes, acciones estratégicas de la competencia y acciones estratégicas del entorno no presenta impacto sobre la variable coordinación interfuncional.

4.2 en relación con las hipótesis planteadas

Las hipótesis aceptadas fueron H_7, H_8, H_9, H_{12}, H_{13} y H_{15}. Y el resto fue rechazado, sin embargo la validación del modelo de medida y el modelo estructural es aceptable y se puede mejorar realizando ajustes en la valoración de los componentes analizados.

En base a los resultados obtenidos podemos concluir que en próximos estudios es recomendable hacer ajustes en el modelo, manipulando el modelo estructural con diferentes interconexiones entre las variables. Otra alternativa es realizar una nueva encuesta quitando del instrumento los ítems eliminados en este primer análisis SmartPLS y realizar de nuevo el análisis en SmartPLS.

5. REFERENCIAS.

Adarme, J. W., Arango, S. M. D. y Zapata, C. J. A. (2010). Herramientas tecnológicas al servicio de la gestión empresarial. Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol. 7 No. 3.

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Hillsdate. LEA.

Chin, W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modelling. En G. Marcoulides (Eds), Modern Methods for Business Research (pp. 295–336). Lawrence Erlbaum.

Coll, C. y Monereo, C. (2008). Educación y aprendizaje en el siglo XXI: nuevas herramientas, nuevos escenarios, nuevas finalidades. Psicología de la Educación Virtual. Aprender enseñar con las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Págs. 1-53. Madrid, Morata.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2002). Las pequeñas y medianas empresas industriales en América Latina y el Caribe. (En la Red). Disponible en: www.ilo org/public/spanish/region. Consulta: Julio de 2006

DATATUR (2021). Recuperado en https://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2021-07(ES).pdf

Fornell, C. y Larcker, D. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of Marketing Research, 18, 39–50.

Fundación para el Desarrollo de la PYME (FUNDES) (2002). Estudio de una definición para la pequeña y mediana empresa en Venezuela. Editado por Fundes Venezuela. Venezuela.

Gold, A., Malhotra, A. y Segars, A. (2001). Knowledge management: an organizational capabilities perspective. Journal of Management Information Systems, 18(1), 185-214.

González, H. (2003). Los desafíos de las pequeñas y medianas empresa. (En la Red). Disponible en: www.ilo.euram. com. Consulta: Julio de 2006.

Hair, J., Hult, T., Ringle, C., Sarstedt, M., Castillo, J., Cepeda, G., & Roldán, J. (2019). Manual de Partial Least Squares Structral Equation Modeling (PLS-SEM). SAGE Publishing. https://doi.org/10.3926/oss.37

Henseler, J., Ringle, C. y Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. Journal of the Academy of Marketing Science, 43(1), 115-135

Hu, L., & Bentler, P. (1998). Fit indices in covariance structure modeling: sensitivity to underparameterized model misspecification. Psychological Methods, 3(4), 424-453. https://doi.org/10.1037/1082-989X.3.4.424

Lambin, J.J. (1996): "The Misunderstanding about Marketing, Today, Marketing is roo Important to be Left to Sole Marketing Function. An. Empirical Study in the Private lnsurance Sector", CEMS Business Review, 1,1-2,.37-56.

Luna O., S., M. (2007). El E-Marketing como herramienta tecnológica para mejorar la competitividad de la PYME en México. (Tesis, posgrado). Centro de investigaciones económicas, administrativas y sociales. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.

Marcelo, L. y Echeverría, O. (2006). El mayor problema de las PYMES su propio tamaño (En la red). Disponible en: www. Mercado empresarial.com. Consulta: Julio de 2006.

Nunnally, J. y Bernstein, I. (1994). Psychometric theory (3a ed.). Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

Salinas, J. (1997). Nuevos ambientes de aprendizaje para una sociedad de la información. Instituto Universitario de Posgrado. Universidad de Barcelona.

PERCEPCIONES SOBRE LA INSERCIÓN LABORAL DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD (PCD) EN MAR DEL PLATA

Meo[1], María Camila; Olthoff[1], Camila; Onaine[2], Adolfo Eduardo; Artigas[2], María Velia

[1]*Estudiantes adscriptas a la investigación de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería* *meocami04@gmail.com; olthoffcamila@gmail.com*

[2]*Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería aeonaine@fi.mdp.edu.ar; mvartigas@fi.mdp.edu.ar*

RESUMEN

La inserción de Personas con Discapacidad (PCD) es una temática que requiere de tratamiento, estudio y comprensión dado que si bien existen regulaciones tendientes a incrementar el acceso de dicho colectivo al mercado de trabajo, la realidad muestra que se dista mucho de lograr incrementar la igualdad de oportunidades. El presente artículo presenta resultados parciales de un estudio exploratorio que se enmarca en un proyecto de investigación mayor, titulado: “Integración de personas con discapacidad (PCD): mecanismos de selección, incorporación, evaluación y desarrollo de competencias en las organizaciones”, en el marco de la vinculación interinstitucional entre UNLu y UNMDP. Para este relevamiento cualitativo, se toman entrevistas semiestructuradas a actores clave, conformando una muestra no probabilística intencional (N=7), pertenecientes a cinco organizaciones con objeto de determinar cuáles son las variables que conforman las dimensiones de análisis a considerar como determinantes para la comprensión de la inserción de PCD. El tratamiento de datos se realiza a través de un análisis discursivo, en triple hélice: informacional, social-hermenéutico y de pares antinómicos. Se espera con tal contribución aportar datos que den cuenta de la inserción laboral del grupo estudiado y el contexto organizacional determinado, para contribuir a la comprensión y sensibilización sobre dicha temática.

Palabras Claves: gestión, personas con discapacidad, inserción laboral, ingenierías.

ABSTRACT

The insertion of Persons with Disabilities (PWD) is an issue that requires treatment, study and understanding given that although there are regulations aimed at increasing the access of this group to the labor market, reality shows that it is far from being able to increase equal opportunities. This article presents partial results of an exploratory study that is part of a larger research project, entitled: "Integration of people with disabilities (PWD): mechanisms for selection, incorporation, evaluation and development of skills in organizations", which is frameworked in an inter-institutional link between UNLu and UNMDP. For this qualitative survey, semi-structured interviews are taken to key actors, forming an intentional non-probabilistic sample (N=7), belonging to five organizations in order to determine which are the variables that make up the dimensions of analysis to be considered as determinants for the understanding of PCD insertion. The data treatment is carried out through a discursive analysis, in a triple helix: informational, social-hermeneutic and antinomic pairs. With this contribution is expected to provide data that account for the labor insertion of the group studied and the determined organizational context, to contribute to the understanding and awareness of said subject.

Keywords: management, persons with disabilities, labor insertion, engineering

1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEO DEL TEMA

De acuerdo al Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad, realizado en las localidades urbanas de 5.000 y más habitantes de Argentina, el 4,8% de los ciudadanos entre 15 y 39 años y el 12,1% de entre 40 y 64 años tienen al menos una discapacidad. Este estudio se llevó a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos en el marco del Plan Nacional de Discapacidad (Decreto n°868/2017) en todo el territorio nacional, durante los meses de abril y mayo de 2018.

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2006) considera que la discapacidad "es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás". (p. 1)

Por esos motivos, la inserción de PCD es una temática que requiere de tratamiento, estudio y comprensión: actualmente se cuenta con marcos legales que contienen regulaciones para garantizar el acceso de dicho colectivo al mercado de trabajo; sin embargo, la realidad muestra que existe un *gap* entre esas inserciones y lograr incrementar la igualdad de oportunidades. Por lo cual, el presente artículo presenta resultados parciales de un estudio exploratorio que se enmarca en un proyecto de investigación mayor, titulado: "Integración de personas con discapacidad (PCD): mecanismos de selección, incorporación, evaluación y desarrollo de competencias en las organizaciones", en el marco de la vinculación interinstitucional entre las universidades nacionales de Luján y Mar del Plata.

2. INSERCIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD: INVESTIGACIONES Y REGULACIONES

En la actualidad, la inserción laboral de personas con discapacidad es una temática en crecimiento por ser considerada prioritaria y relevante que requiere de su profundización para que la sociedad tome conciencia de cómo mejorar la empleabilidad de este grupo de personas. Se debe comprender que este grupo son sujetos de derecho que integran la sociedad y como tales, se les debe garantizar la igualdad de oportunidades para participar plenamente en la vida política, económica, cultural y social.

La discapacidad puede ser clasificada como permanente o temporal según si la funcionalidad afectada puede recuperarse a través de servicios de rehabilitación o no.

Además se puede categorizar a la discapacidad en: *genética*, si fue transmitida de padres a hijos; *congénita*, si el individuo nace con la discapacidad pero no depende de factores hereditarios, sino de alteraciones durante la gestación; *adquirida* si se produce luego del nacimiento de la persona por alguna enfermedad, incidente o accidente. (ONU, 2006)

Según el Servicio Nacional de Rehabilitación del Ministerio de Salud de la Nación Argentina, se pueden clasificar a las diferentes discapacidades en: 1) Discapacidad intelectual: deficiencia o limitación de las funciones mentales como el pensamiento, la cognición, el lenguaje, el aprendizaje, la memoria, la comprensión, entre otras; 2) Discapacidad psicosocial: deficiencias o trastornos del comportamiento, del razonamiento, y de los estados de ánimo, que afectan su capacidad de juicio crítico sobre sí misma, y sobre los demás; 3) Discapacidad motora: deficiencias o limitaciones en las funciones motoras, la postura, o en uno o más miembros del cuerpo; la ausencia total de estos (amputación); disminución de la motricidad (paresias); o falta de sensibilidad y movilidad (plejias); 4) Discapacidad sensorial visual: deficiencias, defectos, o carencia de la visión. Este tipo de discapacidad abarca las estructuras corporales del ojo, las funciones visuales, y el sistema nervioso; 5) Discapacidad sensorial auditiva: deficiencias o pérdida en las funciones y estructuras auditivas. El déficit en la función auditiva se denomina "hipoacusia" y la deficiencia grave o total "sordera" y 6) Discapacidad visceral: deficiencia, limitación, o daño de la función o estructura de uno o más órganos internos, lo que le dificulta el desarrollo de su vida cotidiana. Puede afectar a los sistemas cardiovascular, inmunológico, respiratorio, digestivo, renal, urológico, y otros. (ONU, 2006)

Cabe aclarar que existen a nivel nacional otras clasificaciones sobre la discapacidad, realizadas en la década anterior. (DELS, 2017)

Las PCD afrontan constantemente barreras que impiden su desarrollo dentro del mundo laboral. French (2017) las clasifica en estructurales, ambientales y actitudinales:

> Barreras estructurales -normas subyacentes, costumbres e ideología de las organizaciones e instituciones, las cuales se basan en juicios de 'normalidad' y se sustentan en jerarquías de poder.

> Barreras ambientales -barreras físicas dentro del medio ambiente, por ejemplo, escalones, agujeros en el pavimento y la falta de recursos para las personas con discapacidad, por ejemplo, la falta de señalización en Braille y la carencia de intérpretes de lengua de señas. También, se refiere a las formas en que se hacen las cosas, que pueden excluir a las personas con discapacidad, por ejemplo, la forma en que se llevan a cabo las reuniones y el tiempo destinado para hacer las tareas.
>
> Barreras actitudinales -actitudes y comportamientos adversos hacia las personas con discapacidad. (p.11)

La discapacidad y su construcción social fue adquiriendo diferentes connotaciones dependiendo del contexto, valores y tiempo sociohistórico. Según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (OMS, 2001, como se citó en Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), 2018), discapacidad es "toda limitación en la actividad y restricción en la participación, originada en la interacción entre la persona con una condición de salud y los factores contextuales (entorno físico, humano, actitudinal y sociopolítico), para desenvolverse en su vida cotidiana, dentro de su entorno físico y social, según su sexo y edad". (p.14)

En relación al marco regulatorio, tal como es señalado en varios artículos (Perez et al., 2021; Artigas et al., 2021; INDEC, 2014), existen normas en nuestro país con respecto a las personas con discapacidad y su inserción laboral enunciadas en la Ley N° 22.431 de Sistemas de Protección Integral de los Discapacitados promulgada en 1981. Esta legislación fue la primera en introducir a la discapacidad en el marco legal argentino. Algunos de sus puntos más destacados, residen en el Artículo 8° que establece: "El Estado nacional, sus organismos descentralizados o autárquicos, los entes públicos no estatales, las empresas del Estado y la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, están obligados a ocupar personas discapacitadas que reúnan condiciones de idoneidad para el cargo, en una proporción no inferior al cuatro por ciento (4%) de la totalidad de su personal".

Por otra parte, en el año 2003, se sancionó la Ley N° 25.689, que extiende dicha obligación a los tres poderes que constituyen el Estado y las empresas privadas concesionarias de servicios públicos. En el Artículo 9° establece que el desempeño de la tarea por parte de la PCD "deberá ser fiscalizado por el Ministerio de Trabajo". Este artículo es sin duda, de por demás importante; puesto que toda organización privada que funcione como proveedor del estado ya sea de un bien o servicio, debe emplear en su nómina a PCD, y queda explicitado que también el mismo Estado debería efectuar dicho control, para garantizar su cumplimiento. Asimismo, se establecen igualdad de derechos y de obligaciones, entre PCD y sin ella; expresado en el Artículo 10° señala que las personas con discapacidad "gozarán de los mismos derechos y estarán sujetas a las mismas obligaciones que la legislación aplicable prevé para el trabajador normal".

También existen otras leyes, de anterior sanción, por medio de las cuales se establece entre sus artículos que las autoridades competentes deben adoptar medidas para proporcionar formación profesional a PCD y promover oportunidades de empleo en el mercado regular laboral, proporcionando igualdad de oportunidades entre las PCD y los trabajadores en general. Se aprueba el convenio 159 de la Organización Internacional del Trabajo. (Ley N° 23.462 de Readaptación Profesional y Empleo de Personas Inválidas sancionada en 1986)

Con respecto a la acreditación de la discapacidad en todo el territorio nacional se crea y sanciona un instrumento denominado Certificado Único de Discapacidad (CUD) mediante la Ley N° 25.504 en el año 2001 y que es expedido por el Ministerio de Salud de la Nación.

Y por último, se puede mencionar la Ley N° 26.816, la cual entró en vigencia a partir de febrero del 2013, se crea el Régimen Federal de Empleo Protegido Para Personas con Discapacidad. Esta ley significa un progreso en la consecución de los objetivos diseñados por la Ley N° 22.431 y tiene como finalidad "promover el desarrollo laboral de las PCD mejorando el acceso al empleo y posibilitar la obtención, conservación y progreso en un empleo protegido y/o regular en el ámbito público y/o privado" e "Impulsar el fortalecimiento técnico y económico de los Organismos Responsables para la generación de condiciones protegidas de empleo y producción que incluyan a las personas con discapacidad".

En relación a estudios realizados sobre la investigación de los efectos de la inserción laboral (Mascayano Tapia, Lips Castro y Moreno Aguilera, 2013; Paz-Maldonado y Silva-Peña, 2020), se está ampliamente difundido el reconocimiento del valor positivo del empleo como herramienta de mejora tanto de la situación clínica como psicosocial de los afectados por una alteración mental discapacitante. La actividad laboral en los usuarios no sólo mejora su situación financiera sino que también provee una estructuración de sus actividades cotidianas, con rutinas definidas y significativas.

Una autora expone sobre las condiciones que hay tener en cuenta cuando se hace una inserción en una organización de una PCD, es decir, se debe velar por realizar un seguimiento del trabajador insertado, garantizando su sentido personal de bienestar, un buen nivel de autoeficacia e identidad social a través del proceso (Flores García, 2008). Hay que analizar también, que la PCD obtenga de ese trabajo una experiencia laboral que le permita un crecimiento, que su rendimiento sea valorado y ese aprendizaje mejore su empleabilidad en el futuro.

Sumado a ello, la inserción laboral de las personas en situación de discapacidad posibilita, tanto a empresas privadas como a organismos estatales, desarrollar una mirada distinta, valorando las capacidades administrativas de los trabajadores en tal condición. Además, se convierten en organizaciones con mayor responsabilidad social (Espínola y Gallego, 2017), desarrollando actitudes positivas hacia la discapacidad y facilitando la inclusión en los puestos de trabajo (Gandarillas, 2014).

3. METODOLOGÍA

En una primera etapa se realiza un relevamiento bibliográfico para comprender el tema. El cual incluye las normativas y leyes vigentes en la temática. Luego, para este relevamiento cualitativo, se toman entrevistas semiestructuradas a actores clave, conformando una muestra no probabilística intencional (N=7) con objeto de obtener cuáles son las variables que conforman las dimensiones de análisis a considerar como determinantes para la comprensión de la inserción de PCD.

El tratamiento de datos se realiza a través de un análisis discursivo, en triple hélice: informacional, social-hermenéutico y de pares antinómicos (Ibáñez, 1979). Este análisis supone una interpretación de los datos donde se ponen en primera persona los textos y relatos de los entrevistados, como si lo que todos dicen se fusiona en un texto unificado, porque no es importante quién lo dice sino desde qué rol lo dice, cuáles son sus puntos de articulación y cuáles los ponen en conflicto, es decir, se quiere conocer cómo piensa un colectivo a través de sus percepciones de determinados fenómenos sociales.

3.1. Organizaciones no Gubernamentales y Públicas: breve descripción de las entrevistas a informantes clave de ONG

Para la realización de este artículo se seleccionan algunos de los hallazgos recientemente obtenidos en el grupo de investigación.

Se presenta una breve descripción de las organizaciones entrevistadas, Organizaciones no Gubernamentales (ONG) y Organizaciones Públicas (OP) de la ciudad de Mar del Plata (MdP), con el fin de poder conocer su situación y percepciones respecto a la problemática objeto de estudio, es decir la inserción laboral de PCD en MdP.

- En primer lugar, se presenta a la Unión Marplatense de Acción Social por los Derechos del Ciego y el Amblíope (UMASDECA), la cual es una asociación creada y dirigida por personas con discapacidad visual. Brinda como servicios: un centro de rehabilitación, actividades recreativas y un punto de acceso a la lectura. La población que asiste son personas que trabajando perdieron parcial o totalmente su visión, imposibilitando su continuidad laboral; ya sea de modo temporal o permanente.
- Se continúa con la Asociación Síndrome de Down Mar del Plata (ASDEMAR), entidad sin fines de lucro, fundada hace poco más de 30 años por un grupo de padres y familiares de niños con Síndrome de Down con la intención de brindar una mejor atención a sus hijos, contando con un equipo de profesionales. A medida que los niños fueron creciendo se fue transformando en una inclusión educativa y después en una inclusión laboral si así se requiere. Actualmente ASDEMAR cuenta con 45 concurrentes, quedando cubierto el cupo que establece el Ministerio de Salud de la Nación. La organización además de tener como intención que los jóvenes y adultos puedan armar su propio proyecto de vida, tiene como fin que puedan tener la mayor autonomía posible, por lo que en este proyecto entra la inclusión laboral. La cual se realiza luego de que una empresa se acerca a ASDEMAR ofreciendo un puesto para un perfil determinado.
- También se entrevista al Círculo Deportivo de Lisiados (CIDELI), ONG creada en el año 1979 con el objetivo de integrar a las PCD a la sociedad a partir del Deporte. Actualmente la Institución funciona como Centro de Día y un Club Deportivo para PCD y desarrolla los

siguientes deportes: atletismo, básquet en silla de ruedas, bochas (Boccia), fútbol 7, natación y fútbol para amputados. Además, apoyan a todo deporte que se lleve a cabo en MdP, como: levantamiento de peso, remo, vela, fútbol motorizado, tenis y tenis de mesa. A la fecha asisten 48 concurrentes con un perfil físico asociado a un perfil cognitivo, buscando que ellos sean incluidos y continúen desarrollándose en su vida adulta.

- Por otra parte, se visitó la Dirección de Políticas para PCD de la Municipalidad de General Pueyrredón, que se dedica a la inclusión socio-laboral. A través de talleres a partir de los cuales realizan una actividad y obtienen un incentivo económico, o mediante capacitaciones para la inclusión laboral en espacios públicos y privados a través del programa Acciones de Entrenamiento para el Trabajo que responde al Ministerio y Seguridad Social.
- Por último, y respecto a las Organizaciones Públicas se entrevistó a una Unidad Académica, Ingeniería, de la Universidad Nacional de Mar del Plata, dado que cuenta con estudiantes y personal con diferentes discapacidades. En lo que respecta a estudiantes, en la Secretaría de Bienestar de Rectorado existe un Programa de Discapacidad dedicado a aquellos estudiantes que pertenecen a este grupo y hayan expresado su problemática. Su trabajo consiste en articular con las Unidades Académicas para facilitar su inserción en el trayecto educativo elegido. En Ingeniería actualmente están cursando 6 estudiantes con discapacidades y existen dos trabajadores en el área administrativa con discapacidades.

4. RESULTADOS

4.1. Entrevistas realizadas a Organizaciones no Gubernamentales y referentes clave de Organizaciones Públicas. Análisis del discurso.

A partir de las entrevistas se obtuvieron relatos de referentes clave que aportaron su percepción acerca de la inclusión laboral de PCD en MdP. Se trata de una muestra, heterogénea que abarca referentes de distintas entidades y trabajadores con discapacidad. Siguiendo la metodología del análisis del contenido discurso de Ibáñez (1979) se realiza una lectura de los datos en tal sentido, con objeto de poder comprender la visión de los entrevistados acerca de la inserción laboral de PCD en la ciudad.

Nivel informacional, en este aspecto surgen ideas con respecto a: el incumplimiento del cupo establecido por la Ley Nº 10.592, cómo los prejuicios perjudican la inserción de PCD, lo importante que es para esta temática la mirada centrada en la persona (y no en la discapacidad), las barreras a las que se enfrentan las PCD a la hora de querer insertarse laboralmente, la falta de información sobre esta temática, la falta de apoyo por parte del Estado, cómo afecta el desempleo que hay en la ciudad a esta inserción, la importancia del desarrollo de las habilidades blandas y comentarios en torno a que las PCD son más eficientes en sus trabajos.

En base a las categorías señaladas se podrían agrupar del modo que se muestra en la Tabla 1 y se explica a continuación. Algunas de ellas, podríamos decir que ponen el foco en cuestiones externas donde el Estado estaría demostrando su mal desempeño, por ejemplo, en ejercer su función de control; otras directamente lo acusan de falta de apoyo; otro subgrupo está representado por las percepciones que atribuyen mayor importancia a las barreras que las PCD se enfrentan, por ejemplo, con los perjuicios; además del alto desempleo que directamente le quita posibilidades de acceso. Finalmente, se puede hacer una lectura más positiva del último subgrupo de categorías, donde se pone valor en las habilidades blandas de las PCD y su eficiencia al trabajar. Se presenta a continuación un cuadro resumen de las percepciones de las personas clave, respetando su anonimato. Dado que, en este tipo de investigaciones los dichos de los entrevistados son tomados como un texto único, con independencia de quienes lo dicen, puesto que lo importante es su contenido.

Tabla 1: Nivel Informacional (Elaboración propia, 2022).

Nivel informacional		
Categoría	Frecuencia	Relatos
No se cumple con el cupo del 4%	2	"(...) No sé si ustedes han escuchado algo del 4% que de alguna manera sería la capacidad o el cupo que se estima de ingreso en ámbito público. La verdad es que no se cumple mucho." "(...) En ningún ente estatal se cumple con el 4% lo que pasa que no te lo dice."
Los prejuicios perjudican la inserción de PCD	6	"(...) El tema de la discapacidad sigue siendo un tabú, que hay mucho prejuicio y miedo, pero porque… porque hay desconocimiento." "(...) Yo creo que a las personas con discapacidad visual las que más nos afectan son las culturales (barreras) justamente. Nosotros podemos hacer muchísimas cosas."

Tabla 1: Nivel Informacional (Elaboración propia, 2022). (Continuación)

Nivel informacional		
Categoría	Frecuencia	Relatos
La importancia de la mirada centrada en la persona	6	"(...) “Yo creo que a las personas las tenés que incluir porque tienen esa discapacidad sino que tenés que incluirla en el común de toda la selección que hacés y es una persona más.” "'(...) Decís “bueno, estoy mucho más capacitada que esta persona” pero cuando te entrevistan y entregás el cv te dicen “bueno, te felicito, la verdad sos un ejemplo de vida, cualquier cosa te llamo ” y no te llaman nunca.” “La mirada que nosotros proponemos es una mirada más centrada en la persona, no tanto en la discapacidad. O sea, yo si voy a una empresa, no hablo de la discapacidad, hablo del potencial que tiene esa persona, del perfil que tiene esa persona(...)"
Barreras	7	“Las barreras actitudinales son las peores en todo sentido, hay que cambiar el imaginario que se tiene con respecto a las PCD(...)" “Una persona que tiene un problema motriz, nosotros tenemos que darle las condiciones para que... bueno por ejemplo, ahora el ascensor que estamos haciendo está pedido hace años(...)"
No hay información sobre las PCD	2	"(...) cuando uno quiere averiguar cuántas PCD hay, no existe ese dato.”
El desempleo en MdP afecta a la inserción laboral de PCD	2	“Vivimos en una ciudad marítima con mucho desempleo, las personas con discapacidad quedan afuera.”
La importancia en las competencias blandas	2	"'Porque puede tener, como les dije, un currículum muy lindo, muy armonioso en contenido, pero después no se sabe desempeñar en grupo y no va a andar en la pasantía.”
Las PCD son más eficientes en sus trabajos	2	"Yo puedo producir mientras charlo con vos porque no te tengo que mirar, uno puede hacer varias cosas mientras sigue produciendo, a la larga, terminas rindiendo más que un empleado que ve.”

El segundo análisis posible se denomina: *Nivel estructura*l*,* en lo que respecta a este abordaje de los datos, se destaca un comentario en una ONG entrevistada que hace referencia a dos posiciones opuestas acerca de si es más dificultoso conseguir trabajo para una PCD que para alguien que no tiene una determinada discapacidad, el cual se presenta en la Tabla 2.
En este nivel se evidencian los relatos cuando se oponen dos sentencias en el mismo texto, es decir hay una dicotomía en las percepciones.

Tabla 2: Nivel Estructural (Elaboración propia, 2022).

Nivel estructural
Relato
"Lo que pasa es que una vez que una empresa… si, seguramente el tema de la discapacidad frena, o sea, es más difícil conseguir trabajo siendo una persona con discapacidad que no siendo con discapacidad. Pero a su vez, una vez que una empresa conoce a una persona con discapacidad y ve cómo trabaja, entonces ahí, es como que estas barreras caen y puede, puede tener otra mirada, digamos no, pero sí es difícil, es difícil sí."

La *dimensión social-hermenéutica*, propone explicaciones sociales donde se ponen en juego las percepciones de las personas sobre una temática determinada. Estas aproximaciones son intentos de los referentes entrevistados de exponer sus puntos de vista, sus ideas y sentires sobre la situación actual de la inserción laboral de personas con discapacidad. En la Tabla 3 se presentan tres categorías: sentimientos que despierta la discapacidad, el mundo del trabajo actual y clasificación según discapacidad y edad.

Tabla 3: Nivel Social-hermenéutica (Elaboración propia, 2022).

Nivel social-hermenéutico		
Categoría	Frecuencia	Relatos
Sentimientos que despierta la discapacidad	3	"El tema de la discapacidad sigue siendo un tabú, que hay mucho prejuicio y miedo, pero por qué… porque hay desconocimiento."
El mundo del trabajo actual	2	"Lo que pasa que estamos en un mundo y un sistema de trabajo, en el cual tenés que ser competitivo, tenés que ser resolutivo, tenés que ser…. resolver con eficacia y eficiencia. Estas personas no digo que no lo puedan hacer, lo pueden hacer pero en otro tiempo. Y ese tiempo hace que al empresario lo haga dudar." "Las barreras actitudinales son las peores en todo sentido, hay que cambiar el imaginario que se tiene con respecto a las PCD. Hay un imaginario instalado que es muy difícil de revertir. Entonces hay que hacer mucho trabajo de sensibilización y de visibilización."
Clasificación según discapacidad y edad	3	"Mar del Plata tiene la pirámide poblacional invertida (...) porque toda la gente se jubila y se viene a vivir acá y acá tienen diabetes, maculopatía y acá tienen todas las enfermedades que los dejan con alguna discapacidad visual."

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados surge que los informantes clave expresan que existe una carencia por parte de las organizaciones respecto al cumplimiento de la reglamentación dado que no alcanza con legislar sino se aplican instancias de control. Esto permite iniciar una investigación para profundizar en las causas del no cumplimiento de la normativa y del control de la normativa.
Asimismo de sus dichos se desprende la existencia de barreras (actitudinales, estructurales y ambientales) en las organizaciones a la hora de contratar PCD, lo que podría explicarse principalmente por la existencia de prejuicios y falta de sensibilización de la población. Algunas organizaciones mantienen prácticas, normas, ideologías y costumbres arcaicas basadas en rasgos

culturales que corresponden a esquemas tradicionales basados en mantener grupos homogéneos donde no hay lugar a la diversidad.

En la metodología para el reclutamiento y la selección predomina el foco en las competencias específicas y técnicas, actitudes y otros determinantes para cada puesto. Es decir, el mercado laboral es cada vez más exigente en la búsqueda de la excelencia y flexibilidad en los candidatos. Esta realidad es visualizada por la muestra estudiada denunciando que en este escenario se ve perjudicada la PCD. Por otro lado, existen posibilidades de inserción laboral centrando la mirada en las potencialidades que el candidato puede tener para el puesto con independencia de su discapacidad. Esta circunstancia de contemplar mecanismos para garantizar la igualdad de oportunidades en las organizaciones públicas, en las que el Estado es la máxima autoridad, debería estar por demás asegurada.

Por otro lado, los informantes clave también expresan que no hay información sobre las PCD en cuanto a cantidad y situación laboral. Se ha hecho bastante difícil acceder a datos precisos y desagregados sobre el tema; lo cual impacta en el diseño de políticas públicas de inclusión.

Para finalizar, se considera todavía la necesidad de un trabajo de sensibilización y visibilización para que las PCD puedan insertarse laboralmente de acuerdo a su deseo y vocación en una organización que le brinde una oportunidad de desarrollo y crecimiento personal.

5. REFERENCIAS

Artigas, M.V.S.; Ceballos, S.; Delmonte, C.; Onaine, A.E.; Santille, L. S.; Zabaleta, O.G.; Pérez, J.A. (2021). *Inserción laboral de personas con discapacidad: aproximaciones preliminares,* en 5° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI).

Documento de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2006): Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Recuperado el 1-5-2021. https://g.co/kgs/dN5VgB

Documento del Ministerio de Salud. Presidencia de la Nación. DELS (2017) *Diccionario Enciclopédico de la Legislación Sanitaria Argentina*. Recuperado: el 12-8-22 en: https://salud.gob.ar/dels/entradas/personas-con-discapacidad-y-acceso-la-atencion-la-salud

Espinoza, M. y Gallego, D*. "Inserción laboral de las personas con discapacidad en Ecuador*". Revista Espacios, Caracas, v. 39, n. 51, p. 1-12, 2018.

Flórez García, M. de los A. (2008*) "Programas de inserción laboral para personas con discapacidad auditiva: una experiencia concreta en el Principado de Asturias"* en Intervención Psicosocial, Vol. 17 N.° 3 Pp. 281-297. ISSN: 1132-0559

French, S. (2017). *Disabled people and employment: A study of the working lives of the visually impaired physiotherapists.* Nueva York. Ed Routledge. Recuperado de: https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=Kq40DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&ots=tsSwmflN4d&sig=NMDEOEiJRaAyLOLUwE3pj4EMEM8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Fecha de consulta: 28/09/2022

Gandarillas, B. (2014) *"El efecto de la responsabilidad organizacional sobre las actitudes hacia la contratación de personas con discapacidad".* Universitas Psychologica, Bogotá, DC, v. 13, n. 4, p. 1615-1624, 2014.

Ibáñez, J. (1979) *Más allá de la Sociología. El grupo de discusión: técnicas y crítica.* Madrid: Editorial Siglo XXI.

INDEC (2014): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Censo del Bicentenario. Serie C. Población con dificultad o limitación permanente, Buenos Aires.

INDEC (2018). Estudio Nacional sobre Perfil de las Personas con Discapacidad. Indec.gob.ar. Recuperado de: https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio_discapacidad_12_18.pdf. Fecha de consulta: 28/07/2021

Mascayano Tapia, F.; Lips Castro, W. y Moreno Aguiler, J.M (2013*): "Estrategias de inserción laboral en población con discapacidad mental: una revisión*", en Revista Salud Mental, Vol. 36, No. 2, marzo-abril 2013, Chile. pp 159-165

Organización Mundial de la Salud (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud* (CIF 2001). Recuperado de: https://aspace.org/assets/uploads/publicaciones/e74e4-cif_2001.pdf. Fecha de consulta: 29/07/2021.

Paz-Maldonado, E. y Silva-Peña, I.(2020) *"Inserción laboral de personas en situación de discapacidad en América Latina"*, Saúde Soc. São Paulo, v.29, n.4, e190724, p.1-12, 2020

Perez, J. A.; Risiglione, M. L.; Bava, E.; Duro, R. S.; Serrano, A. C.; Giribuela, W. A.; Artigas, M. V. (2021). *Aspectos regulatorios versus acciones públicas y/o privadas para la inserción laboral de personas con discapacidad*, en 5° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI)

6. ANEXO

Se presenta el cuestionario con las preguntas guía para las entrevistas semi-estructuradas realizadas:

- Nombre y Tiempo que hace que está funcionando la organización.
- Función desarrollada.
- ¿Qué cantidad de personas ayudan?
- ¿Cómo está conformado el grupo de profesionales?
- ¿Se dedican a la inserción?
- ¿Cómo? ¿En base a qué políticas?
- ¿Tienen ayuda del estado?
- ¿Qué opina de las leyes de inserción laboral de PCD?
- ¿En qué áreas podrían insertar personas con discapacidad?
- ¿Consideran que el Estado tiene herramientas para colaborar en la inserción laboral de PCD?
- ¿Qué niveles académicos alcanzan?
- ¿Cree que hoy en día las PCD tienen más dificultad para insertarse laboralmente que las personas que no tienen una determinada discapacidad?
- ¿Cuál es su percepción actual acerca de la inserción laboral en Mar del Plata?
- ¿Qué cargos suelen ocupar?
- ¿Cuántas horas suelen trabajar?
- ¿Qué cambios a nivel organizacional cree que ocurren al contratar PCD?
- ¿Qué modificaciones a nivel físico, tecnológico y de selección han tenido que realizar en sus organizaciones para realizar procesos de inclusión laboral de PCD?
- ¿Qué herramientas piensa que podrían ayudar para la inserción laboral?

EL COMPORTAMIENTO ORGANIZACIONAL Y LA INCLUSIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD (PCD): ¿UNA RELACIÓN POSIBLE?

Artigas[1], María Velia; Ceballos[2], Samanta; Onaine[1], Adolfo E.; Delmonte[3], Carolina

[1]*Departamento de Ingeniería Industrial - Facultad de Ingeniería - UNMdP;* [2]*Gerencia de Salud, Seguridad y Clima Organizacional - INTA;* [3]*Secretaría de Desarrollo Social - MGP*

mvartigas@fi.mdp.edu.ar; ceballos.samanta@inta.gob.ar; aeonaine@fi.mdp.edu.ar; carolinadelmonte.to@gmail.com

RESUMEN.

La inclusión laboral de Personas con Discapacidad (PCD) se impone como tópico a estudiar dado que el colectivo social, está cambiando en varios aspectos su comportamiento con relación a las minorías. Lo cual, impone una intervención desde la investigación de campo de modo inmediato. El presente artículo pretende compartir con la comunidad científica avances resultantes de acciones exploratorias llevadas a cabo desde el año 2021 a la fecha. Para este relevamiento se presenta el estado del arte de la problemática a la luz, de las preguntas de investigación, que guían el mismo. El objetivo principal del trabajo es indagar en las fuentes bibliográficas especializadas cuáles son los modelos del Comportamiento Organizacional que permiten el abordaje de la temática. El tratamiento de datos se realiza a través de un análisis de fuentes en dos sentidos, valiéndose de fuentes primarias y secundarias para cumplir el objetivo planteado. Se espera con tal contribución aportar datos que den cuenta de la inclusión laboral de PCD que aseguren poder contribuir al conocimiento del comportamiento en el contexto de las organizaciones y su perspectiva de evolución.

Palabras Claves: Comportamiento Organizacional, Personas con Discapacidad, Inclusión Laboral

ABSTRACT.

The labor inclusion of Persons with Disabilities (PWD) is imposed as a topic to study given that the social group is changing its behavior in relation to minorities in several aspects. Which, imposes an intervention from the field investigation immediately. This article aims to share with the scientific community advances resulting from exploratory actions carried out from 2021 to date. For this survey, the state of the art of the problem is presented in light of the research questions that guide it. The main objective of the work is to investigate in the specialized bibliographic sources which are the models of Organizational Behavior that allow the approach of the subject. Data processing is carried out through a two-way source analysis, using primary and secondary sources to meet the stated objective. With such a contribution, it is expected to provide data that account for the labor inclusion of PWDs that ensure that they can contribute to the knowledge of behavior in the context of organizations and their perspective of evolution.

Keywords: Organizational Behavior, People with Disabilities, Labor Inclusion

1. INTRODUCCIÓN.

Esta presentación se encuadra en el proyecto de investigación: “Integración de personas con discapacidad (PCD): mecanismos de selección, incorporación, evaluación y desarrollo de competencias en las organizaciones”, dependiente del Departamento de Tecnología de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Está conformado por investigadores de la mencionada universidad y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), la Gerencia de Salud, Seguridad y Clima Organizacional del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Secretaría de Desarrollo Social de la Municipalidad de General Pueyrredón.

El objetivo principal del trabajo es indagar en las fuentes bibliográficas especializadas cuáles son los modelos del Comportamiento Organizacional que permiten el abordaje de la temática.

En el marco de dicho proyecto se ha indagado sobre fuentes bibliográficas (Artigas et al., 2021) y relevado sobre la inserción laboral en empresas privadas del Partido de General Pueyrredón (PGP), (Deluchi y Masola, 2021). Con la finalidad de recabar el estado de situación de la normativa en la región en general, y en la provincia de Buenos Aires en particular, se relevaron los marcos regulatorios vigentes (Perez et al., 2021) para profundizar en la temática de la inserción de PCD. Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido a la inserción laboral de este grupo como un aspecto relevante para ser abordado en organizaciones tanto públicas como privadas (OMS, 2011).

Se parte de datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas, realizado en Argentina en el año 2010 ya que los datos del Censo Nacional 2022, al momento de realizar esta investigación, no han sido publicados. De estos se desprende que el 13% de la población tiene algún tipo de discapacidad (INDEC, 2014). En organizaciones públicas, nuestra normativa exige una inclusión laboral del 4% del total de la planta.

El “Estudio Nacional sobre Perfil de las Personas con Discapacidad” (ENDI) releva población con dificultad, teniendo presente la definición de la OMS de la discapacidad, y aludiendo entonces, a la limitación o restricción autopercibida por el individuo, originada por una condición de salud que, en interacción con los factores contextuales, perjudique su desenvolvimiento en la vida diaria. El ENDI realizado por el INDEC (2018), que alcanzó a los habitantes de 6 años o más, de poblaciones con más de 5.000 habitantes evidencia que el 10,2% de los argentinos tiene al menos una dificultad de algún tipo. Lo cual resulta ser un porcentaje no menor de la población.

La discapacidad se define como “toda limitación en la actividad y restricción en la participación, originada en la interacción entre la persona con una condición de salud y los factores contextuales (entorno físico, humano, actitudinal y sociopolítico), para desenvolverse en su vida cotidiana, dentro de su entorno físico y social, según su sexo y edad” (INDEC, 2018, p. 14). Puede ser permanente o temporal (si la funcionalidad afectada puede recuperarse mediante tratamientos de rehabilitación) y categorizarse en: genética, es decir, transmitida de padres a hijos; congénita, producto de alteraciones durante la gestación; adquirida cuando se produce por alguna enfermedad, incidente o accidente durante la vida de la persona (ONU, 2006).

El Servicio Nacional de Rehabilitación del Ministerio de Salud de la Nación Argentina (ONU, 2006), las clasifica en: **discapacidad intelectual** cuando existe deficiencia o limitación de las funciones mentales como el pensamiento, la cognición, el lenguaje, el aprendizaje, la memoria y la comprensión, entre otras; **discapacidad psicosocial** cuando aparecen deficiencias o trastornos del comportamiento, del razonamiento, y de los estados de ánimo, que afectan su capacidad de juicio crítico sobre sí misma, y sobre los demás; **discapacidad motora** en el caso de deficiencias o limitaciones en las funciones motoras, la postura, o en uno o más miembros del cuerpo, la ausencia total de estos (amputación), disminución de la motricidad (parresias), o falta de sensibilidad y movilidad (plejias); **discapacidad sensorial visual** en presencia de deficiencias, defectos, o carencia de la visión abarcan las estructuras corporales del ojo, las funciones visuales, y el sistema nervioso; **discapacidad sensorial auditiva** cuando surgen deficiencias o pérdida en las funciones y estructuras auditivas, denominándose “hipoacusia” al déficit en la función auditiva y “sordera” la deficiencia grave o total del audio; y **discapacidad visceral** a la deficiencia, limitación, o daño de la función o estructura de uno o más órganos internos, lo que le dificulta el desarrollo de su vida cotidiana, pudiendo afectar a los sistemas cardiovascular, inmunológico, respiratorio, digestivo, renal, urológico, entre otros.

Por lo antes mencionado, se propone trabajar en la revisión de fuentes bibliográficas referidas al tema, desde la gestión del trabajo con personas, para poder contribuir al conocimiento del mismo e impactar positivamente en su tratamiento.

2. COMPRENDER LA DISCAPACIDAD EN CONTEXTOS ORGANIZACIONALES.

En el año 2015, se inicia un camino de gran importancia en resguardo de los grupos más vulnerables, dado que se escribe un documento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) donde se estableció, 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para el período 2016-2030, los mismos apelan a ser un "llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo" (Naciones Unidas, 2021). Para este trabajo hay tres objetivos que resultan directamente involucrados: 8, 11 y 16, que persiguen, respectivamente: "Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos", "Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles" y "Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas" (Naciones Unidas, 2021). Para auxiliar a los Estados en la implementación de las acciones tendientes a la consecución de los ODS, existe el Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo (PNUD).

Para poder visualizar el entramado conceptual que explica el comportamiento organizacional se requiere comprender cómo es la relación entre la discapacidad como conceptualización social y las organizaciones. En tal sentido, existen cuatro modelos teóricos (Palacios & Romañach, 2006) que sintetizan estas visiones histórico-sociales:

- el primero, modelo de *prescindencia* se consideraba que la discapacidad (diversidad funcional) tenía un origen religioso, no tenían nada que aportar a la comunidad, convirtiéndose en una carga familiar. Lo que se destaca es que las PCD eran marginadas puesto que su condición era inmodificable;

- el segundo denominado *rehabilitador*, las causas que originan la discapacidad serían científicas, modelo médico, estarían enfermos. La relación con las organizaciones estaría mediada si pueden o no, lograr la rehabilitación, es decir, recuperarse o normalizarse:

- el tercer modelo denominado *social:* se opone a los anteriores. Entiende que las causas que originan discapacidad (diversidad funcional), son sociales; es decir, se pone el foco en las carencias de las organizaciones para asegurar el desarrollo de las PCD. Las personas con diversidad funcional tienen mucho que aportar a la sociedad. Se encuentra íntimamente relacionado con la inclusión y la aceptación de la diferencia; y

- el modelo actual, *nuevo modelo social*, el foco se pone en la dignidad. Se requiere un cambio de mentalidad para salir de la desmedicalización de la diversidad funcional, se promueve la autonomía personal y la desinstitucionalización de las personas con diversidad funcional de todas las edades, erradicar una visión negativa. En suma, este modelo expone que hay que evitar, desventajas en cuanto a las PCD, evitar el sufrimiento por discriminación, integrar a las personas de diferentes edades, géneros y otros colectivos como personas excluidas socialmente.

Este modelo concibe que "la discapacidad no es un atributo de la persona, sino un complicado conjunto de condiciones, muchas de las cuales son creadas por el ambiente social". Por lo tanto, el foco de atención en este paradigma resulta ser el entorno (OMS, 2001). Desde esta mirada, intervenir para modificar el ambiente en el que el individuo se desenvuelve, hace que se potencien los facilitadores y se derriben las barreras, lo cual es indispensable para una efectiva integración de las PCD. El modelo social, propone un debate rico y profundo, solicitando al Estado, a las organizaciones y a la ciudadanía un cambio, una transformación de corte social.

Para la organización por los derechos de las PCD (REDI, 2012), la discapacidad y su construcción social fue incorporando diferentes connotaciones dependiendo del contexto, valores y tiempo sociohistórico. Es decir, el concepto de discapacidad va evolucionando de acuerdo con las barreras del entorno que impone la sociedad. Si bien el marco normativo argentino resulta avanzado en la temática no es suficiente para generar cambios de conductas y mejores condiciones de vida para las personas (REDI, 2012).

En cuanto a las desventajas que afectan a esta población, la OMS y el Banco Mundial (BM) indican que se manifiestan mayores tasas de pobreza y necesidades sanitarias no satisfechas, menores tasas de empleo y un nivel educativo inferior (OMS & Banco Mundial, 2011). Para Venturiello (2017), esta marginación social y económica constituye una forma injusta de segregación originada en la expulsión de las PCD consideradas "cuerpos deficientes" de los espacios productivos con consecuencias equivalentes en los restantes espacios sociales (Venturiello, 2017).

La discapacidad puede repercutir mínimamente en la posibilidad de integrarse en la vida social y laboral, o bien podría conseguir un impacto considerable, debido a lo expuesto es fundamental la implementación de diferentes estrategias de asistencia y apoyo. En ambos casos, la capacitación y

la formación de las PCD resulta esencial, además de la adecuación y adaptación de los puestos y lugares de trabajo, como ya lo viene remarcando la OIT desde sus primeras recomendaciones (Perez et al. 2021).

Lo anterior pone en evidencia una visión cruda de esa situación en algunos referentes de la temática.

2.1. Organizaciones con Responsabilidad Social.

La norma ISO 26000:2010 - Guía de responsabilidad social, pretende ayudar a todo tipo de organización a operar de una manera socialmente responsable. Contiene guías voluntarias, no requisitos, y, por lo tanto, no es de uso regulatorio o contractual. Respecto a la discapacidad, se destaca que al tratar sobre derechos humanos centrado en la discriminación y grupos vulnerables define que la discriminación implica cualquier tipo de distinción, exclusión o preferencia que tiene el efecto de anular la igualdad de trato o de oportunidades, cuando esa consideración se basa en prejuicios, más que en motivos legítimos. Luego entre los motivos ilegítimos para la discriminación incluye la discapacidad. Además, que, al tener un concepto erróneo de sus habilidades y capacidades, las PCD son a menudo vulnerables. Por tal motivo, una organización debería contribuir a garantizar que se otorgue dignidad, autonomía y plena participación en la sociedad a toda PCD (ISO 26000, 2010).

Las empresas tendrán que implementar distintas acciones para respetar las garantías individuales. Por ejemplo, estas organizaciones deberían incluir un enfoque de discapacidad con base en derechos. También, impulsar la comprensión de la diversidad en el contexto laboral posibilita aprovechar el talento del personal (OIT, 2017).

Actualmente, hay líneas de investigación que han desarrollado una visión distinta a los viejos paradigmas, focalizando en las capacidades y competencias de las personas que van más allá de su discapacidad. Cuando este modelo es tenido en cuenta, las organizaciones que emplean PCD se transforman en organizaciones con mayor responsabilidad social (Espínola, 2017), gracias al desarrollo de sus actitudes en pos de la inclusión laboral. Sin embargo, pese a que las organizaciones estatales poseen reglamentaciones que impulsan la inserción de PCD en la mayoría de los casos no se cumple con las mismas.

Hay otras experiencias en América Latina a través de la creación de una Red Mundial de Empresas y Discapacidad en 2010 por la OIT, la misma se encuentra formada por empleadores de empresas globales, redes empresariales nacionales por la discapacidad y ONG que promueven la inclusión de PCD en los ámbitos laborales (OIT, 2017).

El objetivo que estas redes poseen es el de concientizar basándose en buenas prácticas y políticas de inclusión laboral. Países como Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, México, Paraguay, Perú y Uruguay han resaltado sus buenas experiencias adquiridas a través de las mencionadas redes sociales, las cuales han promovido la igualdad de oportunidades y derechos y favorecen a las empresas por medio de protocolos y manuales, los cuales han generado mayor eficiencia y un aumento considerable de PCD en los procesos de inclusión laboral (OIT, 2017).

Por medio de estas experiencias se concluye que hay un aumento en la productividad, mejora en el posicionamiento de la empresa (responsabilidad social), mejor clima laboral y, además, se observa que las PCD influyen de forma positiva en la economía de estos países (OIT, 2017).

La evidencia comprueba que las normativas establecidas no pueden ser los únicos mecanismos utilizados para promover la igualdad de oportunidades de dicho colectivo. También, es importante contemplar la responsabilidad de quienes se encargan de los procesos de selección del personal. Aquí, se hace necesaria la generación de actitudes positivas hacia los individuos en tal situación, facilitando la inclusión sociolaboral (Gandarillas et. al, 2014).

Además, las medidas de ajuste relacionadas con la accesibilidad, las adaptaciones en los sitios de trabajo, los incentivos y servicios de apoyo son esenciales para una verdadera inserción laboral (OIT, 2002). Esto permite a las instituciones contar con mayores posibilidades de generar una mejor cultura organizacional, aprovechando al máximo los recursos humanos sin discriminar a ningún individuo por su condición (Paz-Maldonado & Silva-Peña, 2020).

Las leyes son claras en cuanto a la inserción laboral en las instituciones públicas, solo hace falta crear los mecanismos para poner a funcionar los planes que hagan posible la ejecución del cumplimiento de las leyes para las PCD (Reyes Giménez, 2015).

Otros estudios realizados en Brasil y Colombia confirman que las PCD se enfrentan a numerosas barreras para insertarse en el ámbito laboral (Paz-Maldonado & Silva-Peña, 2020), (Gandarillas et. al, 2014).

De las fuentes que hemos recurrido, se observa que en Paraguay pese a la creación de leyes que amparan a las PCD, las mismas no se encuentran protegidas y se ignora el contenido de las leyes. Podemos destacar el desconocimiento a la inclusión laboral en el sector público, por lo tanto, se destaca la discriminación y la violación de los derechos de las PCD al no ser reconocidas por la precariedad de la inserción laboral (Reyes Giménez, 2015). Persiste la tendencia que las PCD más solicitadas para la inserción laboral tiene una discapacidad física o motora (68%), en un 21% dificultades sensoriales y un 10% discapacidades intelectuales (Reyes Giménez, 2015).

2.2. Estadística de inserción laboral en el territorio local.

Si se revisan las estadísticas a nivel Nacional sobre el Perfil de las PCD existen datos que marcan una tasa de desempleo del 67,8 % a nivel nacional (INDEC,2018). Lo cual las constituye como un grupo vulnerado, al que la sociedad debe ofrecer igualdad de oportunidades. Su incorporación en el ámbito laboral resulta una problemática común que hace décadas no es atendida. Algunas explicaciones estarían sostenidas por el desconocimiento de las empresas privadas para incluirlas, así como la falta de experiencia de selectores de recursos humanos que no cuentan con procesos flexibles para la inclusión, sumado a otros factores psicosociales como diversos prejuicios respecto de esta población.

Una consideración importante es sobre el nivel de instrucción, dado que de la totalidad de PCD, el 90,6% está alfabetizado lo que les brinda una herramienta fundamental para desarrollar habilidades. Es decir, su educación es fundamental para desarrollar una actividad laboral acorde a las competencias que presentan de forma satisfactoria y plena, con las adaptaciones requeridas para el ámbito laboral, tareas, esquemas de trabajo o una combinación de esas condiciones (Venturiello, 2017).

Como en los datos respecto a la población que tiene algún tipo de discapacidad incluyen a personas con edad no laboralmente activas aproximan el total de personas en situación de desempleo (Deluchi & Masola, 2021), (Tabla 1).

Tabla 1: Población con discapacidad y desempleo. Fuente: INDEC, en Tesis de grado: Deluchi & Masola (2021).

	Población	Tasa de discapacidad	Total PCD	Tasa de desempleo PCD	Total PCD desempleadas
Argentina	45.000.000	10,2%	4.590.000	67,8%	3.112.020
Provincia de Buenos Aires	17.500.000	10,3%	1.802.500	66,8%	1.204.070
Ciudad de Mar del Plata	705.000	4,0%	28.189	68,0%	11.000

En el mismo estudio del grupo de investigación, se entrevistaron a 37 organizaciones privadas, de esta muestra intencional, no probabilística, se pueden destacar los siguientes datos:

- El 82,2% responden que no poseen una política de inclusión, aludiendo mayoritariamente a que ello se debe a la falta de infraestructura, falta de adecuación del puesto al tipo de discapacidad y desconocimiento sobre cómo integrar a las PCD a la empresa.
- De la muestra sólo 7 incluyen PCD, 6 en empresas grandes (más de 200 empleados y 1 micropyme). Es decir, las grandes organizaciones serían más propensas a contratar PCD ya sea por mayor cantidad de recursos, infraestructura, cultura organizacional más afianzada y programas de inclusión.
- El 58% de estas empresas no están al tanto de los beneficios. De modo que, este valor puede revelar la falta de información y conocimiento que tienen las organizaciones a la hora de pensar en contratar PCD.

Estadísticamente, el 60% trabajan como empleados u obreros, el número es menor en comparación al 72% de aquellas que cuentan con estos empleos en la población total. Por tal razón, el 27,5% son cuentapropistas, categoría que abarca un vasto abanico de empleos, los cuales suelen poseer menor seguridad en la estabilidad de los trabajos. También se observa que cuando una PCD consigue un trabajo y pasado un tiempo no se siente satisfecha con el mismo, no se arriesga a

cambiarlo frente a la inviabilidad de no contar con otra oportunidad de reinserción laboral, esta situación genera desigualdad frente al resto de la población (Deluchi y Masola, 2021).

3. CONCLUSIONES.

Como se ha evidenciado en la extensión del presente trabajo, en la actualidad, no existe un modelo de comportamiento organizacional que sea de simple caracterización. Es decir, lo que sí se hacen visibles son las falencias en la construcción de políticas del gerenciamiento organizacional que contribuyan a la inserción de las PCD.

Por otra parte, no se podría dar cuenta que hay una intencionalidad negativa en esta conducta, de no inclusión, sino una variedad de factores externos: tales como el desconocimiento del tema, la falta de empatía, la aceleración propia del ritmo organizacional que va atrás de emergencia y en contra de la planificación. En tal sentido, se debería poner en agenda el diseño de prácticas tendientes a la inclusión. Dado que hoy, no existen en la mayoría de las organizaciones tanto públicas como privadas.

Con relación a las estadísticas, se entiende que, si se considera la obligatoriedad establecida por el marco regulatorio actual, de emplear PCD en organizaciones públicas se hace evidente que, por los porcentajes relevados, tampoco desde la imposición se cumplimenta, se desprende de ello que no sería ése el camino.

En los ámbitos privados, se observa que la apertura sería a través de la responsabilidad social, y no simplemente como una política de aportar valor generando igualdad de oportunidades.

En nuestro país el contexto es desalentador debido a que las altas tasas de desempleo complejizan aún más la inserción.

El modelo que propone Palacios & Romañach (2006) de diversidad funcional plantea una visión más integral de cómo sería la relación entre las PCD y las organizaciones, entendiendo que los canales entre ambos fundan el comportamiento organizacional. Este comportamiento organizacional está atravesado por una cultura más flexible, el modo de aprender de colaboradores competentes más allá de tener o no una discapacidad, dado que en palabras del autor “Las vidas de todas las personas deberían ser consideradas con el mismo valor”. En síntesis, cada persona le aporta a una organización un valor, el colectivo integrado, es su ventaja competitiva. Las PCD, y está diversidad funcional no debería constituir una desventaja social para ser parte de una organización.

Con respecto a la legislación vigente a nivel internacional, y comparativamente a nivel nacional, como se ha evidenciado existen elementos en pos de la promoción de la inclusión de las PCD en el mercado laboral. Sin embargo, en cuanto a su inserción, como se visualiza, continúa siendo un colectivo vulnerable; la Argentina tiene los medios desde el Derecho para lograr la igualdad de oportunidades para la inclusión laboral, por lo cual lo que se requiere es una determinación de cambiar en tal sentido garantizando la igualdad.

Será necesario realizar un análisis en los procesos de selección de personal, inducción y desarrollo de carrera tanto de los organismos públicos como en el ámbito privado. Es aquí donde, desde un enfoque transdisciplinar, deben interactuar para lograr un cambio en las organizaciones distintos profesionales como ingenieros, terapistas ocupacionales, psicólogos laborales, médicos, entre otros. En tal sentido, la ingeniería por ser una profesión ligada a la praxis y a la planificación estratégica puede contribuir abriendo oportunidades en la gestión laboral inclusiva de las PCD. Finalmente, la relación entre el comportamiento organizacional es posible y está sostenida por múltiples oportunidades para crear ambientes laborales más amables, justos y equitativos.

4. REFERENCIAS.

Artigas, M.V.; Ceballos, S.; Delmonte, C.; Onaine, A.E.; Santille, L. S.; Zabaleta, O.G.; Pérez, J.A. (2021). Inserción laboral de personas con discapacidad: aproximaciones preliminares, en 5° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI).

Deluchi, M. & Masola M.V. (2021). Propuesta de mejora del proceso de búsqueda, selección e inserción laboral de personas con discapacidad en la ciudad de Mar del Plata (Tesis de Grado de Ingeniería Industrial). Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata.

Derechos de las Personas con Discapacidad (ONU, 2006) y Servicio Nacional de Rehabilitación (SNR) del Ministerio de Salud de la Nación Argentina.

ESPÍNOLA, A. La gestión inclusiva de la discapacidad en los departamentos de RRHH: un derecho pendiente. Intersticios, Madrid, v. 11, n. 2, p. 115-129, 2017.

GANDARILLAS, B. et al. El efecto de la responsabilidad organizacional sobre las actitudes hacia la contratación de personas con discapacidad. Universitas Psychologica, Bogotá, DC, v. 13, n. 4, p. 1615-1624, 2014.

INDEC (2014): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Censo del Bicentenario. Serie C. Población con dificultad o limitación permanente, Buenos Aires.

INDEC (2018). Estudio Nacional sobre Perfil de las Personas con Discapacidad. Indec.gob.ar. Recuperado de https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/estudio_discapacidad_12_18.pdf. Fecha de consulta: 28/07/2021

Naciones Unidas (NU). Objetivos de desarrollo sostenible. *Un.org*. Recuperado de: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/. Fecha de consulta: 29/07/2021

Norma Internacional – ISO 26000. (2010). Guía de Responsabilidad Social. Recuperado de: http://www.americalatinagenera.org/newsite/images/U4ISO26000.pdf. Acceso el 23 de mayo de 2021.

OIT (2017). Promover el empleo de las personas con discapacidad a través de redes empresariales en materia de discapacidad. Una perspectiva de cooperación Sur-Sur. Ginebra, 1-55.

Organización Mundial de la Salud (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF 2001).* Recuperado de: https://aspace.org/assets/uploads/publicaciones/e74e4-cif_2001.pdf. Fecha de consulta: 29/07/2021.

Organización Mundial de la Salud (2011). Informe mundial sobre discapacidad. Malta. Disponible en: <https://bit.ly/1mVYZaR>. Acceso en: 4 mayo 2020.

OMS y Banco Mundial (2011): Informe mundial sobre la discapacidad (en línea). <http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/>, acceso 14 de diciembre de 2017.

Palacios, A. & Romañach, J. (2006). El modelo de la diversidad: la Bioética y los Derechos Humanos como herramientas para alcanzar la plena dignidad en la diversidad funcional. Ediciones Diversitas. España.

Paz-Maldonado, E. & Silva-Peña, I. Inserción laboral de personas en situación de discapacidad en América Latina, Saúde Soc. São Paulo, v.29, n.4, e190724, 2020, DOI 10.1590/S0104-12902020190724.

Perez, J. A.; Risiglione, M. L.; Bava, E.; Duro, R. S.; Serrano, A. C.; Giribuela, W. A.; Artigas, M. V. (2021). Aspectos regulatorios versus acciones públicas y/o privadas para la inserción laboral de personas con discapacidad, en 5° Congreso Argentino de Ingeniería (CADI) y 11° Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería (CAEDI).

REDI et al. (2012): Informe alternativo: situación de la discapacidad en Argentina 2008/2012 (en línea). < http://www.redi.org.ar/Prensa/ Comunicados/Informe-alternativo-al-comite-sobre-los-derechos-de-las-personas-con-discapacidad-ONU.pdf>, acceso 14 de diciembre de 2017.

Reyes Giménez, A. (2015) Empleabilidad de personas con discapacidad desde el marco rector de SENADIS, Paraguay. ISSN (Impresa) 2225-5117. ISSN (En Línea) 2226-4000. Vol. 11 N° 2, 209-222.

Venturiello, M. P. (2017): "Políticas sociales en discapacidad: una aproximación desde las acciones del Estado en Argentina". Revista Española de Discapacidad, 5 (2): 149-169. Doi: <https://doi.org/10.5569/2340-5104.05.02.08>

MODELO PEF: PATRIMONIAL, ECONÓMICO Y FINANCIERO COMO HERRAMIENTA PARA COMPRENDER Y GESTIONAR PYMES.

Couselo, Romina; Williams, Eduardo; Pendón, Manuela; Cibeira, Natalia

Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de La Plata.
romina.couselo@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Las Pymes presentan problemas de acceso al financiamiento para fortalecer sus operaciones. Esto se debe a algunos factores como la informalidad, ya que sus estados no reflejan la realidad económica en que se encuentran; esto hace que a una entidad financiera le resulte difícil analizar y conocer el riesgo de la empresa.

En el día a día las pymes se encuentran con números que no cierran, atendiendo lo urgente, mucho trabajo operativo y más de una cosa a la vez, personas preocupadas y gerentes y dueños estresados. Para evitar estos problemas hay que hacer foco en la información relevante de la empresa, en indicadores o variables que permitan conocer el estado de la misma.

El objetivo del trabajo es presentar la metodología del modelo PEF: patrimonial, económico y financiero que se pueda aplicar a las pymes, conocer su estado y poder tomar decisiones sobre variables conocidas.

Se presentará la metodología para realizar un diagnóstico, un análisis de los números de las tres ópticas: económico, patrimonial y financiero, qué información se necesita para completar el modelo, y qué permite conocer cada óptica del modelo.

Con el modelo PEF: patrimonial, económico y financiero, se quiere lograr el análisis de los números del empresario y conseguir conocer el estado del negocio antes de tomar decisiones. El modelo fue diseñado para dar respuesta a la necesidad de encontrar un modelo que ayudara a sintetizar la información importante para la toma de decisiones y dominio de los números.

Palabras Claves: Pymes, Patrimonial, Económico, Financiero, Gestión.

ABSTRACT

SMEs have problems accessing financing to strengthen their operations. This is due to some factors such as informality, since their financial statements do not reflect their economic reality; this makes it difficult for a financial entity to analyze and know the company's risk.

On a day-to-day basis, SMEs are faced with numbers that do not close, attending to urgent matters, a lot of operational work and more than one thing at a time, worried people and stressed managers and owners. To avoid these problems, it is necessary to focus on the relevant information of the company, on indicators or variables that allow to know the state of the company.

The objective of this paper is to present the methodology of the PEF model: patrimonial, economic and financial, which can be applied to SMEs, to know their status and to be able to make decisions on known variables.

The methodology to make a diagnosis will be presented, an analysis of the numbers of the three optics: economic, equity and financial, what information is needed to complete the model, and what each optic of the model allows to know.

With the PEF model: equity, economic and financial, we want to achieve the analysis of the numbers of the entrepreneur and get to know the state of the business before making decisions. The model was designed to respond to the need to find a model that would help to synthesize the important information for decision making and mastery of the numbers.

Keywords: SMEs, Equity, Economic, Financial, Management.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, más del 98% de las empresas de nuestro país son micro, pequeñas y medianas, lo cual significa una cifra muy importante que las constituye en el principal motor de la actividad económica argentina.
Sin embargo, las PyMEs son a las que más les cuesta afrontar los problemas de inflación, impuestos, costos laborales, y como consecuencia, muchas no llegan a cumplir su primer año de vida, pero ¿cómo influye la toma de decisiones en este resultado?
Se debe distinguir varias causas que interactúan y producen los conflictos más comunes como ser:
-Ausencia de análisis del futuro traducidos en planes y/o programas de mediano plazo en el marco de la incertidumbre del mercado en el que se opera, que muchas veces deriva en una falta de visión estratégica que lleva a atender lo urgente en lugar de lo importante.
-Ausencia y/o falta de claridad, confusión, en el establecimiento y alienación que deben tener los objetivos de la empresa que deriva en una falta de compromiso de los actores a la hora de accionar; lazos familiares que plantean objetivos que son contrarios y muchas veces perjudiciales a los objetivos de la organización.
-Falta de profesionalización en el /los decisores, estructuras débiles, no adecuadas para enfrentar la operatividad diaria.
-Contexto argentino muy cambiante, la inflación reinante (madre de todas las ineficiencias), problemas financieros que no permiten realizar las inversiones necesarias y algunas veces imprescindibles (sobre todo en tecnología y nuevas prácticas) para el crecimiento y desarrollo de las PyMEs.
-Si bien son flexibles y capaces de adaptarse al contexto, poseen poca información para saber donde puede mirar su mercado, entre otras cosas.
-Las decisiones, al ser tomadas solamente por el dueño de la empresa, están sujeto al pensamiento y visión de este.
-Algunos otros problemas derivados de la falta de organización como: ventas insuficientes, debilidad competitiva, mal servicio, mala atención al público, precios altos o calidad mala, activos fijos excesivos, mala ubicación, descontrol de inventarios y problemas de impuestos.
Financieramente el empresario no proyecta la empresa a mediano y largo plazo, dado el desconocimiento de las herramientas para llevar a cabo esta labor. Al concentrar su gestión en el día a día y no contar con la información financiera actualizada. La proyección financiera de la organización en el mediano y largo plazos se dificulta, imposibilitando de esta manera la consecución de los recursos económicos para desarrollar sus actividades.
En las PyMEs, la contabilidad no se utiliza para tomar decisiones sino tan sólo representa un instrumento útil para cumplir con una obligación fiscal, presenta retrasos y no muestra la situación real económica y financiera de la empresa, por lo tanto, no sirve para tomar decisiones.
Los Instrumentos financieros como el flujo de caja, el estado de resultados y el balance general, no constituyen el soporte para toma de decisiones ya que en muchos casos no se llevan adecuadamente o simplemente se manejan con atrasos, lo cual impide su utilización.
Empresas encuestadas por el Observatorio Pyme reconocen que el 79% de las mismas utiliza la información contable con la finalidad de información a terceros. Sin embargo, son pocas las que lo hacen en forma permanente, representando el 37% del total. Los administradores que contestaron que no gestionan sobre la base de la información contable, justificaron su respuesta aduciendo que “solo el dueño conoce la información relevante”. Esta respuesta avala una de las características distintivas de las PyMEs, que es su condición de no delegar la toma de decisiones.
El procesamiento de la información se realiza principalmente dentro de las empresas o tercerizando algunos aspectos de la registración de sus operaciones. Solo el 28% terceriza totalmente el registro de su ciclo operativo. La mayoría de las empresas encuestadas ha realizado una informatización de la registración de sus operaciones (88 %). En relación a este grupo de empresas, se puede mencionar que el 81% de ellas utiliza estos sistemas para todos los sectores clave de la organización y que el 63% posee sistemas informáticos desarrollados en función de las características particulares de la empresa y sus procesos; mientras que el 31% se maneja con sistemas denominados “enlatados” o estandarizados.

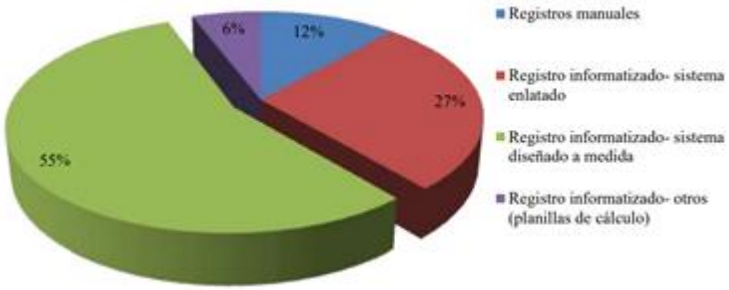


Gráfico 1: Información de las registraciones en las pymes. Fuente: Observatorio Pyme

2. OBJETIVO

El objetivo del trabajo es presentar el modelo PEF: patrimonial, económico y financiero que se pueda aplicar a aquellas PyMEs que no llevan estados contables y/o financieros, o los utiliza como información hacia terceros; y así conocer su estado de situación económica financiera de corto, mediano y largo plazo y tomar decisiones sobre variables conocidas.

3. PLANIFICACIÓN Y CONTROL PARA LAS PYMES

En las empresas, el desafío principal del gerente es el de dirigir los esfuerzos de todos hacia los objetivos de la organización. Uno de las actividades más importante de la dirección consiste en planificar –esto significa establecer los objetivos de la organización– y controlar, que es comparar los resultados que se van alcanzando con los objetivos que se habían establecido.
En las micropymes no es común encontrar empresas que lleven a cabo en su gestión las funciones de planificación y el control de gestión. Este proceso se divide en fases que llevan a la integración de todas las áreas de la empresa, y esas fases son:
-definición de los objetivos y las metas generales de la organización;
-desarrollo del plan estratégico a corto y a largo plazo con responsabilidades asignadas por área de la empresa;
-elaboración de un sistema de reportes y desarrollo del procedimiento de seguimiento y control.
La ejecución de la planificación y el control de gestión permite a las pymes llevar adelante la toma de decisiones estratégicas, de esta manera se da lugar al desarrollo de los circuitos de comunicación, a los sistemas necesarios de información, a las relaciones entre las áreas de la empresa, y se ayuda a las personas a identificar sus alcances como también a la formación de equipos.
En función a lo anterior, planificar y controlar es trabajar el modelo PEF de forma global e integrada con todas las áreas funcionales de la empresa, como también los objetivos e indicadores para llevar a cabo una adecuada gestión de la misma. ¿Por qué son tan importantes la planificación y el control de gestión? Muchas veces las pymes creen tener objetivos definidos y la mayoría dicen que quieren ganar dinero, crecer, tener mayor rentabilidad. Generalmente, no se han puesto a pensar qué quieren conseguir, no fijan objetivos concretos y cuantificados. Y por lo tanto no planifican.
Pero entonces, ¿qué sucede con una empresa que no planifica o que lo hace sin prestarle la debida atención? Cuando no hay planificación, quienes están a cargo de la dirección de la empresa, se comportan de forma reactiva y a veces hasta errática; esto quiere decir, que van tomando decisiones a medida que los problemas o necesidades de gestión van apareciendo. Al no planificar o ser “proactivos”, las empresas actúan únicamente en la medida en que haya cosas que resolver, y por lo general se comienza a gestionar de manera intuitiva, sin información. El problema es que, al actuar sin un plan se está dejando que la organización vaya sin rumbo, y al momento de generarse un imprevisto, este se convierte en un serio problema.

4. EL INGENIERO INDUSTRIAL EN LA GESTIÓN DE LAS PYMES.

El ingeniero industrial en una organización utiliza conceptos, técnicas, metodologías y herramientas de la especialidad, agrupadas con diferentes denominaciones: como gestión de operaciones u otras, aplicadas sobre sistemas de actividad humana, sean empresariales o sociales, a los que diseña, dirige y/o gestiona y sobre los que toma decisiones orientadas a resolver problemas y obtener

resultados.
El ingeniero industrial, en su rol de gestionar para poder resolver problemas y tomar decisiones puede articular los medios necesarios, junto a otros profesionales – como ser en ciencias económicas- para que los asista en confeccionar las herramientas para que éstas luego sean útiles para la gestión de la organización y tomar decisiones. La metodología propuesta es otra herramienta más para poder gestionar con números.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Estados contables básicos

Se habla mucho sobre las tomas de decisiones a partir de información histórica (registros de contabilidad) y el impacto que esta información puede causar en forma positiva o negativa para la entidad comercial o financiera, todo dependerá de un buen manejo de conocimientos contables en políticas, registros y normas para generar dicha información.
Tener un excelente control de la información que fluye en todos los niveles de la empresa es de vital importancia, para conocer la situación financiera de la empresa de manera oportuna, razonable y fiable.
Los estados financieros constituyen la base central de todas las empresas para la toma de decisiones, ya que allí se muestra los resultados obtenidos, la gestión de los accionistas y cada una de las decisiones tomadas con los recursos de la empresa para generar efectivo necesario para toma de decisiones en un futuro. Por eso es de vital importancia que tanto la persona encargada de presentar la información financiera tenga conocimiento contable y la capacidad de análisis e interpretación.
Los siguientes cuadros enmarca conceptos para comprender el Estado de Situación Patrimonial de la empresa

Tabla1. Conceptos teóricos del Estado de Situación Patrimonial.

Activos	Total de recursos de que dispone la empresa para llegar a cobrar sus operaciones; representa todos los bienes y derechos que son propiedad del negocio y elementos patrimoniales que signifiquen bienes y derechos de cobro de la empresa. Es decir, lo que la organización posee y lo que le deben
Pasivos	En contabilidad se denomina así al total de deudas y obligaciones contraídas por la empresa, a cargo del negocio. Se refiere a lo que la empresa debe (a sus proveedores, colaboradores, organizaciones gubernamentales, bancos, etc)
Patrimonio Neto	El patrimonio neto muestra cuánto ha recibido la empresa de los socios/ dueños, cuánto ha obtenido de utilidad neta para ellos como propietarios que se les debe. Proviene de las reservas de la empresa, de los beneficios ganados, así como de las aportaciones de sus socios.
A=P+PN	El control para saber si no quedó nada sin registrares que el activo sea igual a la suma del pasivo y el patrimonio neto. El total del activo de la empresa fue financiado por terceros (pasivos) o por sus dueños (patrimonio neto)
Exigibilidad -corriente o no corriente-	Como norma general se toma como corriente un ejercicio anual; no obstante, esto no tiene que ser necesariamente así y muchas veces es conveniente hacerlo más seguido; esto con el fin de poder tener más claro el estado financiero de la empresa. Mientras que no corriente hace referencia a los períodos que exceden lo corriente. Depende de cada empresa.
Activos corrientes y no corrientes	Es el conjunto de bienes de propiedad de la empresa, derechos a cobrar y las partidas que se pueden imputar contra ingresos atribuible a un período futuro. Se clasifican de acuerdo a su grado de liquidez.
Disponibilidad, Caja y Bancos	Es un activo, formado por el saldo final de la caja y bancos
Inversiones	Es un activo formado por el saldo al cierre de inversiones realizados (plazo fijo, fondos de inversión, etc)
Créditos por venta	Es un activo formado por los saldos de las cuentas corrientes con los clientes. Es decir, lo que se vendió, pero aún no se cobró.
Bienes de cambio	Es un activo formado por la valoración del stock final al cierre del período
Bienes de Uso	Es un activo formado por las valoraciones de los bienes que posee

	la empresa, neto de amortizaciones acumuladas. Edificios, Rodados, Maquinarias, Muebles y útiles

Tabla 2. Conceptos teóricos del Estado de Situación Patrimonial.

Pasivo corriente y no corriente	Es el conjunto de obligaciones a pagar de la empresa. Se clasifican según su grado de exigibilidad
Deudas comerciales	Es un pasivo formado por el saldo de las cuentas corrientes con los proveedores. Es decir, lo que se compró y no se abonó aún,
Deudas sociales	Es un pasivo formado por las deudas pendientes con los colaboradores (salario, aguinaldo, cargas sociales)
Deudas fiscales	Es un pasivo que incluye todas las deudas impositivas
Préstamos o deudas no comerciales	Es un pasivo que conforman los préstamos solicitados para la financiación de una empresa (financiar bienes o cancelar deudas)
Indicador de liquidez	Se utilizan para determinar la capacidad que tiene una empresa para enfrentar las obligaciones contraídas a corto plazo. Cuanto más elevado es el indicador de liquidez, mayor es la posibilidad de que la empresa consiga cancelar las deudas a corto plazo.
Ratios de endeudamiento	Ratio que indica lo apalancada que está la empresa, mediante financiación ajena – tanto a largo como a corto plazo-. En este sentido lo ideal es que el grupo de la financiación se encuentre a largo plazo, pudiéndose dar el caso de que el pasivo no corriente iguale en cuantía al patrimonio neto con lo que el ratio de endeudamiento de la empresa se sitúa en 1. Por otra parte, lo ideal es que el pasivo corriente se encuentre por debajo del 50% del patrimonio neto, con lo que el ratio de endeudamiento a corto plazo se sitúe por debajo del 0.5
Costo de oportunidad	Saber cuanto vale la empresa (a valor de liquidación) pone un objetivo anual de rentabilidad, el mismo puede compararse contra la tasa libre de riesgo o de riesgos similares o simplemente como para saber cuánto fue año contra año.

En la tabla 3 se pueden encontrar conceptos económicos que se desprenden del Estado de Resultados de una empresa.

Tabla 3. Conceptos teóricos del Estado de Resultados.

Total de Ventas	Primer dato de cualquier estado de resultados. Las ventas realizadas en el período. Todas van sin IVA
Total de Costos	Son todos los costos que varían en relación directa a las ventas (materia prima, mano de obra, etc). Cuánto le costó a la empresa lo que vendió. Se registran en el momento de la venta
Utilidad/Margen Bruto	Surge de la diferencia entre las ventas y los costos variables directos, no es ganancia
Margen Bruto	En % y surge de dividir los costos sobre las ventas, Es el primer Utilidad /Margen que arroja el Estado de Resultados
Gastos Operativos	Son los gastos involucrados directamente en los gastos de funcionamiento de la empresa
Utilidad Operativa EBITDA	Es lo que queda después de descontar a las ventas los costos y los gastos de operación, es la segunda utilidad/margen que arroja el estado de resultados
Margen Operativo	Reflejado en % indica que de cada peso vendido podés llevarte esa parte notar la gran diferencia respecto del bruto
Deprecionaciones/ Amortización	Refleja el desgaste que sufren los bienes de uso. Pérdida económica para la empresa que debe reflejarse
Utilidad antes de intereses e impuestos EBIT	Es la tercera utilidad que muestra el Estado de Resultados y muestra el margen antes de considerar los intereses e impuestos
Punto de equilibrio	Cuánto hay que facturar para no ganar ni perder
Resultados Financieros	Son los intereses generados por activos o por pasivo
Utilidad antes de impuestos	Es la cuarta utilidad antes de los impuestos
Utilidad Neta	Esla última utilidad Esta refleja la ganancia /pérdida que le queda a los dueños de la empresa. Disminuye o aumenta el patrimonio neto
Punto de equilibrio financiero	Indica cuánto deben ser los ingresos para cubrir los egresos
Punto de equilibrio económico	Indica cuántas unidades hay que producir y vender para cubrir los

	costos fijos

Tabla 4. Conceptos Financieros

Saldo inicial de caja	Es el monto a un momento determinado con el que se inicia. Compuesto por el efectivo y los saldos de los bancos.
Ingresos	Compuesto por las cobranzas a los clientes, cobro de intereses y adquisiciones de fondos por nuevos emprendimientos
Egresos	Compuesto por los pagos vinculados a los gastos operativos, ya sean productivos, comerciales o administrativos. Los pagos vinculados o adquisición de mercadería o insumos materiales para fabricar los bienes de cambio. Las salidos de fondos por pago de préstamos Los pagos generados por compra de bienes de uso, Las afectaciones de fondos a actividades de inversión
Flujo de fondos	Resultado de la diferencia entre ingresos y egresos
Saldo final de caja	Saldo inicial de caja +/- el Flujo de Fondos
Presupuesto Financiero Base	Es la primera versión de la proyección financiera
Presupuesto Financiero Operativo	El Presupuesto Financiero de Base ajustado por la elección de diferentes cursos de acción.

5.2. El Cuadro de Mando Integral

Es una herramienta muy útil para la dirección de empresas en el corto y en el largo plazo. En primer lugar, porque al combinar indicadores financieros y no financieros permite adelantar tendencias y realizar una política estratégica proactiva. En segundo lugar, porque ofrece un método estructurado para seleccionar los indicadores guía que implica a la dirección de la empresa.

El cuadro de mando integral ofrece un método más estructurado de selección de indicadores y esto le concede más versatilidad dentro de la gestión de la empresa.

Los indicadores financieros son instrumentos limitados porque sólo explican lo que ha pasado y, por tanto, sólo permiten una gestión reactiva en lugar de una proactiva. Para poder gestionar por delante de la información financiera, los directivos necesitan algo más que indicadores financieros. Necesitan indicadores no financieros que, además, adelanten lo que más tarde reflejan los indicadores financieros. Requiere, en primer lugar, que los directivos analicen el mercado y la estrategia para construir un modelo de negocio que refleje las interrelaciones entre los diferentes componentes del negocio. Una vez que lo han construido, los directivos utilizan este modelo como mapa para seleccionar los indicadores del mismo.

La creación de valor que se mide con indicadores financieros es el resultado del diseño y ejecución de

una estrategia. A veces se piensa que un cuadro de mando integral se caracteriza por las cuatro perspectivas: financiera, de clientes, interna y de aprendizaje y crecimiento – Figura 1-. Y si no están estas cuatro perspectivas, entonces no es un cuadro de mando integral. Estas perspectivas son las más comunes, porque son aplicables en un gran número de empresas para organizar el modelo de negocio y estructurar los indicadores y la información. Pero no constituyen una condición necesaria para tenerlo. La perspectiva financiera incorpora la visión de los accionistas y mide la creación de valor de la empresa. Responde a la pregunta: ¿Qué indicadores tienen que ir bien para que los esfuerzos de la empresa realmente se transformen en valor? Esta perspectiva valora uno de los objetivos más relevantes de organizaciones con ánimo de lucro, que es, precisamente, crear valor para la sociedad.

La perspectiva del cliente refleja el posicionamiento de la empresa en el mercado o, más concretamente, en los segmentos de mercado donde quiere competir. Por ejemplo, si una empresa sigue una estrategia de costes es muy posible que la clave de su éxito dependa de una cuota de mercado alta y unos precios más bajos que la competencia. Dos indicadores que reflejan este posicionamiento son la cuota de mercado y un índice que compare los precios de la empresa con los de la competencia. La perspectiva interna recoge indicadores de procesos internos que son críticos para el posicionamiento en el mercado y para llevar la estrategia a buen puerto. La última perspectiva en este modelo es la de aprendizaje y crecimiento. Para cualquier estrategia, los recursos materiales y las personas son la clave del éxito. Pero sin un modelo de negocio apropiado, muchas veces es difícil apreciar la importancia de invertir, y en épocas de crisis lo primero que se recorta es precisamente la fuente primaria de creación de valor: se recortan inversiones en la mejora y el desarrollo de los recursos. Pese a que estas cuatro son las perspectivas más genéricas, no son obligatorias.

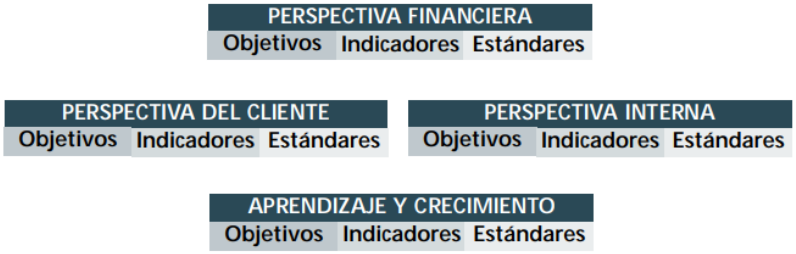


Figura 1. Perspectivas del Cuadro de Mando Integral. Fuente: CMI cuadro de mando integral. Dávila Antonio.

6. METODOLOGÍA MODELO PEF- PATRIMONIAL, ECONÓMICO Y FINANCIERO-.

Para comenzar a utilizar y trabajar en las pequeñas empresas, se propone:
-Analizar la situación del área de administración – si la tiene-. Datos, informes, responsables/ equipos. Se debe conocer las áreas, el organigrama de la empresa- o confeccionar uno-, responsables de áreas, responsabilidades que tienen, las tareas asignadas, sus procesos de trabajo, clima laboral, perfil del puesto. Conocer el recurso humano con que cuenta la empresa para trabajar +estas herramientas.
-Alinear expectativas, establecer prioridades con los colaboradores del área de administración. El personal debe estar alineado en cuanto a las actividades y tareas que realiza, conocer la finalidad, qué aporta con el trabajo que está realizando, el objetivo y una mirada sistémica de la empresa. Para lo cual se deberá llevar adelante un listado de las tareas y responsabilidades que tienen, definir su puesto y determinar sus fortalezas y debilidades.
-Comprender y dimensionar la complejidad de actividades en el armado de informes. Comprender la forma de ingreso y manejo de datos; si utilizan algún sistema de gestión estandarizado o a medida, de qué información disponen y trabajan.
-Relevar necesidades de formación y herramientas.
-Diseñar informes con datos actuales. Armado de herramientas para desarrollo de cada informe.
-Preparar un modelo de Estado de Resultados con las variables que se adecuen a la actividad y empresa que la utilice. Éste debe ser confeccionado para que la empresa lo complete mensualmente y expresado a valores de la fecha. Con algunos conceptos agregados como la determinación del punto de equilibrio y el cumplimiento empresario.
-El Estado de Situación Patrimonial, el cual debe ser llevado mensual o trimestralmente -con sus anexos actualizados a la fecha-.
-La Caja diaria, donde se podrá realizar una proyección de corto plazo para saber sus cobros y obligaciones de pagos.
-En caso de detectar falta de capacitación del personal, brindar cursos para unificar conceptos financieros y contables de uso de las herramientas.
-Definir responsables del armado de las herramientas. Carga de datos. Actualización.
-Determinar responsable de la confección de las herramientas y armado de informes.
-Análisis de viabilidad de un tablero con la información que cada PyMEs necesite de cada herramienta. En este paso se realiza con los mismos pasos de la confección de un tablero; donde se fijan objetivos, necesidades, indicador, responsables, entre otros.
-Desarrollo e implementación de tablero.
-Seguimiento y control.

6.1. Objetivo de aplicar la metodología

El objetivo de la metodología PEF es controlar con información objetiva la gestión integral del negocio.
Para cumplir con el objetivo, se debe llevar adelante una serie de pasos, a saber:
- Revisión de Fuentes de Datos
- Validación de Uso del / los sistemas de gestión
- Generar hábitos de armado de información
- Revisión de información actual vs proyectada
- Alineamiento de información por área, transversal a la empresa
- Control de informes ejecutivos para presentación en directorio
- Establecer políticas y procesos que generen la interacción adecuada entre áreas

Estos primeros pasos permiten alinear el funcionamiento de las PyMEs y poder aplicar las herramientas para completarlas en función a la correcta fuente de información.

6.2. Informes a implementar

- Económico
- Financiero
- Patrimonial

6.2.1 La Óptica Patrimonial

La letra P -patrimonial- el foco está en saber cuánto vale la empresa, cuanto gana año a año, el riesgo asumido, el costo de oportunidad, el capital de trabajo necesario, dónde se encuentra invertido su dinero. También es una herramienta muy valiosa para la toma de decisiones de inversión y para trabajar en el directorio, como una base objetiva para medirse.
Lo que en contabilidad se llama Estado de Situación Patrimonial. La misma va a permitir conocer en detalle los Activos, los Pasivos y el Patrimonio Neto de la empresa. Refleja la situación Económica y Financiera de una empresa en un momento determinado.
Pasos para el armado del ESP:
1. Identifica los Activos Corrientes. En esta categoría entran las siguientes cuentas: caja y bancos, cuentas por cobrar, inventarios.
2. Identifica los Activos Fijos. En esta categoría entran las siguientes cuentas: maquinaria y equipo, mobiliario y equipo de oficina, edificios, terrenos.
3. Identifica los Pasivos corrientes. Acá entran las obligaciones y deudas con las que cuenta la empresa: obligaciones bancarias, cuentas por pagar a proveedores, anticipos de clientes, cuentas por pagar a acreedores, impuestos por pagar
4. Identifica los Pasivos fijos. Son las obligaciones que tienen una exigibilidad mayor a un año, como son: créditos bancarios, documentos por pagar.
5. Identificar la Cuenta de Capital, los recursos que los accionistas han invertido en la empresa.
6. Verificar que la suma de Pasivo + Capital sea igual al monto total de Activos. Esta operación debe dar un resultado de igualdad, es la prueba de que el balance está correctamente realizado y se está respetando la ecuación de contabilidad.
La ventaja de esta herramienta es que permite cuantificar el valor de la empresa, así como la obtención de muchos indicadores de liquidez, endeudamiento, rentabilidad, etc.
Y la desventaja es que la información es estática. No refleja los movimientos del periodo en análisis. Este estado, la empresa debe actualizarlo en forma mensual o trimestral para poder determinar dónde tiene invertido su dinero y cuál es su estructura de financiamiento y obtener indicadores.

6.2.2 La óptica Económica.

La E -económica- dice si se está ganando dinero operativamente, la rentabilidad por unidad de negocios, el margen de contribución, el impacto del incremento de estructura sobre cada unidad de negocios, el punto de equilibrio, el impacto de variables como el tipo de cambio, inflación, etc. Es una herramienta de gestión cotidiana y sirve como indicador para tomar decisiones a tiempo, y en lo corriente, ayuda a ver el impacto de un aumento de precios.
La herramienta se debe confeccionar una vez al mes. Es conocida como Estado de Resultados o también Estado de Ganancias y Pérdidas. Sirve para conocer la utilidad obtenida por la empresa durante un período y cómo lo hizo. Se basa en el principio de lo devengado y permite saber si la empresa gana o pierde. Se puede:
•Evaluar la rentabilidad y capacidad de generar utilidades.
•Medir el desempeño de la empresa, cuánto estás invirtiendo por cada peso que estás ganando.
•Obtener mejor conocimiento para determinar la repartición de los dividendos.
•Estimar los flujos de efectivo para poder realizar proyecciones de las ventas.
•Identificar en qué parte del proceso se están consumiendo más recursos económicos
Se convierte en un elemento de apoyo a la gestión, al brindar información de valor para la toma de decisiones y la planeación estratégica.
Uno de los aspectos más valiosos del análisis económico es la determinación del punto de equilibrio de la empresa, es saber cuánto hay que facturar en función de la rentabilidad para que la empresa cubra su estructura. Permitirá analizar decisiones de incremento de estructura o aumentos de costos, visualizar el nuevo punto de equilibrio, y ver si comercialmente es viable o no.
Ventajas: Permite obtener distintas utilidades donde cada una muestra algo diferente. Muestra si la empresa es rentable o no y donde podemos encontrar oportunidades de mejora.
Desventajas: Una mala interpretación puede llevar a tomar decisiones equivocadas.

La herramienta interna con periodicidad mensual, permite saber si el negocio es viable en términos económicos, evaluar la rentabilidad y capacidad de generar utilidades, medir el desempeño de la empresa en cuanto a si está vendiendo y qué cantidad, determina el punto de equilibrio operativo, económico y financiero, estimar los flujos de efectivo para poder realizar proyecciones en las ventas. Sobre las ventas se pueden preguntar sobre cuántos son los rubros que más se vendieron, cuál es el stock ideal, cuál es el rubro con mejor margen, qué artículos se venden más, el margen de cada unidad de negocios, alcanzar el punto de equilibrio todos los meses, y saber cuál fue la utilidad neta mensual.

6.2.3 La óptica Financiera

Finalmente, la F-financiera- donde se enfoca en poder proyectar los movimientos de dinero entre ingresos y egresos y con esto poder anticiparse a los problemas; y así lograr ser buenos en la administración financiera, reconociendo la oportunidad de ganar dinero adicional con la colocación de los excedentes en las distintas alternativas de inversión.

Si se tuviera que poner un orden entre las 3 letras, se pensaría que primero hay que trabajar lo financiero, seguido de lo económico y por último lo patrimonial –no por importancia, sino por urgencia-

Ser prolijo con los números es fundamental y paradójicamente suele ser una de las grandes debilidades de las PyMEs.

En esta faceta lo que importa es cuánto dinero entra y sale de la empresa todos los días y a la vez, hacer una proyección a mediano plazo.

Denominado también Cash Flow, muestra el flujo de fondos (ingresos y egresos) a través de los movimientos de caja. Sirve para proyectar los flujos de caja y así determinar las necesidades de crédito / inversión para lograr el equilibrio entre ambas. Se rige por el principio de lo realizado, lo que cobré y pagué.

Tener problemas financieros no significa que tengan problemas económicos; aunque si tienen muchos problemas financieros tendrán con seguridad muchos problemas económicos, ya que el costo de no poder cubrir con ingresos genuinos los egresos, es de por sí muy alto.

Un error muy común es pensar en planificación financiera solo cuando se enfrentan situaciones críticas. Toda empresa ordenada debe planificar financieramente y así evitar el estrés financiero.

Es un documento que refleja la acumulación de activos líquidos en un tiempo determinado; sirve como un indicador de la liquidez de la empresa, es decir de su capacidad de generar efectivo. Ayuda a:

•Estar informados de nuestra liquidez en todo momento.
•Evaluar la capacidad de la empresa para generar flujos de efectivo positivos.
•Evaluar la capacidad de la empresa para cumplir con obligaciones adquiridas.
•Facilitar la determinación de necesidades de financiación.
•Facilitar la gestión interna del control presupuestario del efectivo de la empresa

En la herramienta se puede definir un semáforo financiero que consiste en clasificar los ingresos y egresos en colores al igual que un semáforo y que sirvan para la gestión financiera en el día a día.

Así, las cuentas que se clasifican como:

-Verdes significan, del lado de los ingresos, que tienen baja probabilidad de ingreso real y del lado de los egresos, que pueden moverse en caso de ver que no se va a contar con los recursos necesarios.

-Amarillos son posibilidades intermedias de cobro y ya no deberían ser movidos de fecha desde la óptica de los pagos.

-Rojos significan que se cobran sí o sí, y si es un egreso se paga sí o sí.

Para las empresas pequeñas, el reto es sumamente grande: la competencia y el mercado exigen toma de decisiones cada vez más ágiles y efectivas, principalmente porque los recursos económicos que se tiene son limitados. Por lo tanto, llevar de manera correcta el semáforo financiero permitirá planificar y trabajar de manera efectiva la gestión financiera y alcanzar mejores resultados en acciones como:

- lograr estrategias que contribuyan a la generación de valor para la empresa;
- buscar fuentes de financiamiento oportunas;
- orientar los recursos de la empresa de manera eficiente hacia los objetivos buscados;
- obtener información oportuna para la toma de decisiones;
- establecer políticas financieras para cuando la empresa tenga superávit o déficit financiero (políticas de colocaciones y préstamos).

Ventajas: Indica con anticipación los excedentes o faltantes de fondos. Esla herramienta más idónea

para el control permanente de la posición de efectivo. Permite una utilización más eficiente de las disponibilidades. Y la desventaja es que exige una dedicación diaria.
Por lo que el modelo PEF establece que los números de la empresa deben ser analizados desde tres ángulos; ninguno de ellos es más importante que el otro, y todos deben ser controlados para estar en equilibrio ya que están íntegramente relacionados. Ayuda a sintetizar la información importante para la toma de decisiones y dominio de los números. Con las mismas herramientas contables y con tableros, la PyME pode utilizarlas para tomar decisiones de corto y mediano plazo con información diaria, mensual y hasta trimestral.

6.2.4 Análisis horizontal y vertical

Cuando se puede comenzar a implementar las herramientas, se puede realizar un análisis vertical de las variables, que permite comparar un rubro específico con respecto al total al que pertenece. Muestra la asignación de recursos a los distintos rubros y detecta las variaciones de los rubros entre períodos analizando las causas de las mismas. Se aplica tanto para el Estado de Situación Patrimonial como al Estado de Resultados. ¿Cómo se hace?: En el Estado de Situación Patrimonial, el total del activo de cada año es 100% al igual que el total de pasivo y capital. Se calcula el porcentaje que representa cada rubro con respecto al total que pertenecen dividendo el monto de la partida entre el total del activo o del pasivo y del capital. En el caso del Estado de Resultados, las ventas de cada año se consideran como 100% y a partir de ahí, a todas las demás partidas se les calcula el porcentaje dividiendo su monto entre el total de ventas en el periodo.
El análisis horizontal permite ver la evolución de cada rubro a través del tiempo en términos porcentuales. ¿Cómo se hace?: Se toma un año base como referencia al cual se le asigna 100% y a partir de allí, se calculan los aumentos o disminuciones que haya sufrido cada una de las partidas del estado de resultados y del estado de situación financiera en el tiempo.
Los análisis horizontal y vertical forman parte de los gráficos en el tablero que se presentan a la dirección de la PyME.

6.2.5 Indicadores

Existen diversos atributos o características que debe tener un indicador de gestión; pero lo importante de cada indicador es que cumpla con ciertos requisitos que son comunes para la gestión de los negocios en todos los rubros:
- Simples y útiles: los indicadores deben ser entendidos desde el nombre hasta su fórmula de cálculo y los recursos que se requieren en la medición.
- Objetivos y medibles: tienen que expresar la realidad tal cual es de manera mesurable. Medir lo que de verdad importa medir.
- Oportunos y verificables: deben posibilitar la recolección de información a tiempo para que una vez analizada la misma, haya tiempo para tomar decisiones

El diseño, construcción e implementación de un indicador es parte de la planificación. Es por ello que se lo debe dividir en pasos o fases para adaptarlos al negocio.
Si bien cada empresa define y establece los indicadores de su gestión de acuerdo a la actividad que desarrolla se entiende que para construir un indicador es necesario recordar que la información que brinda debe ser útil y aportar valor. Es por ello que antes de establecerlos se debe responder ciertas preguntas:
- ¿Qué se quiere medir del negocio?
- ¿Por qué se va a hacer?
- ¿Quién o quiénes lo llevaran a cabo?
- ¿Cómo lo van a hacer?
- ¿Cuándo o en qué momento del mes lo van a hacer?
- ¿A quién se debe presentar?

El método utiliza los indicadores para conformar el tablero y mostrar los resultados, variables, información y hacer un diagnóstico de la situación económica financiera.

7. CONCLUSIONES.

Dentro de las problemáticas que tienen las Pymes se encuentra la planificación, la falta de orden en su información económica financiera, falta de control, acceso al financiamiento, falta de profesionalización e ineficiente gestión; por lo que la metodología viene a trabajar con números y con herramientas económicas financieras conocidas para tomar decisiones oportunas de corto, mediano y largo plazo.

Se debe entender cómo trabaja la empresa, qué información utiliza, sus herramientas de procesamiento de datos, su estructura organizacional, y enfocarse en el área administrativa para implementar estas herramientas contables y financieras.
Se lleva adelante los tres estados – económico, financiero y patrimonial - en períodos mensuales y diarios, todo a valor de reposición a la fecha de análisis y se determinan ratios para confeccionar un tablero.
Con la letra P-patrimonial-, pone el foco en saber cuánto vale la empresa, cuánto gana año a año, el riesgo asumido, el costo de oportunidad, el capital de trabajo necesario, etc. También es una herramienta muy valiosa para la toma de decisiones de inversión y para trabajar en el directorio, como una base objetiva para medirse. Se puede llevar adelante en forma mensual o trimestral.
La E-económica- muestra si se está ganando dinero operativamente, la rentabilidad por unidad de negocios, el margen de contribución, el impacto del incremento de estructura sobre cada unidad de negocios, el punto de equilibrio, el impacto de variables como el tipo de cambio, inflación, etc. Es una herramienta de gestión cotidiana y sirve como indicador para tomar decisiones a tiempo, y en lo corriente, ayuda a ver el impacto de un aumento de precios, los costos, gastos de estructura.
Finalmente, la F-financiera- se enfoca en poder proyectar los movimientos de dinero entre ingresos y egresos y con esto poder anticiparse a los problemas; y si se logra ser buenos en la administración financiera, hasta se podría ganar dinero adicional con la colocación de los excedentes en las distintas alternativas de inversión.
Ser prolijo con los números es fundamental para gestionar y paradójicamente suele ser una de las grandes debilidades de las PyMEs. Por lo que el modelo establece que los números de la empresa deben ser analizados desde tres ángulos; ninguno de ellos es más importante que el otro, y todos deben ser controlados para estar en equilibrio ya que están íntegramente relacionados. Con lo analizado, mostrarlo con indicadores y gráficos.
El modelo fue diseñado como respuesta a la necesidad de encontrar una metodología que asista a aquellas pequeñas empresas que no presentan informes contables y financieros a terceros o a las que realizan estados contables confeccionados y presentados anualmente a terceros.
Utiliza herramientas conocidas como estados contables, financieros y tableros, pero llevados en forma mensual o diaria y sintetiza información interna importante para la toma de decisiones y dominio de los números.

8. REFERENCIA

Acevedo Borrego Adolfo Oswaldo, L. B. (2012). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y desicion en el mundo de las organizaciones. *Universidad Nacional Mayor de San Marco Lima, Perú*, 9-24.

Acs Zoltan, D. A. (1998). *Desarrollo y Gestión de Pymes: aportes para un debate necesario.* Universidad Nacional de Sarmiento.

Andriani Carlos S, R. B. (2003). *Un nuevo sistema de gestión para lograr PYMES de clase mundial.* grupo Editorial Norma.

Antonio, D. (1999). Nuevas herramientas de control cuadro de mando integral. *Revista de Antiguos Alumnos IESE35*.

Beker, F. M. (1993). Economía Principios y Aplicaciones. Mc Graw Hill Cuarta edición.

Buono, F. (2021). *ADN Financiero ModeloPEF Herramienta para cmprender y gestionar los números de tu empresa.* EditorialSet.

David Audretche, F. B. (1998). *Desarrollo y Gestión de PYMES: aporte para un debate necesario.* Universidad Naciona de General Sarmiento.

Dumrauf, G. (2003). *Finanzas Corporativas.* Alfaomega.

Fowler Newton, E. (1992). *Contabilidad básica. .* 2da Edición, Editorial La Lay.

Jonatan, L. (2019). *ADN PYME . Clave para darle vida y mejorar tu pyme.* EditorialSet.

(2014). *Observatorio Pyme Gestión de Pymes.* Universidad Nacional del Sur.

Ricardo, B. (2003). *Presupuesto y Control de Gestión para PYMES. Un juego de herramientas para emprendedores.* Errepar.

Sapetnitzky, C. E. (2003). *Administración Financiera de las Organizaciones.* Macchi.

ANÁLISIS DE DECISIONES ESTRATÉGICAS EN DISTINTOS ESCENARIOS POSIBLES

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

***Pedro.tolon@gmail.com*,**

RESUMEN

El objetivo de este artículo es exponer una metodología de Toma de Decisiones para analizar un caso de la posible alianza estratégica entre dos instituciones y el proceso para determinar el riesgo considerado en la decisión final.
El pensamiento crítico estructurado aplicado a la Toma de Decisiones se basa en definir claramente un objetivo y los criterios obligatorios y deseables que permitan desarrollar alternativas y finalmente seleccionar aquella que, cumpliendo con los criterios obligatorios, presenta la mejor ponderación relativa.
Sin embargo, se deberán analizar las consecuencias adversas de la decisión final, ante distintos escenarios posibles.
Para analizar el caso se aplicará la metodología de Análisis de Decisiones desarrollada por Kepner y Tregoe en 1960 y un modelo de análisis dinámico de escenarios, , Modelo ADNE, desarrollado por el autor de este artículo en 2016

PALABRAS CLAVE: Toma de Decisión. Criterios obligatorios y deseables, Análisis Dinámico de Negocios y Escenarios. (ADNE)

ABSTRACT

The objective of this article is to expose a Decision Making methodology to analyze a case of a possible strategic alliance between two institutions and the process to determine the risk considered in the final decision.
Structured critical thinking applied to Decision Making is based on clearly defining an Objective and the mandatory and desirable criteria that allow developing alternatives and finally selecting the one that, fulfilling the mandatory criteria, presents the best relative weighting.
However, the adverse consquences of the final decision should be analyzed in different possible Scenarios.
To analyze the case, the Decision Analysis methodology developed by Kepner and Tregoe and a dynamic Scenario analysis model will be applied. ADNE model.

KEY WORDS: Decision Making. Mandatory and desirable criteria. Scenario analysis. ADNE model.

1. INTRODUCCIÓN

Las alternativas posibles serán analizadas con el modelo de Análisis Dinámico de Negocios y Escenarios (ADNE), en por lo menos dos escenarios, uno optimista y otro pesimista.

2. DESARROLLO

2.1 Síntesis de la metodología de Toma de Decisiones PS/DM© [*2*]

Esta metodología para la Toma de Decisiones, desarrollada por Kepner y Tregoe en 1960 [3] permite el análisis con multicriterios y se basa en 10 etapas:

1. Definir cuál es el propósito que quiere lograrse con la decisión que se tome.
2. Definir cuáles son los criterios con respecto a recursos o resultados que el decisor debe considerar antes de desarrollar cualquier alternativa.
3. Seleccionar, entre esos criterios, cuales serán de tipo obligatorio. El enunciado de estos criterios es de tipo categórico (se admite o no cierta característica) o expresado como magnitudes comparables y acotadas. Estos criterios siempre excluirán las alternativas posibles que no cumplan con el enunciado categórico o por estar fuera de los límites fijados para las magnitudes definidas en los recursos o resultados a lograr.
4. Seleccionar los criterios de tipo deseable. El enunciado de estos criterios no son de tipo categórico, y se expresan como magnitudes comparables, generalmente sujetas a búsqueda de valores óptimos. No excluyen alternativas posibles
5. Ponderar, dando un peso relativo de 1 a 10 (donde 10 indica la mejor calificación) a cada criterio deseable. Siempre según la visión del decisor.
6. Desarrollar cuales son las alternativas posibles y ver cuales pasan o no el filtro de criterios obligatorios.
7. Las alternativas que pasen serán valoradas por su grado de membrecía al cumplimiento de los criterios deseables fijados en el punto 5.
8. Evaluar cada alternativa, realizando al sumatoria de las ponderaciones de 5. Multiplicadas por la valoración de membrecía dada en 7.
9. Elegir la alternativa que presente el mayor valor de la sumatoria realizada en 8.
10. Finalmente, evaluar el riesgo de cada alternativa plausible (posible, factible y admisible) respecto de las potenciales consecuencias adversas que se consideren y considerar el balance del resultado de la etapa 9, con respecto a la etapa 10, desde el punto vista de la mayor o menor aversión al riesgo del decisor .

En la Figura 1 se expone el formato general de la metodología PS/DM (Análisis de Situación, Análisis de Causa, Análisis de Decisión y Análisis de Problemas Potenciales.). En este artículo se utilizará el Análisis de Decisión.

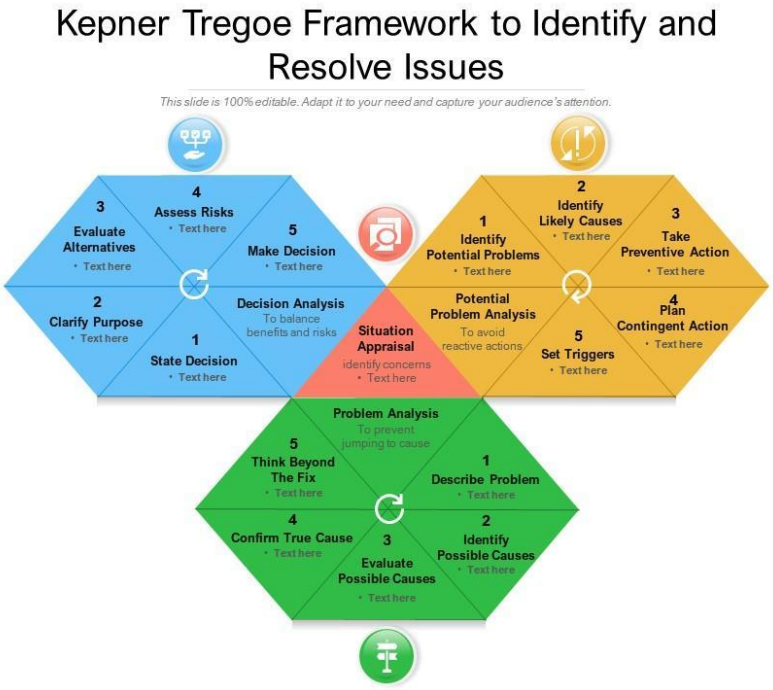


Figura 1. Metodología PS/DM © Kepner-Tregoe. ,1960 Fuente: Google

2.1.1 Síntesis de aplicación del método de Análisis de Decisión

En la Figura 2 se expone la síntesis de las etapas desde que se enuncia claramente el objetivo hasta que se elige la alternativa.

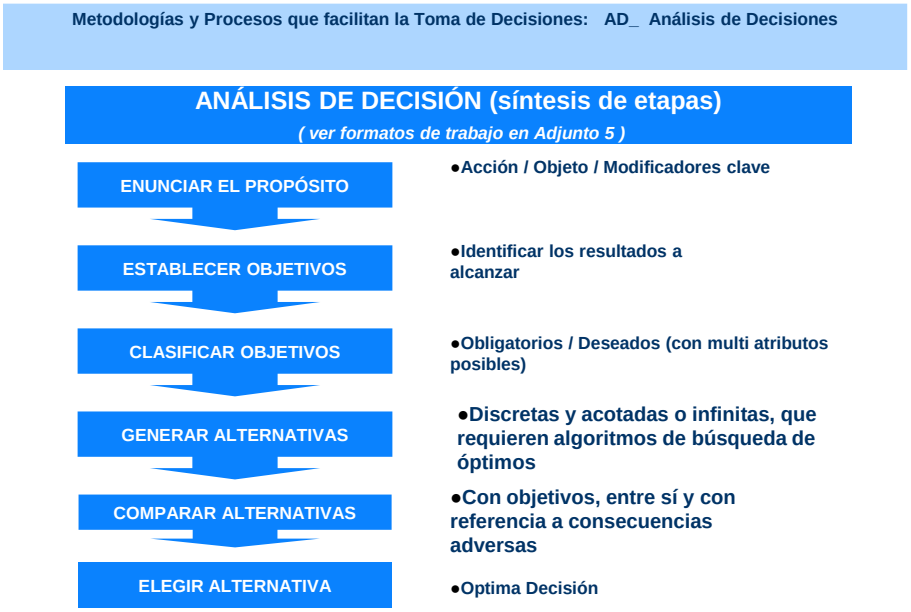


Figura 2. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe. Fuente: propia del Autor

En la Figura 3 se exponen los pasos de definición del Propósito de la Decisión, la lista de criterios obligatorios y deseables a considerar antes de desarrollar las alternativas posibles.

Formato típico para Proceso AD (Análisis de Decisión)	
1	**Propósito de la Decisión:**
	En este punto se debe definir con la mayor precisión cuál es el OBJETIVO de la Toma de Decisión
2	**Lista de criterios**
	Enunciar los criterios de cumplimiento OBLIGATORIO Y DESEABLE

		marcar con "X"	*marcar con "X"* (***)
		obligatorios	*deseables*
1			
2			
3			
…			
…			
10			

(***) Pes. Di := *Peso relativo que asignamos a un criterio deseable (entre 1 y 10 , en valores enteros)*

Figura 3. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe. Fuente: propia del Autor

En la Figura 4 se expone de que manera se analizan y evaluan las alternativas posibles

AD_Formato típico para proceso AD (F_AD_2)

3	Generación y Evaluación de Alternativas

Propósito de la Decisión:								
Objetivos			*Alternativas Al*					
			Generar y comparar Alternativas			Generar y comparar Alternativas		
			A.			---		
Oi	Obligatorios		Información	Pasa	No pasa	Información	Pasa	No pasa
O1								
…								
O								
Di	Deseab	Peso DI	Información	Pes.Di	Eval.Al	Información	Pes.Di	Eval.Al
					0			0
					0			0
			Total		0	Total		0

Figura 4. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe. Fuente: propia del Autor

En la Figura 5 se expone la forma en que se analizan las posibles consecuencias adversas que pueden presentar las alternativas mejor ponderadas, evaluando ante cada consecuencia adversa la gravedad G de que sucediera esa consecuencia adversa y la probabilidad a priori estimada de que suceda. El producto de esos dos factores determina el riesgo asociado a la elección de esa alternativa

4	Análisis de posibles Consecuencias Adversas		
	Identificar Y Evaluar riesgos		
Consecuencias Adversas Sobre cada Ai con mayor evaluación			
Si sucediera ……			
Entonces……..			
		(**)	*Pr*G*
	Información	**G**	Riesgo
Si... Entonces...			
Si... Entonces...			
Si... Entonces...			
Si... Entonces...			

El conjunto de Pr a Priori = [0 a 1) lo convertimos en el conjunto de Likert = [1 a 10] en valores enteros . Ejemplo , si Pr a priori es 0,4 --> 4 en escala Likert .

El valor asignable a G (gravedad o importancia de la consecuencia adversa, seràn valores enteros entre 1 y 10

Figura 5. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe. Fuente: propia del Autor

2.2 Síntesis del Modelo ADNE (Análisis Dinámico de Negocios y Escenarios) [7]

2.2.1: Construcción de Escenarios: Alexander Fink, 2016 [1] define 4 niveles de incertidumbre en la construcción de escenarios de negocios:

Nivel 1: El futuro es bastante previsible y se presume estabilidad en los variables exógenas que afectan a la organización.

Nivel 2: Existen dos o más variables de tipo aleatorio que afectan el futuro.

Nivel 3: Similar al anterior, pero con mayor complejidad de interacción y combinaciones posibles.

Nivel 4: Es el de la ambigüedad y la incertidumbre. Existe imprecision en la captación de la realidad, hay multiples variables aleatorias y su probabilidad de ocurrencia no es conocida ni estimada. En este contexto no es posible medir o estimar la probabilidad de ocurrencia de algunas de las posibles manifestaciones.

El modelo ADNE propone la construcción de escenarios posibles, en los niveles 2 y 3, analizando las Variables Fundamentales, (VF) *¨Fundamentals¨* de contexto general y bajando a las específicas (proceso ¨ Top Down¨) .

Las Variables VF son:

I. Variables Juridico /Politicas

II. Variables Sociales (Seguridad, Educación, Salud, Deuda Interna)

III. Variables Macroeconómicas (Balanza de Pagos, Inflación, Crecimiento PIB, Modernización de la Economía)

2.2.2: Metodología de ponderación de Escenarios posibles

Se aplica a un grupo de interés específico (Bancos, Empresas, otros), integrado por expertos a los que se pide:

a) Que den un peso relativo de interés a cada variable sobre el 100%.

b) Que reflexionen sobre la evolución posible de esas variables, en un horizonte de 12 períodos (trimestres), ponderando con escala Likert [-4, -2, 0, 2, 4] , en por lo menos dos escenarios, Pesimista y Optimista. ,

c) Luego, se analiza sobre cada Escenario valorado, el Posible Plan Estratégico a ejecutar, En las figuras 3 y 4 se ven ejemplos de Escenarios Optimista y Pesimista respectivamente, aplicados al caso FIC.Org , que es una Fundación existente estudiada por el autor de este artículo. El nombre es ficticio para proteger la confidencialidad.

3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIÓN A UN CASO

Uno de los casos en el que se aplicaron las metodologías descript as en 2.1 y 2.2 es el de una Fundación, FIC.Org. cuyo Consejo de Administración debía tomar una decisión Estratégica acerca de generar un Acuerdo Marco (AM) y Específico con otras instituciones locales o internacionales,

con el Propósito de fundar y desarrollar una Universidad UWA (Universidad Winsdom Argentina) enfocada a la formación de formadores en Desarrollo Organizacional.

3.1 Análisis del Caso FIC.Org.

FIC.Org es una fundación vigente localmente desde hace 10 años, con un estatuto y balances aprobados por la Inspección General de Justicia (IGJ) y la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP).

El Consejo de Administración (C de A) de FIC está evaluando un proyecto de crear y desarrollar la Universidad Winsdom Argentina (UWA) enfocada en la formación de formadores en la Gestión a nivel de Dirección y Mandos Medios , con base en la Gestión e Ingeniería del Conocimiento, integrando disciplinas de Ciencias Sociales , Económicas ,Ingeniería y Neurociencias , para brindar soluciones a problemas en contextos complejos .

En su última sesión, el Consejo de Administración de FIC.Org resolvió aplicar la metodología PAP-PS/DM para tomar decisión de qué alternativa plausible (posible, factible y admisible para FIC) es la mejor, entre tres que se han presentado como posibles, teniendo en cuenta dos escenarios: uno Pesimista y otro Optimista.

3.2 Análisis de Alternativas

Alternativa A: Desarrollar una alianza estratégica con una prestigiosa Fundación Internacional (KnowO)

Alternativa B: Aceptar la propuesta de acuerdo con la cámara local de importantes agroindustrias (AGRIND)

Alternativa C: Aceptar la propuesta de una compañía financiera radicada en Latinoamérica (PAMAN)

En la Figura 6 se explicita, en el punto 1, la forma en que se plantea el enunciado del Propósito Estratégico de la Organización, que responde a las preguntas clave de para qué y con qué criterios se define el Contrato Interno de Intereses sustentables a largo plazo.

En el punto 2, se definen los criterios de aceptación para evaluar y seleccionar alternativas factibles a mediano y largo plazo.

1	***Definir el Proposito de la Decisión de FIC***		
	Fundar y desarrollar la ***Universidad* Wisdom Argentina (UWA)** para formar formadores en Dirección Organizacional		
2	***Lista de criterios de FIC***	***Ob.***	***Des.***
1	*Acuerdo de los fundadores sobre valores y creencias en el Estatuto de FIC (Paradigma Referente)*	**X**	
2	*Acuerdo de los fundadores sobre código de Etica Organizacional en el Estatuto de FIC*	**X**	
3	*Voluntad compartida de SER /ESTAR o PERTENECER a FIC*	**X**	
4	*Lograr aprobación oficial para poder auspiciar y crear una Universidad (UWA)*	**X**	
5	*Marco de Cooperación, Asociación con otras Instituciones) compatibles con Estatuto de FIC*	**X**	
6	*Logros de Resultados Económico/Financieros aseguren sustentabilidad de FIC a mediano plazo*	**X**	
7	*Logros de posicionamiento de Imagen Institucional a mediano plazo*	**X**	
8	*Logros de posicionamiento de oferta en la sociedad ó el mercado (metas) que se desean alcanzar a largo plazo*		**X**
9	*Logros de posicionamiento en RSEyA a mediano plazo*		**X**
10	*Logros de crecimiento de patrimonio (metas) a mediano plazo*		**X**
..			**X**
20	**....**		**X**

Figura 6. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe aplicada al caso FIC.Org. Fuente: propia del Autor

3.3 Análisis de Escenarios

3.3 Decisión Final propuesta.

Finalmente, en el caso FIC.Org, el Consejo de Administración tomó la decisión final de aceptar la Alternativa B, de avanzar con un acuerdo con la Cámara local de Importantes agroindustrias (AGRIND)

En la Figura 7 se explicita, el análisis de que alternativas pasan los criterios obligatorios. Se observa que la alternativa 3 queda excluida.

OBJETIVO DE LA DECISIÓN:	***La fundación FIC debe decidir :***
Fundar y desarrollar la Universidad Wisdom Argentina (UWA) para formar formadores en Dirección Organizacional	

	Objetivos	Generar y comparar Alternati			Generar y comparar Alternativas			Generar y comparar Alternativas		
		A. Hay una fundación prestigiosa internacional (**KnowO**) que desea participar en el Proyecto, aportando capital financiero , acervo de conocimiento y conexiones internacionales			**B.** Una camara de importantes agroindustrias locales , **AGRIND**, desean participar en el Proyecto, aportando a FIC capital financiero , acervo de conocimiento en el sector y facilitando conexiones con instituciones de I+i+D y universidades locales e internacionales			**C**. La corporación financiera internacional latinoamericana **PAMAN** están muy interesados en aportar mas del TRIPLE del capital financiero de KnowO al proyecto, a corto plazo,para realizar donaciones y recibir servicios de Gestión		
Oi	**Obligatorios**	*Información*	P	No P	*Información*	P	No P	*Información*	Pasa	No P
1	*Acuerdo de los fundadores sobre valores y creencias en el Estatuto de FIC (Paradigma Referente)*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*No hay acuerdo posible acorde a Estatuto de FIC*		x
2	*Acuerdo de los fundadores sobre código de Etica Organizacional en el Estatuto de FIC*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*No hay acuerdo posible acorde a Estatuto de FIC*		x
3	*Voluntad compartida de SER /ESTAR o PERTENECER a FIC*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*Interesa a PAMAN*	x	
4	*Lograr aprobación oficial para poder auspiciar y crear una Universidad (UWA)*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*no es el interés de PAMAN*		x
5	*Normativas claras sobre acuerdos posibles (Convenios Marco de Cooperación, Asociación con otras Instituciones) compatibles con Estatuto de FIC*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*No hay acuerdo posible acorde a Estatuto de FIC*		x
6	*Logros de Resultados Económico/Financieros aseguren sustentabilidad de FIC a mediano plazo*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		Hay preacuerdo entre las partes	x	
7	*Logros de posicionamiento de Imagen Institucional a mediano plazo*	Hay preacuerdo entre las parte	x		Hay preacuerdo entre las partes	x		*no es el interés de PAMAN*		x

Figura 7. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe aplicada al caso FIC.Org. Fuente: propia del Autor

En la Figura 8, se evalúan las dos alternativas que pasan los criterios obligatorios, y se considera el peso relativo de cada criterio y la ponderación de membrecía de cada alternativa a cada criterio.

			Generar y comparar alternativas					
			A. Hay una Fundación prestigiosa (KnowO) que desea participar en el proyecto			**B. La Cámara de agroindustriales AGRIND que desean participar, aportando capital**		
Di	**Deseables**	Peso Di	**Información**	P rel Di	Eval	**Información**	P rel Di	Eval
4	**Logros de posicionamiento de oferta en la sociedad ó el mercado que se desea alcanzar a largo plazo.**	9	**El prestigio internacional de KnowO asegura este criterio**	9	81	**El prestigio de AGRIND y su poder de RRII asegura este criterio.**	8	72
8	**Logros de posicionamiento de imagen institucional a mediano plazo**	10	**El prestigio internacional de KnowO asegura este criterio**	10	100	**El prestigio de AGRIND y su poder de RRII asegura este criterio.**	9	90
9	**Logros de posicionamiento en RSEyA a mediano plazo**	8	**El prestigio internacional de KnowO asegura este criterio**	9	72	**La mayoria de las empresas de AGRIND están clasificadas como tipo B (cumplen indicadores de RSEyA)**	8	64
10	**Logros de crecimiento de patrimonio a mediano plazo.**	10	**El aporte de capital asegura el crecimiento de Patrimonio**	9	90	**El aporte de capital asegura el crecimiento de Patrimonio**	8	80
					343			306

Figura 8. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe aplicada al caso FIC.Org. Fuente: propia del Autor

En las Figuras 9 y 10 se observa el resultado del análisis de escenarios realizado. Se convoco la opinión de un grupo de expertos de un Banco SA, considerando la evolución de las Variables Fundamentales citadas en 2.2.1 a lo largo de 12 trimestres.

Modelo ADNE (Analisis Dinámico de Negocios y Escenarios)

D - Análisis de Escenarios Posibles: Grupo: BANC SA_A

Escenario : OPTIMISTA

Variables (*)	T	Grado (y Tendencia) por Período (cuatrimestres) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**	***
		Año 1			Año 2			Año 3			Año 4				
I. Jurídico / Políticas															
I.1 Estabilidad Jurídica	18%	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	2,67	1,60
I.2 Estabilidad Política	12%	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	2,67	1,07
TOTAL I:	30%	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	4,00	4,00	4,00	2,67	0,80
II. Sociales															
II.1 Necesidades Satisfechas (Seguridad, Salud, Educación)	10%	-4	-2	-2	-2	-2	0	0	2	2	2	2	4	0,00	0,00
II.2 Deuda Interna	10%	-4	-2	-2	-2	-2	0	0	2	2	2	2	4	0,00	0,00
TOTAL II:	20%	-4,00	-2,00	-2,00	-2,00	-2,00	-1,40	-1,40	-0,80	0,60	0,60	2,00	4,00	0,00	0,00
III. Macroeconómicas															
III.1 Saldo Balanza de Pagos	10%	0	0	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2,67	0,53
III.2 Precios / Inflación	16%	-2	-2	-2	0	0	0	2	2	2	2	4	4	0,83	0,17
III.3 Crecimiento PBI	14%	-2	-2	-2	0	0	0	2	4	4	4	4	4	1,33	0,53
III.4 Modernización de la Economía	10%	-4	-2	-2	0	0	2	2	4	4	4	4	4	1,33	0,27
TOTAL III:	50%	-2,00	-1,60	-1,20	0,40	0,40	0,80	2,00	3,60	3,60	3,60	4,00	4,00	1,5	0,75
TOTAL:	100%														
Calificación del Contexto Por Período ---------->		-1,20	-0,60	-0,40	0,40	0,40	0,72	1,32	2,24	3,12	3,12	3,60	4,00		1,55

Likert [-4 , 4] -4 -2 0 2 4

** Calificación Promedio de cada variable en el total de Períodos.

*** Calificación Global del contexto de -4 a 4

Figura 9 Modelo ADNE. Escenario Optimista. Fuente: Propia del Autor

Modelo ADNE (Analisis Dinámico de Negocios y Escenarios)

D - Análisis de Escenarios Posibles: Grupo: BANC SA_A

Escenario : Pesimista

Variables (*)	T	Grado (y Tendencia) por Período (cuatrimestres) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**	***
		Año 1			Año 2			Año 3			Año 4				
I. Jurídico / Políticas															
I.1 Estabilidad Jurídica	18%	2	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1,00	0,60
I.2 Estabilidad Política	12%	2	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	0	0	0	-0,50	-0,20
TOTAL I:	30%	2,00	2,00	2,00	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	-0,80	1,20	1,20	1,20	0,40	0,12
III. Macroeconómicas															
III.1 Saldo Balanza de Pagos	10%	0	0	0	2	2	2	2	2	2	4	4	4	2,00	0,40
III.2 Precios / Inflación	16%	-2	-2	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,50	-0,10
III.3 Crecimiento PBI	14%	-2	-2	-2	0	0	0	2	2	2	2	2	4	0,67	0,27
III.4 Modernización de la Economía	10%	-4	-4	-4	-4	-4	0	0	0	0	0	0	0	-1,67	-0,33
TOTAL III:	50%	-2,00	-2,00	-2,00	-0,40	-0,40	0,40	1,20	1,20	1,20	1,60	1,60	2,40	0,23	0,12
TOTAL:	100%														
Calificación del Contexto Por Período ---------->		-1,08	-1,08	-1,08	-1,12	-1,12	-0,44	0,08	0,08	0,36	1,16	1,16	1,56		-0,13

Likert [-4 , 4] -4 -2 0 2 4

** Calificación Promedio de cada variable en el total de Períodos.

*** Calificación Global del contexto de -4 a 4

Figura 10.Modelo ADNE. Escenario Pesimista. Fuente: Propia del Autor

En las Figuras 11 y 12 se observan las ultimas instancias de la aplicación de la metodología para , analizar las consecuencias adversas en el peor escenario planteado, el Pesimista.

AD_Formato típico para proceso AD (F_AD_2)

OBJETIVO DE LA DECISIÓN:	*La fundación FIC debe decidir :*
Fundar y desarrollar la Universidad Wisdom Argentina (UWA) para formar formadores en Dirección Organizacional	

Objetivos		Generar y comparar Alternativas			Generar y comparar Alternativas		
		A. Hay una fundación prestigiosa internacional **(KnowO)** que desea participar en el Proyecto, aportando capital financiero , acervo de conocimiento y conexiones internacionales			**B.** Una camara de importantes agroindustrias locales , **AGRIND**, desean participar en el Proyecto, aportando a FIC capital financiero , acervo de conocimiento en el sector y facilitando conexiones con instituciones de I+i+D y universidades locales e internacionales		
Di	*Deseables*	Peso DI	*Información*	Prel	eval	*Información*	Prel	eval
4	*Logros de posicionamiento de oferta en la sociedad ó el mercado (metas) que se desean alcanzar a largo plazo*	9	El prestigio internacional de KnowO asegura este criterio	9	81	El prestigio local de AGRIND y su poder de RRII asegura este criterio asegura este criterio	8	72
8	*Logros de posicionamiento de Imagen Institucional a mediano plazo*	10	El prestigio internacional de KnowO asegura este criterio	10	100	El prestigio local de AGRIND y su poder de RRII asegura este criterio asegura este criterio	9	90
9	*Logros de posicionamiento en RSEyA a mediano plazo*	8	El prestigio internacional de KnowO en el tema asegura este criterio	9	72	AGRIND cuenta con FIC para asegurar que las empresas de su cámara estén clasificadas como tipo B	8	64
10	*Logros de crecimiento de patrimonio (metas) a mediano plazo*	10	El aporte de capital asegura el crecimiento de Patrimonio por donaciones y servicios acordes al estatuto de FIC	9	90	El aporte de capital asegura el crecimiento de Patrimonio por donaciones y servicios acordes al estatuto de FIC	8	80
				Total	343		Total	306

Consecuencias Adversas (Problemas Potenciales)		valor de riesgo relativo [(Prob a priori en escala Likert) *Gravedad en escala Likert]					
Identificar Y Evaluar riesgos			Prob a priori	G		Prob a priori	G
Escenario Pesimista							
Si… Existe Crisis Socioeconómica Local y restricción administrativa al mercado de cambios			8	9		6	9
Entonces… FIT vería afectada la sustentabilidad a corto plazo				72			54

Si se quiere asegurar resultados a mediano plazo , la Alternativa B presenta menor riesgo relativo

Figura 11. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe aplicada al caso FIC.Org. Fuente: propia del Autor

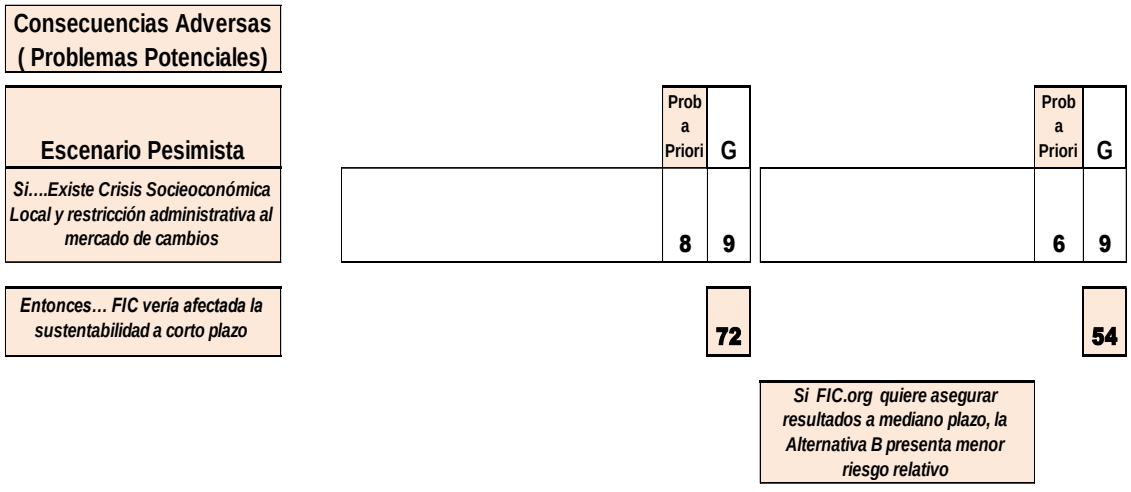


Figura 12. Metodología Análisis de Decisión PS/DM © Kepner-Tregoe aplicada al caso FIC.Org. Fuente: propia del Autor

4. CONCLUSIONES

La evidencia empírica verifica que la aplicación del pensamiento crítico estructurado aplicado a la Toma de Decisiones asegura una metodología trazable de selección de alternativas plausibles que optimicen el propósito a lograr.

Las condiciones para asegurar la aplicación de estas metodologías en una organización es que exista una cultura proactiva capaz de reflexionar e incorporar procesos trazables, como los desarrollados en este caso, para lograr una decisión final.

El desarrollo de Escenarios posibles es esencial para valorar el nivel de riesgo que los decisores finales están dispuestos a correr, según su mayor o menor aversión al riesgo.

El autor propone, en base a la evidencia empírica en su experiencia en haber aplicado esta metodología en casos de compañías corporativas y Pymes, que debe asegurarse la instalación de una cultura proactiva en una organización, convenciendo primero a la alta dirección y luego formando y capacitando a los mandos medios en el arte de la toma de decisiones en contextos generalmente estocásticos.

Esta propuesta se sintetiza en la sencilla frase atribuida a A. Markov [4] en el complejo tema de decidir en contextos estocásticos:

¨ ***El Futuro posible depende del Pasado, pero siempre a partir de las decisiones tomadas en el Presente*** ¨

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alexander Fink,2016 ¨Szenario Management¨ , eBook Kindle
2. Kepner & Tregoe, 2010, ¨El Directivo Racional¨, El Ateneo,
3. Kepner & Tregoe, 2012, ¨Análisis KT ¨, El Ateneo
4. Markov, Chapman y Kolmogorov (2015): Procesos Estocásticos. Investigación de Operaciones, Kaufmann, CECSA,
5. Morgenstern O. (2001) "Generalization of the von Neumann Model of an Expanding Economy" con J.G.
6. Tversky y Kahneman, (1974) "Juicio Bajo Incertidumbre: Heuristica y Prejuicios",Ed. Revista Science
7. Tolón Estarelles, P; Sagula, J; (2007); Modelo Decisional Proactivo en Sistemas Ecológicos, Revista de Ingeniería Industrial, Año 6 Nº 1, Segundo Semestre 2007; Departamento de Ing. Industrial de Universidad del Biobío, Chile. ISSN 0717-9103.

. Villamar Fersen Harold León (2015); La Resiliencia: su aplicación en el sector empresarial;

PROPUESTA DE MEJORAS EN LA GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD PARA UNA COOPERATIVA GRÁFICA DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

Cutropía, Lucía; Ligori, Marianela; Berardi, Betina; Esteban, Alejandra

Facultad de Ingeniería- Universidad Nacional de Mar del Plata.
luciacutropia@gmail.com; ligorimarianela@gmail.com; betberardi@gmail.com; aesteban0@gmail.com

RESUMEN

La falta de educación en gestión institucional y empresarial es una de las principales problemáticas en las cooperativas de trabajo de Argentina. Por ello este tipo de asociación presenta problemas derivados de la falta de profesionalización de sus actividades gerenciales y productivas. El objetivo de este trabajo es transmitir la experiencia de implementación de mejoras en una cooperativa gráfica. En esta organización los procesos productivos, las tareas administrativas y organizacionales son llevados a cabo por cuatro asociadas; se trabajó de manera conjunta capacitándolas y fomentando su participación. Inicialmente, se realizó un diagnóstico y se determinó el nivel de madurez de la cooperativa de acuerdo al Capability Maturity Model Integrated (CMMI). Se evaluaron, a través de entrevistas, los siguientes factores: capacitación del personal en temáticas de tecnologías de gestión, condiciones de orden y limpieza, existencia de registros e indicadores, nivel de estandarización de los procesos y Mejora Continua. Para cuantificar cada uno de estos factores, se desarrolló una hoja de diagnóstico que contempló indicadores y una escala de puntuación. Determinando que la cooperativa se encontraba en el nivel inicial, se tomaron diferentes líneas de acción: capacitar al personal en 5S, 7 pérdidas y Kaizen; implementar la Metodología 5S en un área piloto y elaborar registros para documentar procesos. Hasta el momento se logró capacitar a las cuatro asociadas de la cooperativa, la implementación de 5S en un área piloto y el diseño planillas de Excel, para simplificar el registro de información y desarrollar indicadores. Se espera para fines de 2022 la implementación de 5S en todas las áreas y la estandarización de toma y registro de datos.

Palabras Claves: Cooperativa, tecnologías de gestión, 5S, sistema de gestión, capacitación.

ABSTRACT

The lack of education in institutional and business management is one of the main problems in worker cooperatives in Argentina. For this reason, this type of association presents problems derived from the lack of professionalization of its management and productive activities. The objective of this work is to transmit the experience of implementing improvements in a graphic cooperative. In this organization, the production processes, administrative and organizational tasks are carried out by four associates; we worked together training them and encouraging their participation. Initially, a diagnosis was made and the level of maturity of the cooperative was determined according to the Capability Maturity Model Integrated. The following factors were evaluated through interviews: staff training in management technology tools, order and cleanliness conditions, existence of records and indicators, level of standardization of processes and Continuous Improvement. To quantify each of these factors, a diagnosis sheet was developed that included indicators and a scoring scale. Determining that the cooperative was at the initial level, different lines of action were taken: train staff in 5S, 7 losses and Kaizen; implement 5S Methodology in a pilot area and create records to document processes. So far, it has been possible to train the four associates of the cooperative, the implementation of 5S in a pilot area and the design of Excel spreadsheets, to simplify the recording of information and develop indicators. The implementation of 5S in all areas and the standardization of data collection and recording are expected by the end of 2022.

Keywords: Cooperative, management technologies, 5S, management system, training.

1. INTRODUCCIÓN

La Cooperativa de Trabajo Gráfica MDP Limitada, de ahora en más Contratapa, fue constituida en 2014 en la ciudad de Mar del Plata. Inicialmente, la organización se conformó por militantes de una agrupación política con el objetivo de atender las necesidades de impresión hacia el interior de la misma. Con el paso de los años se tomó la decisión de realizar ventas al público en general.

En el año 2019 la cooperativa obtuvo un subsidio en el marco del Programa “Manos a la obra” del Ministerio de Desarrollo de la Nación. El mismo fue destinado a la adquisición de maquinaria, insumos, electrónica y mueblería. Con el fin de utilizar estas incorporaciones comenzaron a elaborar nuevos productos, quedando establecida la siguiente cartera: agenda docente, señaladores, semanarios, almanaques, imanes, anotadores con diferentes características, cuadernos, calcomanías, invitaciones, Kit “Candy Bar”, tarjetas personales, impresiones plotter y flyers.

Algunos autores, entre los que se encuentra Macellari, remarcan que la falta de educación en gestión institucional y empresarial es una de las principales problemáticas en las cooperativas de trabajo en Argentina. Es decir, existe una carencia en la formación basada en los principios y valores que diferencian a este sector y que permiten llevar a cabo la gestión eficiente de este tipo de organizaciones (Macellari, 2012). Existe un conjunto de herramientas, conocimientos y técnicas orientadas a mejorar la productividad de las empresas a través de la planificación, la organización y el uso eficiente de los recursos. A este conjunto de herramientas se las denomina tecnologías de gestión (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2011).

En este artículo se presenta la experiencia de la transferencia de herramientas de gestión a la Cooperativa Contratapa. El objetivo de la intervención fue la mejora de los procesos productivos que allí se desarrollan. Específicamente, su finalidad radicó en incrementar la productividad tanto técnica, como operativa de la cooperativa a través de la mejora de sus procesos productivos y organizacionales.

2. METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN

Considerando la finalidad del proyecto, se hizo hincapié en que las integrantes de la cooperativa tuvieran un rol activo. Inicialmente, la intervención se iba a realizar a través de visitas, pero debido al contexto pandémico del año 2020, se reemplazaron por reuniones virtuales periódicas. En estas se brindaron capacitaciones, se debatieron las distintas propuestas de mejora, consensuando aquellas que se iban a abordar y, por último, se realizó el seguimiento de su implementación.

3. METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO ADOPTADA

Un camino para enfocar los esfuerzos de mejora consiste en analizar el nivel de madurez de los procesos y la organización, para luego planificar acciones que permitan avanzar al siguiente estadio.

Antes de avanzar en la definición de los niveles de madurez, se considera importante introducir los conceptos de gestión de la mejora y gestión de la rutina.

3.1. Gestión de la Mejora y Gestión de la Rutina

Para abordar de manera sistemática una oportunidad de mejora o resolver un problema se utiliza el ciclo de Deming, conocido así por su creador, o ciclo PDCA. Este incluye 4 etapas: Planear, Hacer, Verificar y Actuar. De acuerdo a los conceptos presentados por Summers (2006), en la primera etapa se analiza un problema y se planifica su solución. Para ello, se revisan los procesos, productos o servicios involucrados para determinar cómo se desempeñan actualmente. Se utilizan herramientas que permiten identificar la causa raíz del problema y proponer distintas soluciones. Esta etapa es la más importante ya que la planificación es la base para obtener soluciones bien pensadas. En la segunda etapa se selecciona e implementa la solución. Durante la verificación, se estudian las modificaciones introducidas en el proceso con el objetivo de determinar si el problema fue resuelto. Se deben comparar los datos actuales de los procesos con los recopilados en la etapa de planificación. Si la solución no está corrigiendo el problema se debe volver a empezar el ciclo PDCA para establecer una mejor solución. Finalmente, se toma la decisión de adoptar el cambio, abandonarlo o repetir el ciclo de resolución de problemas. Si los resultados de la fase anterior indican que la raíz del problema fue aislada y eliminada del proceso, los cambios se instauran permanentemente. Este ciclo marca los pasos a seguir para la Gestión de la Mejora.

Los proyectos de mejora se realizan sobre estándares fijados. Para lograr el establecimiento y la estabilización de estos estándares es necesario gestionar la rutina. Esta gestión se lleva a cabo a través del ciclo SDCA: Estandarizar, Hacer, Verificar y Actuar. Esta parte de la gestión sigue un ciclo similar al PDCA, pero inicia a partir de estándares de trabajo. En la figura 1 se muestra la relación entre ambas gestiones.

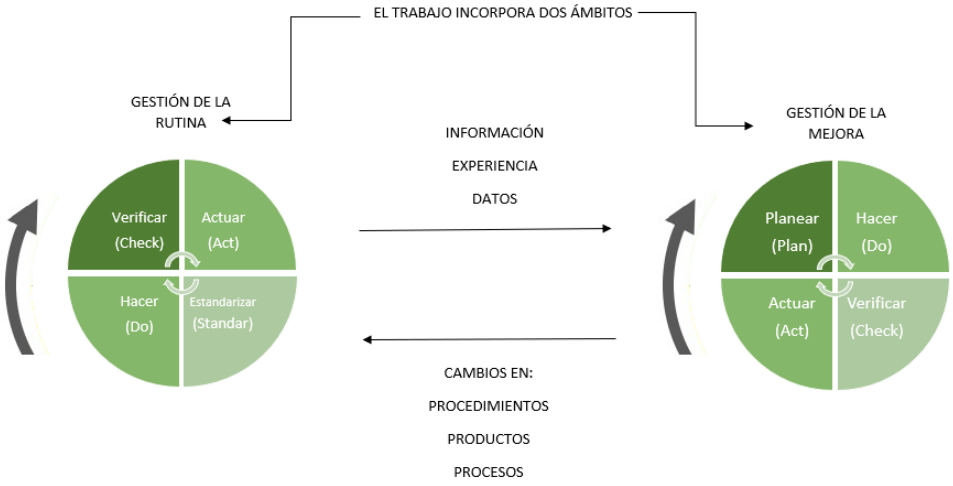


Figura 1 Gestión de la rutina y gestión de la mejora.

Al iniciar el ciclo SDCA se establecen objetivos y estrategias, y se definen procedimientos estándar. En la siguiente etapa (hacer), se implementan estos estándares. Luego, se verifica su cumplimiento monitoreándose los indicadores definidos inicialmente. De esta etapa se pueden desprender dos resultados:

- Se cumplen los estándares definidos. Sin embargo, este resultado puede iniciar un ciclo PDCA impulsado por la detección de una oportunidad de mejora sobre el estándar.
- No se cumplen los estándares definidos. Este incumplimiento puede ser esporádico o sostenido. En el primer caso, se aplica una acción correctiva inmediata mientras que en el segundo se necesita de un análisis que proporcione mayor detalle. Para su abordaje se inicia un ciclo PDCA que permite encontrar las causas del problema para luego definir e implementar acciones con el objetivo de minimizarlo o solucionarlo. Esto establece nuevos estándares que alimentan al ciclo SDCA.

En resumen, la información, la experiencia y los datos recabados al recorrer el ciclo SDCA impulsan y nutren al ciclo PDCA. Este último permite mejorar los estándares generando nuevos procedimientos, productos y procesos que luego serán implementados y verificados en el ciclo SDCA.

3.2. Niveles de madurez

Los Niveles de Madurez se definen como el conjunto de estadios que establecen una escala de referencia para medir la madurez de los procesos y evaluar su capacidad (Strano, 2021). Estos permiten caracterizar el nivel de desarrollo de una organización o de un proceso, detectar posibilidades de mejora y definir estrategias para llevarlas a cabo (Pérez Mergarejo, Pérez Vergara, & Rodríguez Ruíz, 2022). En cada uno de ellos se definen prácticas específicas y genéricas relacionadas para distintas áreas de procesos, que, finalmente, mejoran el desempeño global de la organización (Software Engineering Process Management Program, 2010).

Actualmente, existen diversos modelos que permiten medir la madurez de los procesos de una organización. En este trabajo se toma como referencia la clasificación de los niveles de madurez definida por el Capability Maturity Model Integrated (CMMI). En la tabla 1, se describen los cinco niveles de madurez adoptados por el modelo y sus características. Como se observa, a medida que se recorre el camino de mejora en pos de avanzar de nivel de madurez, los procesos se estandarizan y por lo tanto se vuelven más predecibles. Con respecto a la generación de indicadores, en el estado inicial se carece de ellos mientras que en el estado en optimización se utilizan para la definición de objetivos y la medición del rendimiento. A lo largo de los niveles también se desarrolla la formalización de la gestión de la mejora continua.

Tabla 1 Niveles de madurez.

1.Inicial	2.Gestionado	3.Definido	4.Gestionado Cuantitativamente	5.En Optimización
• Procesos ad hoc y caóticos. • No se proporciona entorno estable para dar soporte a los procesos. • El éxito de la organización queda sujeta a los esfuerzos individuales del personal y no a procesos estandarizados. • No existen las bases que permiten gestionar la rutina. • La implementación de mejoras es un proceso esporádico, espontáneo y no formalizado.	• Los procesos se planifican y ejecutan de acuerdo con las políticas de la organización. • Se posee personal cualificado y que dispone de recursos adecuados para alcanzar resultados controlados. • Los procesos se monitorean, controlan y revisan. • Los productos satisfacen sus descripciones de proceso, estándares y procedimientos especificados. • Existe una gestión parcial de la rutina, ya que sigue siendo necesario trabajar en la construcción de estándares. • La implementación de mejoras continúa siendo un proceso esporádico, espontáneo y no formalizado.	• Los procesos se encuentran caracterizados y comprendidos, y se describen en estándares, procedimientos, herramientas y métodos. • El conjunto de procesos estándar se establece y mejora a lo largo del tiempo. • La información y registros sólo son útiles para identificar dónde se presentan los problemas. • Estos estándares permiten llevar a cabo la gestión parcial de la rutina, pero no se encuentra integrada a la gestión de la mejora. • La gestión de la mejora no se encuentra formalizada.	• Se establecen objetivos cuantitativos para la calidad y el rendimiento de los procesos. • Se recogen y se analizan estadísticamente medidas específicas del proceso. • Predictibilidad del rendimiento del proceso. • Los procesos poseen un sistema de gestión de la rutina formalizado. • La gestión de la mejora no se encuentra formalizada. Los problemas y las oportunidades de mejora se abordan sin una metodología.	• La organización mejora continuamente sus procesos. • Se utiliza un enfoque cuantitativo para comprender la variación inherente al proceso y las causas de sus resultados. • Los objetivos de calidad y rendimiento del proceso se establecen y modifican continuamente para reflejar cambios en los objetivos y rendimiento de la organización. • Existe tanto gestión de la rutina, como de la mejora.

La definición del nivel de madurez de la organización se establece a partir del estudio de distintos factores. Para ello, se utilizan los factores considerados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en la etapa de diagnóstico: capacitación del personal, orden y limpieza, registros e indicadores, estandarización de procesos y programa de mejora continua. A continuación, se detalla cada uno de ellos:

- Capacitación del personal: este factor evalúa el conocimiento del personal en cuanto a las tecnologías de gestión. La importancia de conocer estas herramientas radica en la necesidad de implementarlas para llevar a cabo la gestión de la rutina y la gestión de la mejora. En un estado de madurez inicial, no se conocen, por lo que no es posible realizar ninguna de las gestiones mencionadas anteriormente. A través de la capacitación del personal, la organización va adquiriendo conocimientos y estas gestiones comienzan a efectuarse de manera parcial. En un estadio optimizado se poseen conocimientos avanzados que permiten que ambas gestiones se realicen de manera integral, tal como se indica en la figura 1.

- Orden y limpieza: Según Imai, las condiciones de orden y limpieza son factores importantes a considerar dentro del diagnóstico. Justifica su importancia en dos aspectos:
  "*Las instalaciones donde se ha eliminado el muda están ordenadas…"*
  "*Orden y limpieza es señal de un buen estado de ánimo y un alto grado de autodisciplina en los empleados*." (Imai, 2012)
  En un nivel de madurez inicial, existen deficientes condiciones de orden y limpieza, que se ven reflejadas en ineficiencias en los procesos productivos. Para mejorar estas condiciones se trabaja de manera conjunta con el personal, definiendo estándares y procedimientos, con el objetivo de modificar su conducta e incentivar la autodisciplina. En el estadio "En optimización", todo lo aprendido se transforma en hábito.

- Registros e indicadores: Para llevar a cabo tanto la gestión de la rutina, como de la mejora, es necesario definir indicadores. Los indicadores son mediciones que traducen eventos o datos en información útil. (Strano, 2021) Teniendo en cuenta su función, se definen dos tipos de indicadores:
  - Indicadores de resultados: aquellos utilizados para conocer el efecto de las acciones del día a día (gestión de la rutina) o de mejora (gestión de la mejora).
  - Indicadores de seguimiento: aquellos utilizados para monitorear y dar seguimiento a ciertos aspectos o variables de un proceso.

- Estandarización de procesos: este factor tiene un papel fundamental en la gestión de una organización. Según Imai, para obtener una gestión diaria y eficaz de los recursos se requiere de normas y procedimientos estándar debido a que las normas establecen la base

para poder mejorar día a día (Imai, 2012). Estandarizar consiste en definir cómo se va a realizar una tarea, teniendo en cuenta los conocimientos y tecnologías disponibles, de modo de optimizar su rendimiento. Por lo tanto, "*Los estándares representan, en un momento dado, la mejor forma conocida de realizar las tareas diarias*" (Bigoglio, 2021).

- Programa de mejora continua: a través de este factor se estudia el nivel en que la organización implementa programas de mejora continua, analizando si posee una metodología formalizada y un departamento afín dentro de su estructura. Para el nivel inicial, no se cuenta con un área, ni con un programa de mejora continua. Al avanzar en su madurez se formaliza la metodología de intervención para, en un estadio final, lograr la implementación de un programa de mejora continua.

3.3. Escala adoptada

Para cuantificar cada uno de los factores definidos, se utiliza la hoja de diagnóstico que se presenta en las figuras 2 y 3. Como se observa, se establecen indicadores clave asociados a una escala.

Para llevar adelante el diagnóstico es necesario realizar visitas a la empresa, con el fin de analizar en el campo estos indicadores y efectuar entrevistas al personal. Luego, se cuantifica colocando la puntuación correspondiente y se realiza el promedio de los valores obtenidos para cada factor.

Capacitación del personal						
#	Indicador/ Escala	1 No conoce	2 Conoce informalmente	3 Recibió capacitación	4 Implementó	5 Implementa continuamente
1	Metodología 5S					
2	7 pérdidas					
3	Kaizen					
4	PDCA- 8 pasos para la resolución de problemas					
5	7 Herramientas de La Calidad (QC7)					
6	VSM					
7	A3					
8	Control Estadístico de Procesos (CEP)					
9	Estudio de métodos					
10	Medición del trabajo					
11	Balanceo de línea					
12	Distribución en planta					
13	Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)					
14	SMED (Setup)					
15	Mantenimiento Productivo Total (TPM)					
16	Producción Justo a Tiempo (JIT)					

Orden y Limpieza						
#	Indicador/ Escala	1 En todas las áreas	2 En la mayoría de las áreas	3 Sólo en áreas productivas	4 Sólo en área de oficina	5 En ningún área
1	Existe material/herramental/elementos innecesarios					
2	El material/herramental/elementos se ubican aleatoriamente					
3	Las condiciones de limpieza son deficientes y no existen rutinas, ni planes definidos.					
4	No se observa cartelería, demarcaciones y elementos de gestión visual.					
5	No existen equipos de trabajo para realizar mejoras en las condiciones de orden y limpieza					

Figura 2 Hoja diagnóstico, primera parte.

Registros e indicadores						
#	Indicador/ Escala	1 No posee	2 Posee registros de producción o calidad	3 Posee indicadores de producción o calidad	4 Los indicadores de producción y calidad se utilizan para la toma de decisiones	5 Posee indicadores para la toma de decisiones en todas las áreas
1	Posee registros e indicadores					

Estandarización						
#	Indicador/ Escala	1 En ningún proceso	2 Sólo en algunos procesos	3 Sólo para procesos productivos	4 En la mayoría de los procesos	5 En todos los procesos
1	Diagrama de flujo					
2	Procedimientos					
3	Instructivos					
4	Listado de chequeo pre operativos					
5	Listado de chequeo post operativos					
6	Fichas de no conformes					
7	Tablero de indicadores					

Programa de Mejora Continua						
#	Indicador/ Escala	1 No posee	2 No posee, pero demuestra interés	3 Posee un equipo de mejora	4 Se encuentra desarrollando un Programa de Mejora	5 Posee
1	Posee un área y/o Programa de Mejora Continua					

Figura 3 Hoja diagnóstico, segunda parte.

Finalmente, el nivel de madurez se determina contrastando el relevamiento realizado con el definido en la tabla 2.

Tabla 2 Niveles de madurez vs. Factores.

Factores / Nivel	1.Inicial	2.Gestionado	3.Definido	4.Gestionado Cuantitativamente	5.En Optimización
Capacitación del personal	Personal sin formación en tecnologías de gestión	Personal formado en temas básicos (5S, 7 pérdidas, *Kaizen*)	Personal formado en temas intermedios (8 pasos, 7 herramientas de control de calidad)	Personal formado en temas avanzados (Mapa de Flujo de Valor, Hoja A3 y Control Estadístico de Procesos)	Personal implementado temas avanzados de tecnologías de gestión
Orden y Limpieza	Condiciones deficientes en todos los sectores	Condiciones deficientes en algunos sectores	Buenas condiciones en los espacios productivos	Buenas condiciones en todos los sectores	Eficientes condiciones en todos los sectores
Registros e Indicadores	No posee	Posee registro de producción o calidad	Posee indicadores de producción o calidad	Los indicadores de producción y calidad se utilizan para la toma de decisiones	Se poseen indicadores en todas las áreas que son utilizados para la toma de decisiones
Estandarización de procesos	No posee documentación de los procesos	Posee documentación parcial de algunos procesos	Posee documentación completa para algunos procesos	Posee documentación completa para la mayoría de los procesos	Posee documentación para todos los procesos
Programa de Mejora Continua	No posee un área, ni un programa de Mejora Continua	No posee un área, ni un programa de Mejora Continua	No posee un área, ni un programa de Mejora Continua	Posee un programa de Mejora Continua	Posee un programa de Mejora Continua consolidado

3.4. Líneas de acción

En base a la metodología de diagnóstico definida en el apartado anterior, se proponen acciones a seguir con el objetivo de avanzar a través de los distintos niveles de madurez. Esto se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 Acciones por nivel.

Factores / Nivel	1.Inicial	2.Gestionado	3.Definido	4.Gestionado Cuantitativamente	5.En Optimización
Capacitación del personal	Capacitar al personal en 5S, 7 pérdidas y *Kaizen*. Implementar herramientas	Capacitar al personal en Ciclo PDCA y, 7 herramientas de control de calidad. Implementar herramientas	Capacitar al personal en temas avanzados.	Implementar herramientas avanzadas.	Realizar un plan de capacitación. Continuar con la implementación.
Orden y Limpieza	Implementar Metodología 5S en un área piloto.	Extender implementación de Metodología 5S a otras áreas.	Extender implementación de Metodología 5S a todas las áreas.	Establecer planes de auditoría 5S y equipo de trabajo definido.	Definir un método para monitorear y mejorar las condiciones logradas.
Registros e Indicadores	Implementar registros para producción y/o calidad	Definir indicadores de producción y/o calidad	Definir estándares y metas para los indicadores establecidos.	Definir registros, indicadores y estándares para todas las áreas.	Definir un método para monitorear y desprender acciones basadas en los indicadores.
Estandarización de procesos	Estudiar los procesos productivos y definir la mejor forma de realizarlos.	Establecer documentación para respaldar los procesos.	Estudiar los procesos de soporte y definir la mejor forma de realizarlos.	Establecer documentación para respaldar los procesos.	Definir un método para monitorear el cumplimiento de los estándares y desprender acciones.
Programa de Mejora Continua	-	-	Conformar un equipo para llevar adelante ciclos de mejora.	Definir un programa de mejora.	Definir un método para monitorear el programa y desprender acciones.

3.5. Medición de resultados

Considerando la metodología presentada, es importante destacar que no es común que las organizaciones avancen paralelamente a través de todos los factores. Esto se debe a que resulta difícil abordar diversas líneas de acción en un único proyecto de mejora. Por un lado, porque estos proyectos insumen una cantidad significativa de recursos. Por otro lado, porque en los primeros niveles se busca obtener resultados a corto plazo que impulsen y motiven al personal a continuar con los proyectos de mejora. Por esta razón, se evalúa individualmente cada uno de los factores. Para ello, una vez implementada la mejora, se cuantifican nuevamente siguiendo la hoja de diagnóstico de las figuras 2 y 3. Luego, en un gráfico radar se presentan los resultados obtenidos.

4. SITUACIÓN INICIAL

Con el fin de relevar la información necesaria para determinar la situación actual se efectuaron reuniones virtuales con las integrantes. Se completó la hoja de diagnóstico para determinar el nivel de madurez de la organización. En la figura 4 se observa el resultado obtenido para cada factor. La cooperativa se encuentra en el nivel inicial.

Como se muestra en la tabla 3, las acciones que se desprenden para este nivel son:

- Capacitar al personal en 5S, 7 pérdidas y Kaizen.
- Implementar Metodología 5S en un área piloto.
- Implementar registros para producción y/o calidad.
- Estudiar los procesos productivos y definir la mejor forma de realizarlos.

Debido al contexto pandémico del año 2020, las actividades de producción para este rubro se encontraban restringidas. Por lo tanto, se definió que el alcance de este proyecto no contemple el análisis de los procesos productivos, como así tampoco, su estandarización. Considerando esta limitante, se decidió avanzar en el análisis de los procesos organizacionales, la gestión de la información para la toma de decisiones y las condiciones de orden y limpieza.

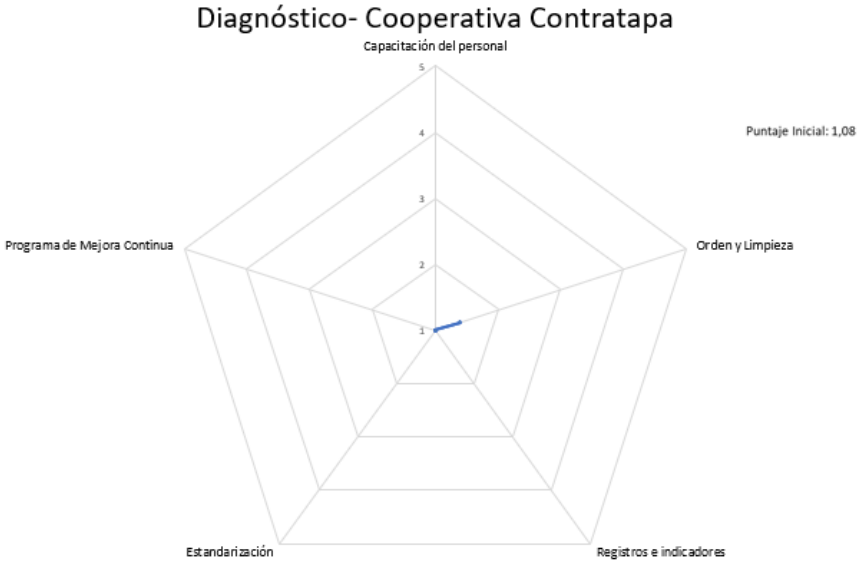


Figura 4 Gráfico radar diagnóstico Cooperativa Contratapa.

5. PROPUESTAS DE MEJORA

A partir del relevamiento de la situación actual y las problemáticas identificadas, se proponen como mejoras la implementación de la metodología 5S y el diseño de un nuevo Sistema de Gestión. A continuación, se detalla cada una.

5.1. Implementación de la Metodología 5S

La primera propuesta es la implementación de la metodología 5S dentro de los espacios de trabajo. Los motivos que llevan a esta definición son diversos. En primer lugar, se persigue el objetivo propio de la herramienta, mejorar las condiciones y las áreas de trabajo. La cooperativa presenta problemas asociados a la distribución y el uso del espacio físico. En segundo lugar, se considera que esta metodología está constituida por un conjunto de actividades que resultan sencillas y fáciles de transmitir, que elevan la eficiencia y la efectividad de la organización. Esto se logra a través de la estandarización y la mejora continua de los procesos, y las 5S establecen el primer paso hacia este objetivo. Es decir, se considera que las 5S son una herramienta sencilla de introducción a la cultura de la mejora continua. Por un lado, define los estándares sobre los que se efectúan las mejoras. Por otro, promueve la adopción de una nueva forma de trabajo, interpelando a la participación y al cambio hábitos en las personas, que finalmente deriven en un cambio cultural.

5.2. Definición y diseño de un nuevo sistema de gestión

Una de las principales dificultades que presenta la cooperativa es la falta de información útil para la toma de decisiones. Para abordar este problema, se propone la creación de un nuevo sistema de registro de datos. Sin embargo, su mera recolección no permite extraer conclusiones. Para ello es necesario analizarlos desarrollando indicadores. Considerando que una de las finalidades del proyecto es brindar herramientas para la mejora continua, resulta de vital importancia la medición. Es a partir de ésta que se puede determinar la situación de la que se parte, definir objetivos que impulsen planes de mejoras, controlar su cumplimiento y establecer nuevos estándares. Por lo tanto, también se propone la definición de indicadores y la creación de un tablero para su monitoreo.

6. IMPLEMENTACIÓN

En los siguientes apartados se detalla la implementación de las 2 propuestas de mejoras.

6.1. Metodología 5S

Se realizaron 5 encuentros virtuales con las integrantes de la cooperativa con el objetivo de transferir la metodología 5S. Las reuniones se estructuraron en tres bloques: presentación de avances, conceptos y/o herramientas de las 5S, y definición de pasos a seguir. En la tabla 4 se detallan los principales temas abordados en cada uno.

Tabla 4 Detalle encuentros para la implementación de la metodología 5S.

Primer encuentro	Segundo encuentro	Tercer encuentro	Cuarto encuentro	Quinto encuentro
• Introducción a la metodología Kaizen y 7 pérdidas. • Presentación de los conceptos teóricos de la metodología 5S: definición, su objetivo y etapas que la componen. • Práctica de taller: juego de los números. • Entrega del documento "Herramientas para la implementación- 5S".	• Selección del área piloto: zona de atención al público. • Presentación de las herramientas que se pueden utilizar en cada etapa. • Definición de las herramientas a utilizar para aplicar la primera S. • Registro de la situación actual del área piloto antes de la implementación.	• Presentación de la planilla de registro de las tarjetas rojas. En la figura 5 se muestra el impacto visual de las mismas. • Para la etapa de orden se resaltó la importancia de establecer una codificación realizando especial hincapié en extenderla a los productos, materias primas, clientes, proveedores, ventas, presupuestos, etc. en vistas al nuevo sistema de gestión. • Para la etapa de limpieza se presentaron instructivos, planes y cronogramas a implementar.	• Presentación de la lista de codificación que utiliza las referencias de la tabla 5. • Presentación de los planes (figura 6) e instructivos de limpieza confeccionados. • Para la etapa de mantenimiento se resaltó la importancia de la implementación de elementos para la gestión visual. • Presentación de herramientas para la etapa de autodisciplina: plan de reuniones y plan de auditorías 5S.	• Presentación de los elementos de gestión visual confeccionados: rotulado de la ubicación para distintos elementos y marcado de contorno para abrochadoras y sacaganchos. • Disposición de instructivos de limpieza en el área de trabajo. • Cartelera con cronograma y registro de limpieza • Destinar parte de las reuniones semanales para reflexionar sobre los avances de la implementación de la Metodología 5S y detectar nuevas oportunidades de mejora.

Figura 5 Colocación de tarjetas rojas – Etapa de Selección.

Tabla 5 Referencias para la codificación – Etapa de Orden.

Tabla de códigos	
AM	Amoblamiento
EQ	Equipamiento
HR	Herramental
IM	Productos- Impresiones
LI	Productos de librería
MP	Materia Prima
MQ	Maquinaria
OT	Productos- Otros
PC	Productos comprados o en concesión
PP	Productos propios
RP	Repuestos

	FRECUENCIA DE LIMPIEZA	RESPONSABLE	CÓDIGO DE INSTRUCTIVO	OBSERVACIONES
Atención al cliente	Diaria	La/las compañera/s que esté/n de turno	IT-000	Se realiza al finalizar antes de cerrar y luego del apagado de máquinas.
Máquinas				
Insumos				
Pisos				
Baño de arriba			IT-002	
Pasillos del espacio común			IT-001	
Mueble exhibidor grande y exhibidor de libros	Semanal - lunes	SHAKI	IT-003	Se realiza al ingresar
Exterior de las máquinas	Semanal - martes	CAMI-SHAKI	IT-004	Se realiza al finalizar el turno luego de apagar las máquinas, antes de la desinfección
Computadora	Mensual - jueves	AILU-LULÚ	IT-005	Se realiza al finalizar el turno luego de apagar las máquinas, antes de la desinfección
Profunda y completa	Mensual - viernes	AILU-LULÚ	IT-006	Se realiza al finalizar el turno luego de apagar las máquinas, de 16:30 a 17:30hs
Interior de las máquinas	Mensual - miércoles	CAMI-SHAKI	IT-007; IT-008 ; IT-009 ; IT-010	Se realiza al finalizar el turno luego de apagar las máquinas, antes de la desinfección

Figura 6 Plan de limpieza – Etapa de Limpieza.

En la figura 7 se compara el estado del área piloto antes de la implementación de la metodología 5S y su estado final.

Figura 7 Estado inicial vs. Estado final del área piloto.

6.2. Sistema de gestión

Inicialmente, se relevaron, con las integrantes de la cooperativa, los requerimientos y funciones del nuevo Sistema de Gestión. A continuación, se presentan las características primordiales del nuevo sistema:

- Sistema visualmente amigable, con navegación a través de un menú y botones;
- Codificación de productos, materias primas, clientes y proveedores;
- Creación de presupuestos, gestión de pedidos y gestión de stock;
- Cálculos automáticos de subtotales y totales de ventas;
- Alarmas/ indicadores útiles;
- Generación de reportes y gráficos para la toma de decisiones.

Luego, se definieron los siguientes indicadores a obtener que se observan en la tabla 6:

Tabla 6 Indicadores.

Ventas	Egresos	Pedidos	Stock
• Cantidad por artículo por mes. • Participación en las ventas por artículo por mes.	• Dinero ($) por tipo de egreso por mes	• Porcentaje de pedidos entregados a tiempo por mes; • Porcentaje de pedidos por estado por mes;	• Porcentaje de productos con bajo stock por mes.

El Sistema de Gestión se desarrolló utilizando macros de Excel y los tableros de indicadores se visualizan a través de la herramienta Power BI. En la figura 9 se presenta a modo de ejemplo el tablero de ventas.

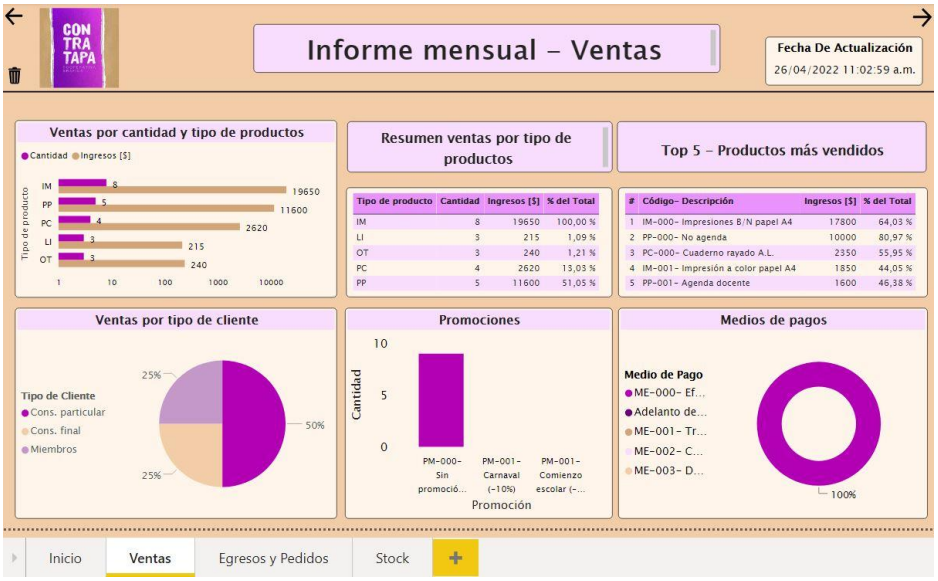


Figura 9 Tablero de indicadores de ventas.

7. RESULTADOS

En marzo del año 2022 la cooperativa comenzó con la implementación del nuevo Sistema de Gestión. Si bien la implementación no se completó, se considera importante realizar un análisis parcial de los resultados obtenidos. Se evaluaron nuevamente los factores definidos en la hoja de diagnóstico a fin de determinar el grado de avance en los niveles de madurez. En la figura 10 se compara la puntuación inicial con la final. Como se puede observar, todos los factores obtuvieron un puntaje mayor. Si bien el valor final fue 2,17 se considera importante destacar que la Cooperativa actualmente no alcanzó el nivel de madurez gestionado. Esto se debe a que sólo se implementaron líneas de acción que fortalecieron tres factores: capacitación al personal, orden y limpieza, y registros e indicadores. Por lo tanto, la organización se encuentra en el nivel inicial, debiendo trabajar en los otros factores para avanzar a un estadio superior.

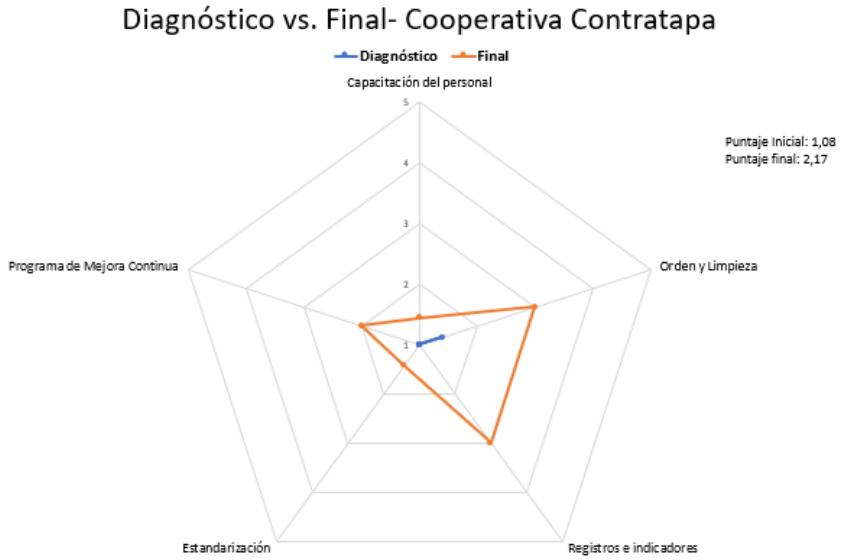


Figura 10 Gráfico radar, situación final Cooperativa Contratapa.

8. CONCLUSIONES

Como se resaltó a la largo del artículo, la falta de educación en gestión institucional y empresarial es una de las principales problemáticas en las cooperativas de trabajo de Argentina. A partir de la realización del Proyecto Final, se pudo aprender acerca de la forma de trabajo y los valores de estas organizaciones. Se trabajó de manera conjunta con las integrantes de la cooperativa capacitándolas en herramientas comprendidas dentro de las tecnologías de gestión y fomentando su participación a lo largo de todo el proyecto. Finalmente, fue posible establecer una nueva metodología, las 5S, dentro de trabajo cotidiano. Además, se desarrollaron fuentes de información útiles para la toma de decisiones.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Bigoglio, P. (2021). Cap. 2: Estandarización. En INTI, *Emprendiendo Kaizen 2* (págs. 45-72). General San Martín: INTI.
- Formento, H. R. (2021). Entrenamiento y competencias socio-relacionales. Los nueve factores clave para la mejora continua. General Sarmiento: Universidad de General Sarmiento.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen- Un enfoque de sentido común para una estrategia de Mejora Continua.* Madrid: McGraw-Hill/ Interamericana de España.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2011). *Introducción a las Tecnologías de Gestión- Proceso Productivo- Tomo 01.* San Martín: INTI.
- Instituto Nacional de Tecnología e Industria. (Agosto de 2020). Proyecto PAC Kaizen. Buenos Aires, Argentina: INTI.
- Macellari, M. (2012). Realidad del cooperativismo de trabajo en Argentina. *Congreso Argentino de Cooperativas 2012.* Rosario.
- Pérez Mergarejo, E., Pérez Vergara, I., & Rodríguez Ruíz, Y. (10 de Junio de 2022). *Modelos de madurez y su idoneidad para aplicar en pequeñas y medianas empresas.* Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362014000200004
- Software Engineering Process Management Program. (2010). *CMMI para Desarrollo, Versión 1.3.* Pittsburgh: Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Strano, F. (2021). Cap 5: Evaluación re resultados de Mejora Continua. En INTI, *Emprendiendo Kaizen 2* (págs. 125-144). Buenos Aires: INTI.
- Summers, D. (2006). *Administración de la Calidad.* México: Pearson Educación.

FACTORES CLAVES DEL COMPROMISO ORGANIZACIONAL PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE MEJORA

Blanco, Soraya; Berardi, Ma. Betina; Migueles, Marina; Ambrústolo, Mariela.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
Juan B. Justo 4302 - B7608FDQ Mar del Plata. ambrus@fi.mdp.edu.ar.

RESUMEN

La implementación de la mejora continua o *Kaizen* es una necesidad en las organizaciones que buscan mejorar y avanzar hacia la excelencia. Uno de los factores críticos en este camino es el desarrollo de un compromiso organizacional que permita la implementación de la mejora continua y la generación de equipos de trabajo cada vez más autónomos. El objetivo del trabajo es identificar y analizar los factores claves necesarios para el logro del compromiso reconocido por diversos autores. El estudio se realizó a través de una revisión bibliográfica sistemática en forma global a través de diferentes bases de datos. Dentro de los resultados más importantes se destaca que entre los factores claves del compromiso organizacional se encuentran la comunicación, motivación y empoderamiento, satisfacción laboral, identidad, trabajo en equipo, el liderazgo, la cultura y clima organizacional. Se destaca que para la implementación de programas de mejora continua, particularmente en pequeñas y medianas empresas (PyMEs), se requieren pilares fundamentales para su desarrollo como la identificación de un proyecto, la alineación estratégica a los objetivos organizacionales, la generación de equipos de trabajo, metodologías de aplicación y la gestión donde el compromiso es un factor intangible fundamental que atraviesa los mismos. Finalmente, se presentan ejemplos de la aplicación del proceso de mejora continua que permiten ilustrar la importancia de estos factores en todo el proceso para el logro de los objetivos.

Palabras Claves: mejora continua, compromiso organizacional, factores clave

ABSTRACT

The implementation of continuous improvement or Kaizen is a necessity in organizations that seek to improve and move towards excellence. One of the critical factors on this path is the development of an organizational commitment that allows the implementation of continuous improvement and the generation of increasingly autonomous work teams. The objective of the work is to identify and analyze the key factors necessary to achieve the commitment recognized by various authors. The study was carried out through a global systematic bibliographic review through different databases. Among the most important results, it is highlighted that among the key factors of organizational commitment are communication, motivation and empowerment, job satisfaction, identity, teamwork, leadership, culture and organizational climate. It is emphasized that for the implementation of continuous improvement programs, particularly in small and medium-sized enterprises (SMEs), fundamental pillars are required for their development, such as the identification of a project, strategic alignment with organizational objectives, the generation of work teams , application methodologies and management where commitment is a fundamental intangible factor that crosses them. Finally, examples of the application of the continuous improvement process are presented to illustrate the importance of these factors throughout the process to achieve the objectives.

Keywords: continuous improvement, organizational commitment, key factors

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores críticos para implementación de la mejora continua o *Kaizen* que permite a las organizaciones mejorar y avanzar hacia la excelencia es el desarrollo de compromiso organizacional.

Chiavenato, I. (2011), menciona que el compromiso organizacional es una forma en la cual una persona se identifica con la organización y su apego a la misma. Es decir, su deseo de involucrarse y participar activamente en ella, siendo parte de sus objetivos y metas.

En el compromiso organizacional influyen tanto factores internos, tales como estrategias de las compañías, características propias de las personas, recursos materiales, tecnologías de la información y la comunicación; como factores externos, entre los que se encuentran los aspectos económicos, sociales, políticos, normativas legales, entre otros. (Meyer & Allen, 1997).

Además, el compromiso organizacional resulta una variable consecuente de diversos elementos, tales como los aspectos personales del empleado, las características del trabajo y el medio ambiente laboral, así como su rol dentro de la organización. (Coronado Guzmán, 2020)

El empleado, respecto al compromiso, debe tener conciencia, disposición de conservar líneas de actividad, satisfacción por sueldos, gratificaciones y ascensos percibidos. La organización obtiene el logro de los objetivos, promoviendo la comunicación y el trabajo en equipo, lo cual a su vez permite reconocer al líder. (Hernández Bonilla, B.E., 2018)

“Mientras que las generaciones pasadas privilegiaban el conformismo y la abnegación, las más recientes se caracterizan por ser ambiciosas lo cual puede ser leído en las compañías como una falta de adecuación a la cultura organizacional” (Thompson, 2012), citado por (Guevara Bedoya & Fernández Poveda, 2015).

Asimismo, Hershatter sostiene que “Puede existir una dificultad por parte de las generaciones más jóvenes para hacer coincidir los valores propios con los que promueve la empresa” (Hershatter, 2010)

Teniendo en cuenta estas consideraciones se revela la importancia del estudio del compromiso organizacional, ya que éste pone al máximo las capacidades para realizar las tareas encomendadas. Dado que las condiciones laborales son aceptadas y también las obligaciones que éstas conllevan, el compromiso supone un esfuerzo constante en la consecución de los objetivos de la organización.

Sin embargo, lograr la aceptación de un empleado respecto a las metas y los valores de la empresa, así como su propio deseo de seguir desempeñando sus funciones dentro de dicha empresa, no es sencillo y de allí los numerosos estudios y análisis que se encuentran al respecto.

El presente trabajo pretende identificar y analizar los factores claves necesarios para el logro del compromiso organizacional y relacionar este compromiso con el éxito o fracaso en la implementación de *Kaizen*.

2. METODOLOGÍA

Este artículo presenta una reflexión teórica que se apoya en el método analítico sintético, a partir de la consulta en fuentes bibliográficas y documentales en plataformas web especializadas, revistas de investigación, libros y tesis de grado y posgrado.

Resultó de mucho valor la consulta realizada a varios aportes que desde la década de los noventa del siglo pasado se han considerado como estudios de referencia en los temas que se abordan; como así también, referencias que corresponden, en su mayoría, a los últimos cinco años, que ofrecen reflexiones contemporáneas que se ajustan al presente tema de estudio.

3. DESARROLLO

3.1 Aspectos necesarios para el desarrollo del compromiso organizacional

El concepto de compromiso organizacional nace en los años 60 y desde entonces ha sido estudiado, por la importancia que tiene en las organizaciones, básicamente en investigaciones del ámbito social. Sin embargo, con el correr de los años también los economistas notaron la relevancia del concepto y su influencia en el desempeño de las empresas. Inicialmente los estudios se basaron en

la rotación de personal, pero más tarde el interés pasó al desempeño, eficiencia y satisfacción. (Castillo Espinoza, 2020).

El compromiso organizacional se considera como un vínculo entre la organización y los trabajadores Es también una variable consecuente de diversos elementos, tales como los aspectos personales del empleado, las características del trabajo y el medio ambiente laboral, así como los roles de cada uno de los empleados (Báez Santana et al.).

Según el modelo de Meyer y Allen (1997), el compromiso organizacional tiene tres componentes: afectivo, normativo y de continuidad.

El componente afectivo se origina en un sentimiento de pertenencia, afecto y alegría. Abarca un enfoque emocional: querer estar en la organización. La relación entre las personas y la organización tiene un origen emocional; en este contexto es más fácil aceptar los cambios; las personas se sienten satisfechas con su labor; surgen iniciativas con un espíritu cooperativo en el que prevalece el deseo de pertenecer y permanecer en la organización.

El componente normativo se manifiesta en un sentimiento de lealtad, de sentirse internamente obligado. Las personas sienten el deber moral de aportar a los objetivos y fines de la empresa. Existe un vínculo racional de fidelidad. La persona contribuye con el logro de objetivos con ánimo de solidaridad y apoyo entre compañeros.

Por último, el factor de continuidad se refleja en un sentimiento de obligación, de “tener que estar” a cambio de algo como el salario o beneficio económico. Se aceptan los valores de la organización, aunque sean contrarios a los valores personales, a cambio de la remuneración. Esto trae aparejadas conductas indeseadas como ausentismo tanto físico como psicológico e intenciones de abandonar el trabajo.

El alcance del compromiso organizacional se observa cuando existe una aceptación de metas, valores y cultura de la organización, y se refleja en un menor ausentismo y baja rotación del personal.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de los factores y el tipo de compromiso que genera de acuerdo con Coronado Guzmán (2020).

Tabla 1: Antecedentes del componente afectivo y sus tipos

Variable	Compromiso que genera		
	Componente Afectivo	Componente Normativo	Componente Continuidad
Formación y desarrollo			x
Satisfacción en el Trabajo	x		
Satisfacción en la Vida personal	x		
Bienestar psicológico	x		
Liderazgo		x	
Confianza		x	
Promoción del Personal		x	
Cultura organizacional	x	x	x
Clima organizacional	x		
Oportunidades	x	x	x
Dependencia		x	
Empoderamiento	x		x

En cuanto a los factores que contribuyen al compromiso organizacional otros autores como Naves, T. Gravelo, J. Rodriguez, V. Maroco, M. & Parreira, P. (2018) mencionan que, si existe una relación positiva o buena entre líder y colaborador mejora el compromiso con la organización y la percepción de la calidad que se le atribuye durante el trabajo, hace que el empleado se encuentre fuertemente comprometido con la misma.

Así mismo, Gómez (2006) considera que los factores que contribuyen al compromiso organizacional son la motivación interna, la implicación en el puesto de trabajo, la satisfacción laboral global, la satisfacción con la promoción y la satisfacción con el sistema de supervisión.

En un estudio sobre cuáles son los factores con mayor correlación con el compromiso, Ruiz de Alba Robledo (2013) sugiere que la comunicación interna, el interés de la dirección, el entrenamiento y la conciliación entre el trabajo y la familia, son los más relevantes.

Olivares, G. Silva, M. & Omelas, C. (2012), señalan que "la importancia del compromiso organizacional radica en que es uno de los indicadores más importantes de permanencia en el trabajo, porque se considera indispensable que los trabajadores tengan bien puesta la camiseta, es decir que quieran a su empresa y que hagan bien su trabajo."

Requiriendo de acuerdo a lo propuesto por Trujillo Sotelo et al. (2015) que se tenga en cuenta la motivación, la formación, y desarrollo humano como los principales factores que inciden en el compromiso organizacional.

Por otra parte, Hernández Bonilla, B.E., (2018) adiciona nuevos elementos sugiriendo que los factores más importantes para el desarrollo del compromiso organizacional son la comunicación, la motivación, la satisfacción laboral, la identidad, el trabajo en equipo y el liderazgo.

La identificación de los diferentes factores es fundamental ya que de acuerdo a Arciniega (2002), las organizaciones cuyos integrantes poseen altos niveles de compromiso, son aquellas que registran altos niveles de desempeño y productividad y bajo índices de ausentismo.

En consecuencia, Ruiz (2013), menciona que el compromiso organizacional, ha sido objeto de extenso estudio debido a la importancia que tiene para las empresas, ya que entre más alto sea el compromiso que tenga el empleado con la organización, mayor beneficio obtendrá, dado que al contar con personal comprometido éste trabaja para alcanzar los objetivos de la empresa y su superación personal, esto conlleva que la organización alcance el éxito deseado.

Se considera al compromiso organizacional un aspecto realmente importante en la relación del trabajador y la organización. No sólo por la relación que guarda con factores como el rendimiento, ausentismo y rotación de personal entre otros (Baez Santana, 2019); sino, fundamentalmente por la identificación que el empleado logra con la organización y de ésta con sus intereses. El compromiso no solo fomenta el logro de los resultados con criterios de eficiencia y eficacia, logrando el cumplimiento de los objetivos organizacionales, sino que permite que las expectativas personales se sincronicen con los mismos (Llapa Rodriguez, 2009).

El compromiso organizacional genera ciclos de realimentación donde la productividad y por lo tanto resultados financieros mejoran a partir del compromiso y el trabajo de los empleados, pero teniendo en cuenta que estos beneficios para las empresas sólo se logran a partir de la generación de inversiones en el bienestar de los empleados (Coronado Guzmán, 2020) de ahí la importancia por gestionar el talento, mejorar el liderazgo y realizar planeaciones estratégicas del personal en este sentido (Baez Santana, 2019).

3.2. *Kaizen*

En la actualidad, las empresas que buscan aumentar su productividad y competitividad, encuentran en la mejora continua un camino para afianzar su posición en los mercados. Para alcanzar una posición competitiva en el mercado, las empresas activan cambios organizacionales, apoyados en una cultura de mejora continua o *Kaizen*.

La palabra *Kaizen* se deriva de dos ideogramas japoneses: "Kai" que significa cambio y "zen" que significa para mejor. *Kaizen* es una filosofía que promueve pequeñas mejoras realizadas como resultado del esfuerzo continuo. Estas pequeñas mejoras implican la participación de todos en la organización desde la alta dirección hasta los operarios. La mejora a largo plazo se logra haciendo que los integrantes de la organización trabajen gradualmente hacia estándares más altos.

La estrategia *Kaizen* ha sido implementada con éxito por la industria japonesa después de la Segunda Guerra Mundial (Imai, 1986). *Kaizen* se inició como una respuesta a los problemas que enfrentó la industria de Japón después de la guerra, como las dificultades para obtener materia prima y otros recursos limitados. Por lo tanto, las empresas japonesas comenzaron a buscar formas de mejorar sus procesos de producción optimizando la eficiencia de los mismos.

Inicialmente, las iniciativas *Kaizen* fueron lideradas por *Toyota Motor Company* en su esfuerzo por convertirse en un líder automotriz mundial que trató de enfatizar los cambios incrementales, la solución de bajo costo, el empoderamiento de los empleados y el desarrollo de una organización que mantiene la mejora continua con énfasis en la mejora del proceso en lugar del resultado. (Imai, 1986). Si bien la filosofía Kaizen nació en un contexto histórico específico, se ha desarrollado y popularizado a lo largo del mundo en todo tipo de empresas y organizaciones.

En este sentido, *Kaizen* involucra la participación de todos los actores del proceso (Imai, 1989), pues la práctica consiste en establecer un estándar, mantenerlo y mejorarlo (Marin Garcia, 2010). Es así que varios autores coinciden en tres nociones básicas del *Kaizen*: a) es continuo, b) es incremental; y, c) es participativo (Brunet & New, 2003). Además, el trabajo en *Kaizen*, que involucra cambios incrementales en lugar de cambios radicales, ha permitido que las personas involucradas en las actividades se adapten fácilmente a esas transformaciones y, por lo tanto, formalizan esos cambios en sus actividades de rutina diaria.

Los conceptos de *Kaizen* introducidos por Imai (1986) consisten en varias actividades de mejora continua, también conocidas como paragüas *Kaizen*. Bajo este concepto se desarrollan diversas actividades como orientación al cliente, Gestión de Calidad Total (TQM), robótica, Círculos de Control de Calidad (QCC), sistema de sugerencias, automatización, disciplina en el trabajo, Mantenimiento Preventivo Total (TPM), Kanban, Mejora de la calidad, *Just-In-Time* (JIT), cero defectos, mejora de la productividad y desarrollo de nuevos productos como se sintetizan en la figura 1. (Imai 1986).

Figura 1. Paragüas *Kaizen. Imai, 1986*

Imai (1986) reitera además que hay tres pilares para implementar *Kaizen* que son limpieza, eliminación de residuos y estandarización. Según Wormak y Jones (2003), hay siete tipos de desechos que deben ser eliminados. Los desperdicios son sobreproducción, transporte, espera, inventario, movimiento, sobre procesamiento y defectos.

Para asegurar el éxito en la implementación de los tres pilares para el logro de *Kaizen*, se deben tener en cuenta tres factores que son la gestión visual, el rol del supervisor y la importancia de capacitar y crear una organización de aprendizaje. Por ello, los objetivos al implementar *Kaizen* permiten generar mejoras en términos de costos, calidad, flexibilidad (Bessant, 1994) y también productividad (Choi et al, 1997). A través de *Kaizen*, se hace foco en tres áreas de mejora que son Muda (residuos), Mura (discrepancia) y Muri (cepa) (Imai, 1986).

Kaizen es una estrategia por la cual los miembros de una organización trabajan juntos de manera proactiva en la mejora de áreas específicas dentro de la empresa (Imai, 1986), a través del esfuerzo multifuncional y sumando talentos colectivos.

3.3. Implementación de *Kaizen* en las organizaciones

A medida que la economía mundial avanza hacia una mayor globalización, las acciones comerciales en una parte del mundo pueden tener impactos significativos en otras partes del mundo. A partir de que las organizaciones se conectan cada vez más entre sí, especialmente con el avance de la tecnología de la información, se ha creado un nuevo nivel de competencia entre los actores de la industria.

Por lo tanto, las PyMEs no pueden ignorar la necesidad de mejorar su desempeño en términos de calidad, costo, productividad y entrega. Esto se debe a que para que las empresas puedan competir con éxito, deberán reducir sus costos y, al mismo tiempo, mejorar su calidad y desempeño en la entrega (Bane, 2002; Gulbro et al, 2000).

En algunos casos, debido a la intensa competencia, las PyMEs tendrán dificultades para adquirir nuevos contratos comerciales o renovar los contratos actuales a menos que puedan demostrar a sus clientes que son mejores que sus competidores.

Un estudio realizado por (Formento H. R., 2007) sobre la implementación de la mejora continua en PyMEs, encontró que uno de los mayores desafíos que enfrentan las PYME es su bajo nivel de productividad y, que es posible, que aplicando *Kaizen* puedan reducir sus costos y, al mismo tiempo, aumentar su calidad.

Al implementar *Kaizen*, las empresas enfatizan fuertemente la participación de sus integrantes, en todos los niveles, buscando que ellos puedan identificar y resolver problemas relacionados con el lugar de trabajo y los procesos involucrados. *Kaizen*, si se implementa correctamente, puede alentar a los trabajadores a pensar de manera diferente sobre su labor y aumentar la moral y el sentido de responsabilidad entre ellos con respecto a su lugar de trabajo. Esto se debe a que, a través de la confianza otorgada por la alta dirección, todo el personal comenzará a sentir que también están involucrados en la toma de decisiones y el proceso de mejora.

Para implementar *Kaizen*, las empresas pueden adoptar el ciclo de Deming, *Plan-Do-Check-Act* (*PDCA*) para resolver problemas de funciones unitarias y transversales en sus actividades.

Durante la etapa de planificación, los trabajadores intentarán identificar las áreas que necesitan mejoras. Una vez que han identificado las áreas problemáticas, el siguiente paso es implementar una o varias herramientas de *Kaizen* para desarrollar una comprensión más clara de los desperdicios actuales. De esta manera, los trabajadores pueden identificar las actividades sin valor (desperdicio) que ocurren dentro del proceso y tratar de encontrar formas de eliminarlas o reducirlas, analizando las causas raíz de los problemas que originan dichos desperdicios.

Una vez que el equipo de mejora ha recopilado los datos necesarios, los ha analizado y evaluado, el siguiente paso es establecer un objetivo realista a alcanzar. Las áreas que se pueden mejorar se basarán en las áreas problemáticas identificadas, como el nivel de calidad del producto, la tasa de desperdicio, la distancia total recorrida para fabricar el producto, la cantidad de espacio utilizado, la cantidad de trabajo en proceso o la cantidad de personal utilizado para una tarea específica. Después de algunas sesiones de lluvia de ideas, el equipo intentará identificar cuáles podrían ser las opciones para mejorar la situación o el problema actual. El equipo seleccionará las mejores opciones y las implementará en la planta de producción.

La tercera etapa en el ciclo *Plan-Do-Check-Act* (*PDCA*) es realizar un seguimiento de las actividades *Kaizen* para ver si la mejora tiene algún efecto positivo o negativo hacia el problema. El equipo registrará sus logros y los presentará a la alta dirección y otros para que todos los empleados puedan evaluarlo. La cuarta etapa es revisar todos los logros y ver si se pueden tomar medidas para estandarizar las actividades de *Kaizen* a un proceso similar dentro de la empresa. Finalmente se realizará el análisis de las lecciones aprendidas.

3.4. Factores clave en los proyectos de mejora

Esta subsección analiza algunos factores que se han identificado a partir de estudios previos sobre cómo algunas empresas tienen éxito en la implementación de *Kaizen*.

Hiam (2003), por ejemplo, destaca que la empresa que utiliza una cultura de trabajo mediocre en su organización tenderá a tener una falta de comprensión entre la alta dirección y sus empleados sobre la necesidad de generar propuestas o ideas constructivas. Por lo tanto, es muy importante contar con un buen sistema de sugerencias de mejora que fomente la comunicación efectiva entre la alta dirección y los empleados de la organización. Según Hernández Bonilla et al. (2018), “la

comunicación es tener información disponible para actuar o facilitar procesos de cambio y así influir la acción hacia el bienestar de la empresa."

Gondhalekar el al (1995), encontraron que el éxito del sistema japonés de sugerencias de los empleados ha permitido a las empresas de ese país mejorar la satisfacción del cliente, mejorar el índice de productividad, alcanzar estándares de clase mundial, aumentar la satisfacción laboral de los empleados y mejorar la empresa. Además, el sistema de sugerencias de mejora anima a los empleados a aportar sus ideas en base a la experiencia que han adquirido a lo largo de su vida laboral (Womach et al, 2007).

Para ello es fundamental otro factor: la motivación. "La motivación explica la manera en que los trabajadores seleccionan las formas de comportamiento para satisfacer sus necesidades y determinar si sus elecciones fueron exitosas." Hernández Bonilla et al. (2018).

Otros estudios muestran que el empoderamiento de los empleados también es muy importante para el éxito de la implementación de *Kaizen* (Bessant, 2000; Womack et al, 2007; Liker & Hoseus, 2008). El empoderamiento tiene como objetivo "Propiciar la autonomía, compartir la información y otorgar control sobre sus tareas" Hernández Bonilla et al. (2018).

Esto se debe a qué, a través del empoderamiento de los empleados, más personas participarán activamente en el proceso de resolución de problemas y también puede aumentar el sentido de responsabilidad para encontrar la solución correcta. Los empleados deben tener una "actitud de poder hacer" hacia la implementación de *Kaizen*. Además, la dirección de la empresa debe incentivar y apoyar el esfuerzo orientado hacia la mejora de los procesos que realizan sus empleados.

El compromiso de la alta dirección es otro factor que contribuye al éxito de *Kaizen*. Tener una estrategia, políticas y objetivos corporativos claros, que puedan estimular la cultura *Kaizen* en la organización, resulta fundamental para su implementación exitosa (Imai, 1986). Por otra parte, Robbins, S. (1998) citado por Aldavert, J. Vidal, E. & Lorente, J. (2016), define al compromiso organizacional como "Un estado en el que el trabajador se identifica con la organización, con sus metas, objetivos, misión y visión."

En un estudio realizado por Bateman (2003) se ha identificado que el enfoque de gestión que tiene una "cultura de mente abierta" y "entusiasmo" hacia los cambios tiende a desarrollar una cultura Kaizen positiva en la organización. Además, este tipo de estilo de gestión tiende a suavizar la implementación de recursos, especialmente cuando se necesita un esfuerzo multifuncional. Es un factor significativo para sostener las actividades de mejora de procesos.

La estructura de la organización es otro factor importante que afectará el resultado de la implementación de *Kaizen*. Se encontró que la organización con estructura horizontal que utiliza relaciones ad-hoc y membresía colectiva con un alto grado de autonomía, autodisciplina y apertura tiende a ser exitosa en comparación con una organización burocrática (Watanabe, 2011).

El liderazgo es también un factor importante como cualidad indispensable en la implementación exitosa de *Kaizen*. Un líder tiene una buena comprensión personal de la realización de *Kaizen* y un alto deseo y compromiso personal para convertirse en un agente de cambio crítico en una organización (Bateman, 2003). Además, la comunicación efectiva y la gestión del conocimiento también son otros factores cruciales que un líder debe tener para implementar *Kaizen* con éxito (Nonaka & Takeuchi, 1995; Pagell, 2004). El líder tiene un papel relevante como vínculo entre la alta dirección y los empleados, especialmente durante la intervención del cambio. También actúa como conductor y motivador para las personas bajo su supervisión. Según Bateman (2003), la presencia de un líder *Kaizen* influyente es más evidente en una empresa pequeña.

La participación de la gerencia, el establecimiento y la medición de objetivos claros, la presencia de un líder de mejora continua, la participación activa de los trabajadores, la disponibilidad de recursos, la existencia de equipos multifuncionales y una estructura organizativa clara se encuentran entre los factores que contribuyen al éxito de la implementación de *Kaizen* (Garcia-Sabater et al, 2011).

Otro autor menciona que los nueve factores claves para la mejora continua son: normalización y estructura, continuidad y duración, despliegue y alcance, entrenamiento y capacitación, compromiso de directivos, coordinación del programa, metodologías y herramientas, medición de resultados y comunicación, reconocimientos e incentivos en un contexto donde la mejora continua se sustenta en los pilares de un proyecto permanente, el trabajo en equipo y una metodología de trabajo (Formento, 2015).

3.5. Correlación entre los factores clave en los proyectos de mejora y aspectos del desarrollo del compromiso organizacional

Los factores detectados en el apartado anterior como relevantes en la implementación de proyectos *Kaizen* encuentran un correlato con los factores de importancia para el logro del compromiso organizacional. En la tabla 2 se presenta los factores coincidentes tanto para Kaizen como para el logro del compromiso organizacional de acuerdo a los diversos autores citados.

Tabla 2: factores para el logro del compromiso e implementación de Kaizen

Compromiso Autores de referencia	**Factores**	**Kaizen Autores de referencia**
Naves et al	Relación positiva o buena entre líder y colaborador	Imai; Formento;Garcia-Sabater
Gómez; Hernández Bonilla	Motivación interna, implicación en puesto de trabajo, satisfacción laboral	Bessant; Womack; Liker Hoseus
Ruiz et al; Hernández Bonilla	Comunicación Trabajo en equipo	Hiam; Hernández Bonilla; Formento; Nonaka
Hernández Bonilla; Llapa Rodríguez	Identidad	Robbins; Aldavert
Báez Santana; Hernández Bonilla	Liderazgo	Bateman; Nonaka

Como puede verse en la tabla 3 los factores considerados relevantes para el logro del compromiso organizacional son también importantes en la implementación de proyectos de mejora.

4. CASOS DE EJEMPLO

Durante el año 2021, el grupo de Investigación y Extensión Mejora Continua, Calidad y Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, desarrolló el proyecto "Fortaleciendo *Kaizen*". El mismo tuvo como objetivo general acercar la filosofía *Kaizen* a las empresas PyMEs de la ciudad Mar del Plata y la zona, para mejorar los niveles de productividad, calidad y eficiencia a través de un acompañamiento en conjunto con el INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

Se plantearon como objetivos específicos:

- Fomentar el trabajo colaborativo entre las organizaciones (emprendedores, empresas, organismos públicos y/o privados) y la Facultad de Ingeniería (FI) e INTI.
- Vincular a los estudiantes, graduados, docentes y referentes de las instituciones participantes a la realidad de las organizaciones, generando aprendizaje colaborativo.
- Incrementar la profesionalización y conocimiento de herramientas de mejora para fortalecer el desempeño de las organizaciones.

Las actividades abordadas en el proyecto tienen dos destinatarios:

- PyMEs de la ciudad de Mar del Plata y la zona y organizaciones sin fines de lucro, públicas o privadas que sean susceptibles de aplicar la metodología Kaizen para la mejora de los procesos de gestión interna.
- Estudiantes de las carreras de la FI, a quienes las actividades les permitirán tener contacto con la realidad y aplicar herramientas de la ingeniería, además de que por su complejidad permite el cumplimiento del requisito de la Práctica Profesional Supervisada.

Las organizaciones participantes se registraron en un formulario web con el objetivo de conocer los datos generales de las mismas y relevar información acerca de su nivel de conocimiento sobre herramientas de *Kaizen*, experiencias en su implementación, disponibilidad de registros e indicadores, participación en seminarios, proyectos de asistencia técnica o consultoría de INTI o la Facultad de Ingeniería y principales problemáticas a resolver.

Durante la etapa de pre-diagnóstico se realizó una visita a cada organización para evaluar aspectos relacionados con su estructura, condiciones de orden y limpieza, disponibilidad de registros e indicadores, conocimiento sobre *Kaizen*, antecedentes de aplicación, compromiso de la dirección, disponibilidad de tiempo para la implementación del proyecto, potencial para alcanzar mejoras en el plazo del proyecto, entre otros. En función de los resultados obtenidos se definió la factibilidad de que la organización participe del proyecto y se definió en qué nivel se ubicaba de acuerdo a sus conocimientos y habilidades y prácticas de mejora continua.

En la tabla 3 se muestran los aspectos considerados en cada caso para establecer en qué nivel de aplicación de Kaizen se encuentra cada empresa participante del proyecto.

Tabla 3: Niveles de aplicación de Kaizen - INTI

Factores/ Nivel	NIVEL 1: Inicial	NIVEL 2:Gestionando
Capacitación del personal	Personal sin formación en Tecnologías de Gestión	Personal formado en temas básicos (5S, 7 pérdidas, *Kaizen*)
Orden y limpieza	Condiciones deficientes en todos los sectores	Condiciones deficientes en algunos sectores
Registros e indicadores	No posee	Posee registro de producción o calidad
Estandarización de procesos	No posee documentación de los procesos	Posee documentación parcial de algunos procesos
Programa de Mejora Continua	No posee un área, ni un programa de Mejora Continua	No posee un área, ni un programa de Mejora Continua

Como surge de la tabla, tanto el nivel 1 como el 2 corresponden a estadios bajos en el desarrollo e implementación de tecnologías de gestión y prácticas de mejora continua. En el presente trabajo, se mostrarán los resultados obtenidos por dos de las empresas que participaron en el programa: una de nivel 1 y otra de nivel 2 a modo ilustrativo.

Luego de la consolidación del equipo de trabajo y de la capacitación a los tutores y estudiantes, el proyecto comenzó con capacitaciones generales para todas las empresas, a cargo de los estudiantes que realizaron su práctica profesional, en conceptos introductorios, como *Kaizen*, 7 pérdidas y productividad. Luego, para las empresas de Nivel 1, se trataron los temas de la metodología 5s, la creación y utilización de registros e indicadores, y las buenas prácticas de la mejora continua. Para las de Nivel 2, se realizaron capacitaciones más específicas sobre las 7 herramientas de la calidad y los 8 pasos para la resolución de problemas.

En la empresa que se determinó que trabajaría dentro del Nivel 1, se llevó a cabo la implementación de la Metodología 5S. El plan de acción se dividió en tres etapas: preparación, implementación y

cierre. Durante las capacitaciones, talleres y asistencias técnicas se remarcó la importancia del compromiso de los trabajadores en la consecución de los objetivos planteados. Si bien en un comienzo se percibió cierta resistencia al cambio por parte de los operarios, dado que se justificaban con su trayectoria trabajando en la empresa, siempre estuvieron muy bien predispuestos a lo nuevo y buscando implementar, donde creían posible, las herramientas de 5S. Finalmente se logró incorporar nuevos hábitos que le permitirán seguir creciendo como equipo.

En cuanto a la empresa que se ubicó en el Nivel 2 se abordó la solución de un problema operativo recurrente bien concreto. El proceso de mejora se realizó bajo la metodología PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). Luego de caracterizar el problema y analizar sus posibles causas, se decidió realizar una capacitación de los operarios que intervenían en el proceso en el que se generaba el problema. A partir de la capacitación se establecieron nuevos controles operativos que reflejaron resultados positivos en cuanto la reducción de los errores que causaba el problema en estudio. De esta manera, se creó un registro de control inicial que permitió alcanzar el objetivo planteado en cuanto reducir un 50% los defectos operativos para marzo de 2022.

Si bien ambas empresas comenzaron en puntos de partida diferentes, en cuanto a sus conocimientos en la implementación de *Kaize*n, ambas lograron alcanzar los objetivos que se plantearon respectivamente.

En ambos casos, se realizaron diversas auditorias de seguimientos y, en el cierre del proyecto, se las encuestó abordando diversos aspectos relacionados con el compromiso organizacional. En las figuras 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos en ambas organizaciones.

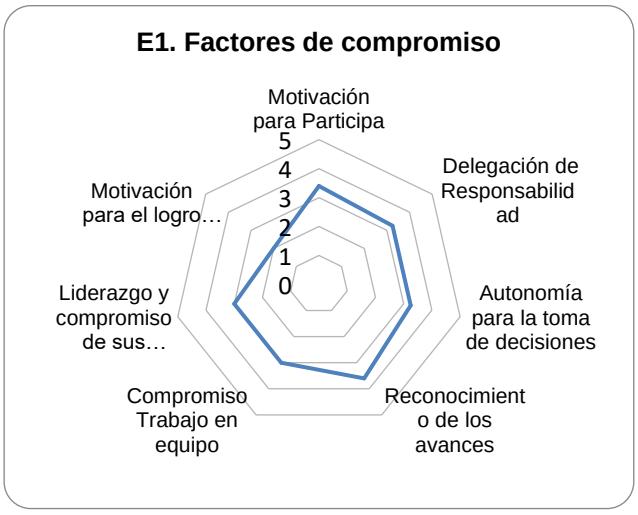


Figura 2. Factores de compromiso. Empresa Nivel 1

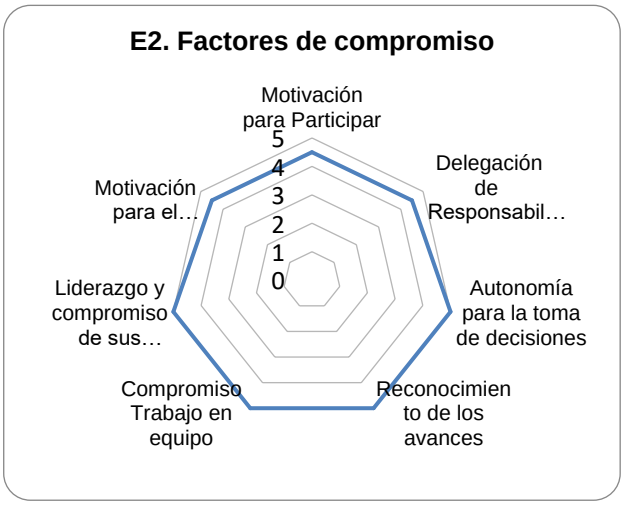


Figura 3. Factores de compromiso. Empresa Nivel 2

Las dos empresas abordaron distintos objetivos de mejora, pero en ambos casos los resultados fueron muy satisfactorios. El alcance de dichos objetivos estuvo altamente relacionado al involucramiento de los integrantes de los equipos de mejora que se refleja en los valores de compromiso que se obtuvieron en las encuestas.

Como se puede observar, la empresa de nivel 2 presenta valores prácticamente óptimos en todos los factores relacionados al compromiso organizacional a diferencia de la empresa de nivel 1que, si bien presenta valores buenos, no son tan altos como la otra empresa. Esta diferencia podría explicarse en función de lo comentado anteriormente con respecto a los puntos de partida de ambas organizaciones al comenzar el programa.

5. CONCLUSIONES.

Por medio de la revisión bibliográfica realizada se encuentra que numerosos autores, que definen factores para el compromiso organizacional de las empresas, coinciden con otros autores que hacen referencia a los factores necesarios para la implementación de proyectos de mejora o *Kaizen.*

Factores tales como la relación positiva o buena entre líder y colaborador, la motivación interna, la implicación en puesto de trabajo, la satisfacción laboral, la comunicación, la identidad y el liderazgo se encuentran entre los más relevantes para el logro tanto del compromiso como de *Kaizen*.

Por otra parte, considerando la realización de un programa de mejora en empresas de distinto nivel de conocimiento e implementación de acciones *Kaizen* se pudo comprobar la relación entre el compromiso y la facilidad para lograr objetivos de mejora.

La empresa de nivel 1, es una empresa en crecimiento donde se apreció el esfuerzo y el deseo de mejorar. Los grupos participantes en las actividades del programa siempre estuvieron muy bien predispuestos buscando implementar acciones donde creían posible la aplicación de las herramientas de 5S. Se logró incorporar nuevos hábitos que le permitirán seguir creciendo como equipo.

La empresa de nivel 2 demostró un total compromiso con el proyecto y al finalizar el mismo, pudieron superar el objetivo planteado eliminando prácticamente el problema. Además, en función de los buenos resultados obtenidos, actualmente se encuentra abocada a extender la metodología de mejora a otras áreas de la compañía.

En ambos casos se pudo observar la relación entre los factores de compromiso organizacional con la posibilidad y la facilidad de implementar proyectos *Kaizen*.

6. REFERENCIAS

Arciniega, L. (2002). Compromiso Organizacional en México: ¿Cómo hacer que la gente se ponga la camiseta? Dirección Estratégica, Revista de Negocios del ITAM, 2(1), 21-23. *Revista de Negocios del ITAM*, 2(1), 21-23.

Baez Santana, R. A. (2019). Modelo organizacional del compromiso organizacional en empresas cubanas. *Ingeniería Industrial*, Ing. Ind. vol.40 no.1 La Habana ene.-abr. 2019.

Bane, R. (2002). “Leading edge quality approaches in non-manufacturing organization”. *Annual Quality Congress Proceedings, ABI/INFORM Global*, 245-500.

Bateman, N., & Rich, N. (2003). Companies perceptions of inhibitors and enablers for process improvement activities. . *International Journal of Operations & Production Management*, 185-199.

Bessant, J. e. (1994). Rediscovering continuous improvement. *Technovation.*, 17-29. https://doi.org/10.1016/0166-4972(94)90067-1.

Castillo Espinoza, L. (2020). *Compromiso Organizacional y Mejora Continua en la UGEL.* Oxapampa: http://www.repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2480/T037_44533781_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Chiavenato, I. (2011). *Administración de Recursos Humanos.* México, D.F.: Mc Graw-Hill.

Coronado Guzmán, G. (2020). Compromiso Organizacional: Antecedentes y Consecuencias. *Conciencia Tecnológica*.

Formento, H. e. (2015). *El proceso de mejora continua. Claves para el desarrollo exitoso de las organizaciones.* Los Polvorines: UNGS.

Formento, H. R. (2007). *El proceso de mejora continua en PyMEs Argentinas: investigaciones y modelos posibles.* Los Polvorines. Bs.As.: UNGS.

Garcia-Sabater, J. M.-G. (2011). Can we still talk about continuous improvement? Rethinking enablers and inhibitors for successful implementation. . *International Journal Technology Management*, 55, 28-42.

Gómez, D. G. (2003). *K Sigma: Control de procesos para mejorar la calidad de la enseñanza (cómo identi□car entre lo mucho que es trivial lo poco que es crítico). .* México: WK Educación.

Gondhalekar, S., Babu, S., & Godrej, N. (1995). "Towards using Kaizen Process Dynamics: a Case Study". *International journal of Quality & Reliability Management*, No. 9, pp. 192-209.

Guevara Bedoya, L., & Fernández Poveda, L. (2015). "Work Engagement y Compromiso Laboral: ¿Es la edad un factor diferenciador?". *Revista Interamericana de Psicologia Ocupacional*, vol. 34, no. 2, July-Dec. 2015, pp. 108.

Hernández Bonilla, B.E. (2018). Motivos y factores que intervienen en el compromiso organizacional. *Revista Iberoamericana Para la Investigación y el Desarrollo Eduactivo*, 820-846.

Hershatter, A. E. (2010). Millennials and the world of work: An organization and management perspective. *Journal of Business and Psychology*, 25(2), 211–223. https://doi.org/10.1007/s10869-010-9160-y.

Hiam, A. (2003). *Motivational Management: Inspiring Your People for Maximum Performance.* Brodway, Nueva York: AMACOM, American Management Association.

Imai, M. (1996). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success.* Nueva York: Mc Graw-Hill.

Liker, J. &. (2008). *Toyota Culture: The heart and Soul of the Toyota way. .* New York: McGraw-Hill Professional Publishing.

Llapa Rodriguez, E. e. (2009). Compromiso organizacional y profesional del equipo de salud. *Enfermería Global*, Vol. 8 Núm. 3.

Marin Garcia, J. A. (2010). Identificación de los facilitadores clave de la mejora continua y su relación con las conductas. *Working Papers on Operations Management*, Vol 1, Nº 1 (6-11) .

Meyer, J., & Allen, N. (1997). *Commitment in the Workplace: Theory, Research, and Application.* California: SAGE Publications, Inc.

Naves, T. G. (2018). Compromiso Organizacional, cualidades psicométricas e invarianza del cuestionario de Meyer y Allen para enfermeros Portugueses. *Latino-Americana de Entermagem*, 26-40. doi:http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.2407.3021.

Nonaka, I. (1995). *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamic of Innovation. .* New York: Oxford University Press.

Olivares, G. S. (2012). *El compromiso Organizacional y la Satisfacción Laboral: Contextualización en una Institución de Educación Supeior en Aguascalientes. . .* Méxixo : Academia Española.

Pagell, M. (2004). Understanding the factors that enable and inhibit integration of operations, purchasing and logistics. . *Journal of Operation Management*, 459-487.

Ruiz de Alba Robledo, J. L. (2013). El compromiso organizacional: un valor personal y empresarial en el marketing interno. *Revista de Estudios Empresariales. Segunda época*, 1,67-86.

Thompson, G. (2012). Managing Millennials: A Framework for Improving Attraction, Motivation, and Retention. *The Psychologist-Manager Journal* , 15(4):237.

Trujillo Sotelo, A., Jiménez Almaguer, K. P., & Medina Quintero, J. M. (2015). La motivación, la formación y el desarrollo humano como factores de incidencia en el. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Infomátic*, vol. 4, núm. 11,pp. 35-56.

Watanabe, R. (2011). Getting ready for Kaizen: organization and knowledge management enablers. . *The Journal of Information and Knowledge Management System*, 428-445.

Womack, J. J. (2007). *The Machine that Changed the World Published.* New York: Simon & Schuster.

LAS REDES ORGANIZACIONALES COMO ESPACIOS DE APRENDIZAJES COMPARTIDOS

Carrizo, Nancy Alejandra; Castelló, Gonzalo Eduardo; Carrillo, Carla Daniela; Villalba, Karen Beatriz

Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional. carrizon@frd.utn.edu.ar; gcastello@frd.utn.edu.ar; ccarrillo@frd.utn.edu.ar; kvillalba@frd.utn.edu.ar

RESUMEN

Las redes organizacionales constituyen un fenómeno original y a la vez prometedor en las sociedades actuales ya que representan nuevas maneras de intercambiar información, articular esfuerzos solidarios y facilitar procesos de aprendizaje entre diferentes organizaciones y actores sociales. Este trabajo aborda esta temática en el marco de una investigación que analiza el caso de la Red CARICET, "**C**omité **A**sesor de **R**epresentantes **I**nterregionales de **C**ertificación de **E**specialidades **T**écnicas" del Programa de certificación de especialidades técnicas u oficios de la Universidad Tecnológica Nacional en el período 2009-2019 dentro el sector industrial, en el marco de una articulación multisectorial. Para abordar el término red, es de particular interés la línea teórica de la sociedad red y el nuevo paradigma informacionalista como nueva forma de entender el funcionamiento de la sociedad basada en la globalización, suceso que se ha ido desarrollando gracias a Internet. Se plantea determinar, en ese sentido, la forma en que el diálogo social de actores multisectoriales logra articular y poner en marcha un sistema de certificación de especialidades técnicas, donde cada nodo (Facultad Regional) de la Red se encuentre, satisface las necesidades territoriales e individuales de los diferentes actores destacando a los trabajadores y sus saberes productivos sin los cuales no tendría existencia dicho dispositivo. La configuración del entramado institucional de construcción de dicha Red CARICET como zona de innovación y aprendizajes compartidos es un capital muy enriquecedor para la Universidad Tecnológica Nacional, que se puede trasladar a otras iniciativas.

Palabras Claves: Redes organizacionales, CARICET, Certificación de Oficios UTN, Sociedad Red.

ABSTRACT

Organizational networks constitute an original and promising phenomenon in today's societies since they represent new ways of exchanging information, articulating solidarity efforts and facilitating learning processes between different organizations and social actors. This paper addresses this issue within the framework of an investigation that analyzes the case of the CARICET Network, "Advisory Committee of Interregional Representatives of Certification of Technical Specialties" of the Certification Program of technical specialties or trades of the National Technological University in the period 2009 -2019 within the industrial sector, within the framework of a multisectoral articulation. To approach the term network, the theoretical line of the network society and the new informational paradigm as a new way of understanding the functioning of society based on globalization, an event that has been developing thanks to the Internet, is of particular interest. In this sense, it is proposed to determine the way in which the social dialogue of multisectoral actors manages to articulate and implement a certification system for technical specialties, where each node (Regional College) of the network meets, satisfies the territorial needs and of the different actors highlighting the workers and their productive knowledge without which said device would not exist. The configuration of the institutional framework for the construction of said CARICET Network as a zone of innovation and shared learning is a very enriching capital for the National Technological University, which can be transferred to other initiatives.

Keywords: Organizational networks, CARICET, Certification of Trades UTN, Network Society.

1. INTRODUCCIÓN

Las redes de organizaciones constituyen un fenómeno original y a la vez prometedor de los últimos años en nuestro país, así como en otras sociedades ya que representan nuevas maneras de intercambiar información, articular esfuerzos solidarios y facilitar procesos de aprendizaje entre diferentes organizaciones y actores sociales (Forni et al., 2012). En términos generales, una organización red es aquella en la que un número de sujetos mantiene relaciones de intercambio entre sí en forma reiterada y duradera -a diferencia del mercado- y, simultáneamente, carece de una autoridad legítima -a diferencia de una burocracia- encargada de mediar y resolver los conflictos que puedan surgir durante el intercambio (Podolny y Page, 1998). Es característica de esta forma organizacional la presencia de una orientación valorativa entre las partes ("buena voluntad"), diferente del auto-interés propio del mercado y de la disciplina burocrática.

El hombre siempre se ha organizado en redes para su supervivencia. El trabajo colaborativo, la reciprocidad, los intereses particulares y colectivos, la solidaridad y los conflictos forman parte de la vida en sociedad. La red social es la forma en que se expresa la vida social (Speck, 1977), por lo tanto, los lazos o vínculos entre las personas y/u organizaciones son preexistentes a este análisis sobre redes. La red social es dinámica, con capacidad de expansión y puede cambiar su configuración, lo que da lugar a distintos modos de abordaje. Se amplía entonces la definición de red, para incluir a distintos actores sociales: "… una serie de nodos (personas, organizaciones) conectados por un conjunto de relaciones sociales (amistad, transferencia de fondos) de un tipo específico" (Mulford, 1984:136). Si hay acuerdo de que toda interrelación dotada de cierta estabilidad o regularidad toma carácter organizacional (Dabas y Nuñez, 2006), puede derivarse de ello que las organizaciones generalmente crean una estructura para facilitar la coordinación de actividades.

Para abordar el término red, es de particular interés en este trabajo el marco conceptual que además adiciona el de la sociedad red y el nuevo paradigma comunicacional que es el informacionalismo. En la sociedad red la realidad está construida por redes de información que procesan, almacenan y transmiten información sin restricciones de distancia, tiempo ni volumen (Castells, 2013). Esta nueva forma de entender el funcionamiento de la sociedad se basa en el fenómeno de la globalización, el cual se ha ido desarrollando gracias a internet.

Este trabajo de investigación surge como una inquietud de ampliar el conocimiento sobre una red llamada CARICET, cuyas siglas significan "Comité Asesor de Representantes Interregionales de Certificación de Especialidades Técnicas" del Programa de certificación de especialidades técnicas (oficios) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) del que participan varias Facultades Regionales de la misma*. En el marco del COINI 2021 se presentó un trabajo con avances generales de la investigación y este año presentaremos un apartado que aborda el funcionamiento de las redes organizacionales como espacios de aprendizaje compartidos, de innovación y construcción colectiva de saberes productivos.* La investigación es más amplia y a continuación, en esta introducción se comentarán los objetivos, metodología empleada, relevancia y justificación.

El Programa de Certificación de Oficios que comenzó en la Facultad Regional Delta, se replicó en otras Facultades Regionales de la UTN con características industriales parecidas, pero con improntas territoriales diferentes en algunos casos. La Red CARICET se creó en el año 2009 a partir de la firma de un convenio entre el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social (MTEySS) y la Universidad Tecnológica Nacional, en el marco del Plan Integral para la Promoción del Empleo.

El propósito de la investigación es analizar el funcionamiento de la Red CARICET en el período 2009-2019 dentro del sector industrial, en el marco de una articulación multisectorial, ya que en cada región se conforma una red de organizaciones llamada CARI (Comité Asesor Regional Interregional). El estudio se centra en el campo de las redes institucionales conformadas a partir de este programa en la red mencionada y los diferentes actores sociales que conforman la misma y la incidencia de su participación. El objetivo es satisfacer los requerimientos y exigencias modernas de logro exitoso, tanto para la organización e institución como para sus integrantes y los trabajadores en la certificación de sus competencias. El marco de análisis de la articulación organizacional de las esferas pública y privada, en este caso universidad- empresas- Estado, será muy enriquecedor desde varias perspectivas.

Esta red plantea la certificación de competencias de los trabajadores del sector industrial en varias Facultades Regionales de la UTN que participan de la misma y que tienen características particulares. Entre ellas se puede adelantar que estas facultades están emplazadas en zonas industriales cuentan con parques industriales que demandan mano de obra calificada y la solución

tecnológica encontrada desde la UTN, como una institución objetiva y neutral, fue el modelo de certificación de especialidades técnicas de tercera parte. Hoy los responsables del Sistema de certificación de oficios en cada regional (nodo de la Red) se plantean si frente a un escenario de cambios tecnológicos este esquema debe ser revisado, actualizado o tomar más funciones. En la Figura 1 se puede observar las Facultades Regionales que en la actualidad conforman la Red CARICET.

Figura 1: Distribución geográfica de las Facultades Regionales de la UTN en todo el país. Nota: El trazado en rojo corresponde a las Facultades Regionales que participan de la Red CARICET

Uno de los temas importantes en la actualidad respecto al trabajo, aparte de la preocupación que existe sobre cómo adquiere el trabajador las competencias necesarias para hacer frente a las transformaciones del mundo del trabajo, es la certificación de estas. Son varias las aristas que justifican la certificación de dichas competencias y está convirtiéndose en uno de los temas centrales del debate en el ámbito de la formación y el trabajo a nivel mundial. Desde los años 80 en la región se sentían las demandas para establecer procesos que permitieran evaluar y reconocer las competencias, adquiridas durante la vida laboral o por su propia cuenta y no en un ambiente educativo o formativo. Como señala Bertrand (2000), "todos los países comparten la preocupación por la calidad y la eficacia de la formación, por su transparencia y adaptación a las nuevas exigencias de las economías y necesidades de los adultos en un mundo en constante evolución" (2000:116).

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha impulsado desde siempre, no sólo la formación y el desarrollo de competencias, sino también los procesos de reconocimiento de aprendizajes previos. La definición adoptada por OIT/Cinterfor en un proyecto desarrollado en ese entonces, entendía la certificación como el "reconocimiento formal de las calificaciones ocupacionales de los trabajadores independientemente de la forma como hayan sido adquiridas". La Recomendación 195 (2004) exhortó a "adoptar medidas, en consulta con los interlocutores sociales y basándose en un marco nacional de cualificaciones, para promover el desarrollo, la aplicación y el financiamiento de un mecanismo transparente de evaluación, certificación y reconocimiento de las aptitudes profesionales, incluidos el aprendizaje y la experiencia previos, cualquiera que sea el país en el que se obtuvieren e independientemente de que se hubiesen adquirido de manera formal o no formal".

Irigoin y Vargas (2002) definen la certificación de competencias "como el reconocimiento público, formal y temporal de la capacidad laboral demostrada por un trabajador, efectuado con base en la evaluación de sus competencias en relación con la norma y sin estar sujeto a la culminación de un proceso educativo" (2002:75). Mediante este Programa de Certificación de especialidades técnicas,

un organismo de tercera parte (en este caso UTN) reconoce y testifica que una persona es competente para desempeñar una función determinada, en conformidad a un diseño curricular del oficio definido entre las partes interesadas (organizaciones capacitadoras, empresas, comunidad, sindicatos, cámaras, etc.), lográndose de este modo un estándar de calidad. Por cada ocupación, se elabora un diseño curricular que establece cuáles son las competencias que un trabajador debe poseer para certificar su trabajo, de acuerdo a la "Norma ISO 17024 Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los organismos de certificación de personas".

Los diseños curriculares se determinan para cada especialidad técnica y son adoptados por las Facultades Regionales de la UTN que se adhieren a la Red CARICET, es decir, que ningún diseño puede modificarse sin el consentimiento de esta. Los temas son tratados en las reuniones, lo mismo si hay que dar de alta algún módulo nuevo de una especialidad porque así lo requiere el territorio o una nueva especialidad ya que se debe modificar el banco de preguntas. Desde el año 2011 todas las bases de datos de personas certificadas y las preguntas que forman parte del banco de preguntas de las especialidades que se certifican, están bajo un sistema online administrado por la Facultad Regional Bahía Blanca. De esta manera, un trabajador que certificó en una Facultad Regional puede ir a la zona de otra Regional de la UTN que participa de la Red y si tiene el carnet vigente no debe volver a pasar por el proceso de certificación.

En este sentido, se pretende determinar, la forma en que el diálogo social de los actores organizacionales de múltiples sectores logra articular y poner en marcha un sistema de certificación de especialidades técnicas, donde cada nodo (Facultad Regional) de la Red se encuentre. Conocer si existen limitaciones para que cada nodo logre satisfacer las necesidades territoriales e individuales de los diferentes actores destacando a los trabajadores y sus saberes productivos sin los cuales no tendría existencia dicho dispositivo. Además, se indagará cómo los términos sociabilidad o transferencia, devienen en fundamentales para problematizar los usos de sentido común de la palabra red social que se pretendió formar a partir de un caso de éxito como fue el de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta y la incorporación paulatina de las demás Regionales hasta la conformación del CARICET.

Esta investigación se ha constituido bajo un paradigma constructivista e interpretativista que asume la existencia de realidades múltiples y busca comprender dichas estructuras de significado desde la propia perspectiva de los participantes y organizaciones, es decir, proveer explicaciones de razones o motivaciones de acción (Klimovsky e Hidalgo, 2012:21). Se utilizará el estudio de casos múltiples, diseños que permiten a partir de diferentes instancias de comparación extender los resultados empíricos hacia fenómenos de similares, condiciones y niveles más generales de teoría, así como elaborar explicaciones causales "locales" referidas a la comprensión de procesos específicos y en contextos definidos (Miles y Huberman, 1991). Esto es la UTN respecto a los procesos de certificación en cada una de las Facultades Regionales. A la vez se construyen categorías conceptuales, teorías a partir del trabajo empírico que permita plantear la Red como estudio de casos múltiples con un diseño mixto cuanti-cualitativo, con preponderancia del enfoque cualitativo. Este diseño mixto nos permitió alcanzar diferentes objetivos cognitivos así como articular estrategias metodológicas que puedan dar cuenta de la conexión entre contextos, por un lado, es decir, de las certificaciones de las Regionales, y mecanismos de agentes involucrados en este estudio por el otro, es decir, características o atributos generales de las diferentes realidades territoriales de las Facultades Regionales de la UTN que forman parte de la Red.

Con el objetivo de contextualizar el estudio de investigación en el período explicitado, se elaboró información cuantitativa a partir de los datos proporcionados por los administradores del Sistema Integral de Gestión online que recibe los resultados de las certificaciones de todas las Regionales (nodos de la Red). Se contó con informes documentales elaborados por las propias Regionales que llevaban sus indicadores y estadísticas y además se realizaron encuestas a empresarios pymes (empresas contratistas) y empresas grandes (empresas comitentes) para evaluar el impacto de la certificación con indicadores. Como técnica de producción de datos primarios cualitativos se llevaron a cabo entrevistas guiadas por pautas focalizadas a tres niveles en cada Regional, responsables del Programa de certificación de oficios (nivel estratégico), administradores y coordinadores (nivel ejecutivo) e instructores/evaluadores (nivel operativo). El orden hace referencia a poder contar con los relatos y vivencias de todos los actores sectoriales que integran la Red que participan de este proceso desde su óptica y el marco que potenció esta decisión de participar en la misma.

Este trabajo de campo se desarrolló desde fines del año 2019 hasta principios de 2021, con entrevistas en profundidad a informantes claves del Programa de certificación de oficios de las diferentes Facultades Regionales que participan en la Red. Además, se llevaron a cabo entrevistas

semiestructuradas tanto a referentes administrativos, coordinadores, técnicos e instructores/evaluadores de dichas instituciones, incluyendo análisis de documentación y normativa legal, metodológica, procedimental y técnica sobre la temática y el manejo del sistema con su impronta territorial. En términos analíticos, en el trabajo de investigación, se avanzó en la reconstrucción de la perspectiva de los actores de la certificación de competencias y su relación con el concepto de capacidad de trabajo en red, cultura tecnológica, competencias laborales, demandas productivas y competencias del trabajo del futuro.

Respecto a la factibilidad de llevar a cabo el estudio de investigación sobre el tema presentado, se planteó como un aporte el hecho de contar con una mirada holística acerca del Programa Certificaciones de Especialidades Técnicas extendida a la Red CARICET de la cual forma parte la UTN Facultad Regional Delta. Se logró contar con el aval de la Facultad Regional Delta y el resto de las Regionales que forman parte de la Red que participaron muy interesadas de la investigación.

1.2. Objetivo general

Analizar y describir el funcionamiento de la Red CARICET del Programa de Certificaciones de especialidades técnicas de la Universidad Tecnológica Nacional en el período 2009-2019, en el marco de una articulación multisectorial dentro del sector industrial.

1.3. Relevancia y Justificación

Desde el año 2009 un conjunto de Facultades Regionales de la UTN se reúne para conformar una red que denominaron CARICET, con el objetivo de trabajar juntas para dar impulso a una Red de certificación de especialidades técnicas. En aquel momento fuertemente apoyado el Programa de certificación por el Rectorado de la UTN y el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social que firman un convenio en el marco de la promoción de más y mejor empleo, se impulsa todo el escenario para una plataforma de despegue ideal de la Red. Las características que se suman a este propicio contexto y que son propias de la UTN son: su nacimiento como una Universidad Obrera con una fuerte cultura tecnológica, el acceso público y gratuito a carreras de ingenierías como base principal de su oferta académica y una fuerte presencia federal, ya que se encuentra en la mayoría de las provincias del país.

La certificación de oficios abre a las Facultades Regionales una puerta a la industria y replica el modelo con las improntas territoriales cuando la articulación de los actores sociales se realiza comprometidamente. Desde 2011 todas las personas que se certifican están bajo un sistema online administrado por una de las regionales, así un trabajador que certificó en una Facultad Regional puede ir a la zona de otra Regional y si el carnet está vigente no debe volver a rendir. Aquí podemos comenzar a ver el concepto de sociedad red y el nuevo paradigma informacional. El informacionalismo proporciona la base para un determinado tipo de estructura social denominado “sociedad red”. Sin el informacionalismo, la sociedad red no podría existir, pero esta nueva estructura social no es producto del informacionalismo, sino de un patrón más amplio de evolución social.

Se ha abordado desde la bibliografía la incidencia social y económica de la construcción de redes sociales de trabajo, y la importancia del capital social y cultural que se genera en las sociedades en las que desarrollan sus actividades los trabajadores. La contribución esperada es demostrar que la conformación de la Red CARICET aprovecha la distribución estratégica de las Facultades Regionales de la UTN (nodos de la red) realizando un trabajo mancomunado que excede los intereses particulares de las regionales. Además, abre un camino para utilizar las sinergias en pos de realizar un trabajo conjunto y de cooperación para fortalecer los nexos de los nodos de la red (CARICET) y que esto es fundamental para lograr avances significativos que individualmente serían más dificultosos. Se espera que la Red se fortalezca mediante un sistema de certificación de especialidades técnicas homologado externamente a la UTN e incorpore nuevas facultades regionales siempre y cuando éstas respondan a una demanda territorial insatisfecha.

2. DESARROLLO

2.1. Las redes organizacionales como espacios de aprendizajes compartidos

Las redes organizacionales difieren en su composición, duración en el tiempo, contenido de sus intercambios y nivel de formalización. En términos ideales, en una red se dan relaciones de reciprocidad, estando conformada la red por un sistema de relaciones donde se da una cooperación mutua y constante (Forni, et al., 2012). En la Sociedad Red, la realidad está construida por redes de información que procesan, almacenan y transmiten información sin restricciones de distancia,

tiempo ni volumen (Castells, 2019). Esta nueva forma de entender el funcionamiento de la sociedad se basa en el fenómeno de la globalización, el cual se ha ido desarrollando gracias a Internet. La sociedad red está conformada por una estructura social producto del acuerdo organizativo del humano en la relación con la producción, el consumo, la reproducción, la experiencia y al poder expresados mediante la comunicación significativa codificada por la cultura.

Con su Teoría de Actor Red, Latour (1995) define a *una red como un conjunto de posiciones en las cuales un hecho tiene significado* (1995:122). Esta concepción fue introducida antes de que la red fuera un concepto asociado a la tecnología, a las redes comunicacionales y digitales. Y de esta manera el autor denomina red a la forma en la que se producen los hechos, en un laboratorio, y en una comunidad científica: a través de discusiones, intercambios, publicaciones entre investigadores. También aquí, introduce su concepción sobre una simetría de la acción de humanos, tecnologías, artefactos, objetos; lo que permite hablar de una red como acción redistribuida (Latour, 2011: 2).

La diferencia acerca de las redes de Castells con las de Latour, es que en el primero están facilitadas, por las tecnologías que el *paradigma de la Tecnología de la Información* ofrece, pero la lógica de interconexión y la búsqueda de autonomía utilizando las redes son características propias de los actores. Castells (2005) sostiene que la revolución de las nuevas tecnologías *ha generado una discontinuidad en la base material de la economía, la sociedad y la cultura*, penetrando *en todos los dominios de la actividad humana no como una fuente exógena de impacto, sino como el paño con el que está tejida esta actividad* (Castells, 2005: 61). La sociedad red es la estructura resultante de procesos de transformación en dicha base.

Si bien ambos autores proveen un marco para analizar las interacciones sociales en red, sus desarrollos difieren. La construcción de teoría en Castells es en sí misma una operación flexible, *abierta y reconfigurable* (Stalder, 2006:201). Castells lo deja claro cuando habla de teoría *a disposición/descartable* (Castells, 2000ª: 6). En Latour, la teoría se construye siguiendo a los actores, a partir de la trazabilidad de sus asociaciones.

Volviendo a Castells la sociedad red es una estructura social propia de este momento histórico, es el resultado de la interacción entre el paradigma tecnológico basado en la revolución digital y determinados cambios socioculturales. Una red es un conjunto de nodos interconectados (…) la importancia relativa de un nodo no proviene de sus características especiales sino de su capacidad de contribuir a los objetivos de la red (Castells, 2019:27). Esta es la relación que por analogía se utilizará en este trabajo para nombrar a las Facultades Regionales como nodos que interconectados forman la Red.

El informacionalismo es un paradigma tecnológico, concierne a la tecnología, no a la organización social ni a las instituciones. El informacionalismo proporciona la base para un determinado tipo de estructura social denominado “sociedad red”. Sin el informacionalismo, la sociedad red no podría existir, pero esta nueva estructura social no es producto del informacionalismo, sino de un patrón más amplio de evolución social. Se han abordado desde la bibliografía la incidencia social y económica de la construcción de redes sociales de trabajo, y la importancia del capital social y cultural que se genera en las sociedades en las que desarrollan sus actividades los trabajadores.

Por esta razón la selección de estos conceptos de Castells resultan de utilidad para analizar el funcionamiento de la Red CARICET donde cada Regional es un nodo de esta red. En la era informacional, Internet es el fundamento principal de este nuevo modo de organización social en esferas tan dispares como las relaciones interpersonales, las formas laborales o los modos de construir la identidad propia. Esto se vio en los cambios que se suscitaron en la Red a partir de la introducción del “sistema integrado de gestión de la información online” donde se sistematiza toda la información de las Regionales que componen la Red.

Las entrevistas para este apartado fueron realizadas a los integrantes de la Red CARICET, responsables del Programa de certificación de especialidades técnicas de cada una de las regionales activas de la misma.

2.1.2. La construcción de la Red CARICET: el proceso de transferencia e implementación del sistema de certificación de oficios en las Facultades Regionales

El entramado institucional del proceso de construcción de la Red CARICET como zona de innovación -en perspectiva-, es un caso muy interesante de análisis ya que surge a partir de un sistema de certificación de oficios exitoso en la UTN FRD que se implementó en otras regiones del país. En palabras de uno de los informantes: *"primero hay que decir que el sistema tuvo éxito en cuanto se trasladó"*. En referencia quizás a un propósito un poco más ambicioso, llegar a las

Facultades Regionales de la UTN y otras regiones del país que lo requiriese, y socializar así la trayectoria del dispositivo como un espacio de generación de saberes tecnológicos y colectivos, aprendizajes compartidos.

De esta manera se comenzó a replicar el sistema de certificación en cada lugar con sus particularidades territoriales. Un entrevistado manifestó con *"marca UTN"*, y que para ello un día las universidades autoconvocadas acordaron *"hacer la red"*. Esto fue el inicio de la construcción del dispositivo en cada Regional formando en primera instancia el CARI, Comité Asesor Regional Interempresario, para hacer partícipes del proceso de certificación a todos los actores sociales y organizacionales de la región. De esta manera comunicarles, así como a las Facultades y a todos los que formasen parte, los conocimientos y requisitos del mismo y la generación de convenios que avalarían dichas acciones en el marco de este CARI para darle transparencia a todo el sistema. El objetivo final era tener una certificación única a nivel país, es decir si un trabajador certificado en una Regional de la Red iba a trabajar a otra región donde hubiera otra Regional que tuviera el mismo oficio y que perteneciera a la Red, no tendría que volver a certificar para ingresar a una obra o parada de planta.

Esto se lograría mediante el diseño y adaptación de los oficios en forma conjunta entre las Regionales en el CARICET con la formación de un organismo UTN con un mismo sistema, con la premisa mismo oficio, mismo sistema de evaluación que fue y sigue siendo un proceso muy complejo, pero que fue vivido intensamente por los directivos que se comprometieron. Castells (2019:27) aduce "entiendo por estructura social aquellos acuerdos organizativos humanos en relación con la producción, el consumo, la reproducción, la experiencia y el poder, expresados mediante una comunicación significativa codificada por la cultura" y en los relatos compartidos por los responsables del Sistema de certificación en las regionales se pudo vislumbrar esos acuerdos organizativos.

Un sistema de certificación de oficios que surgió en la UTN Facultad Regional Delta y se implementó en otras regiones del país era un hecho, además de la Facultad Regional San Nicolás (quienes tenían un sistema similar al de Delta), la próxima Regional en sumarse fue Bahía Blanca, que estaba capacitando en oficios técnicos y en seguridad e higiene desde hacía un tiempo. El desafío era replicar el modelo de certificación en otras Facultades Regionales con características similares a la de Delta -por ejemplo, un parque industrial importante- y lograr una certificación única a nivel país. Para lograr esto se debía llegar a consensos tales como mismo oficio, mismo procedimiento de evaluación. En el caso de Bahía Blanca, ellos tenían muy desarrollados los cursos de seguridad e higiene que no es una certificación. Se establecieron relaciones de manera de compartir información en áreas en las que ambas Regionales eran fuertes, así se comenzó con el diseño de oficios en forma conjunta entre Facultades.

Las tres Facultades presentaron en conjunto una propuesta a la Secretaría de Proyectos Especiales de Rectorado para desarrollar un sistema en común, basado en el que utilizaba Delta, que había llevado adelante el sistema por cinco años, desde el año 2003, con el pleno apoyo de las empresas de la región y con buenos resultados comprobables. Se decidió formar un organismo certificador de especialidades técnicas, con oficinas regionales en distintas Facultades de UTN que puedan replicar el modelo existente, teniendo en cuenta las necesidades de las empresas locales, la compatibilidad del sistema entre regiones y el compromiso de mejorar las competencias del mercado laboral en cada región, mediante la implementación de criterios y sistemas de certificación homologados.

Mientras esto se gestaba, surgió allí la necesidad en el Polo Petrolero de Neuquén de implementar el sistema de certificación, la misma fue presentada a través de una demanda del IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas). Para dar respuesta a esta necesidad, se decidió potenciar a la Unidad Académica Confluencia (hoy Facultad Regional del Neuquén) para llevar adelante este proyecto, con el aporte de especialistas de Bahía Blanca y Delta. En la actualidad certifican varios oficios que desarrollaron a demanda del IAPG y la misma experiencia UTN – IAPG fue replicada en la Facultad Regional Mendoza.

Una referente del sistema de certificación de oficios en Delta sintetiza lo que el trabajo llevado a cabo por su secretario antecesor significó; describiéndolo como un predicador de la certificación. Sostiene que dicho secretario tuvo la habilidad de dar respuesta a las inquietudes que se planteaban desde otras Regionales y que, convencido de los beneficios del programa para los trabajadores y el medio productivo, comenzó a visitar otras facultades y socializar experiencias. Así inició el entramado institucional del proceso de construcción de la Red CARICET como zona de innovación y aprendizajes compartidos. La conceptualización del aprendizaje organizacional como un proceso

de adaptación, un conjunto de significados compartidos, la relación entre procesos y resultados y el resultado de la experiencia institucional, finalmente, se visibiliza (Shrisvastava, 1983).

Del análisis de la forma de replicar el sistema de certificación en cada lugar con sus particularidades regionales, surge la idea de conformar un *Organismo UTN* con un mismo sistema, de manera que las credenciales emitidas en una regional para un oficio tengan validez en otra, es decir, hacerlo en forma conjunta en vez de separada. La informante menciona que si las empresas no hubiesen planteado esta necesidad nada de esto hubiese sucedido ya que *"no era lo que estaba en nuestra mira"*.

La Facultad Regional Bahía Blanca trabaja de forma muy comprometida con el medio en el que está inserta, muy emprendedora, en un polo industrial muy importante del sur de la provincia de Buenos Aires. Tiene "aliados o socios estratégicos", como ellos los llaman, que lograron conformar una red productiva donde nadie quedó afuera: gobierno, empresas y universidad. Etzkowitz y Leydesdorff (2000) introducen el concepto de "Triple Hélice" para reformular la articulación entre universidad, industria y agencias gubernamentales. La propuesta del modelo de Triple Hélice modifica sustancialmente el papel tradicional de la universidad ya que se la concibe como una universidad emprendedora otorgándole un rol central en la innovación, que se podrán apreciar en todos los proyectos que llevan adelante. Antes de ingresar a la Red CARICET, la UTN FRBB desarrollaba capacitación en oficios en un centro denominado C4P, "Centro de Capacitación y Certificación de Competencias Profesionales" en el Parque Industrial Bahía Blanca. Allí comenzaron con el oficio de soldadura y este espacio con aulas y talleres fue provisto por el consorcio de empresas del Parque industrial, es el que en la actualidad utilizan para la certificación de oficios.

La tercera función de la universidad cobra cada vez más importancia, transferir conocimientos, atender demandas de la sociedad en la que está inserta; por eso la necesidad de que ésta asuma nuevos compromisos en un mundo cambiante deponiendo tradicionalismos y corporativismos que han conducido en ocasiones a "un conocimiento restringido a grupos de saberes específicos o al enclaustramiento de ideas" (De Melo, 2009). La certificación de oficios se realiza en el marco del programa "Supérate", donde se certifican los oficios de mecánico de mantenimiento, montador mecánico, electricista de mantenimiento, montador eléctrico, cañista, montador cañista, instrumentista especialista en válvulas de control e instrumentista general.

El informante de la UTN Facultad Regional Bahía Blanca comenta que en los inicios de la certificación encontró un programa ordenado. Estaba al tanto del funcionamiento del mismo, los beneficios para los trabajadores y las empresas y las interacciones mantenidas con el secretario de Delta de aquel entonces. Las estrechas relaciones mantenidas entre la FRBB y el sector industrial, le permitió ver rápidamente que la certificación era una oportunidad para complementar todos los esfuerzos que se venían haciendo en materia de elevar la calidad de empleo de la región y comenzó a mantener reuniones con empresas del polo petroquímico.

Por su parte, la persona entrevistada en la Facultad Regional San Nicolás, al referirse a la Red CARICET, comentó el trabajo que venían realizando las universidades autoconvocadas con el tema de certificaciones y capacitaciones en oficios en forma regional. Entonces en conversaciones surgió la posibilidad de *"hacer la red"*. La Red se presentaba como una posibilidad, según él, de homogeneizar la "*marca UTN"*. Este objetivo se llevaría a cabo con una certificación única, con un mismo patrón de examen teórico y práctico y que sea igual de atractiva y resolutiva para las empresas de cada área donde hubiera una Regional de la Red. La UTN Facultad Regional San Nicolás es la más próxima a la Facultad Regional Delta y con la que comparte un cordón industrial similar de empresas de rubros afines, conocimiento de las mismas, trabajadores con calificaciones necesarias similares, mismas problemáticas, pero también la confiabilidad de las empresas para apostar a la certificación.

En el caso de la Facultad Regional del Neuquén la necesidad de implementar el sistema de certificación de oficios surgió en el Polo Petrolero de Neuquén, a demanda del IAPG Seccional Comahue, que vincula a Neuquén, Río Negro y La Pampa. Allí surgió el interés por el modelo desarrollado en la UTN FRD y propone llevarlo a Neuquén para responder a esta necesidad. Se contactaron con Delta para ponerse al tanto de los conocimientos y requisitos del proceso de certificación de oficios que debían cumplir en Neuquén como oficina regional. El informante comenta que les enseñaron el proceso, abrieron las puertas y fueron a formarse y a capacitarse. De esta manera se decidió potenciar a la Unidad Académica Confluencia (hoy UTN FRN) para llevar adelante este proyecto, con el aporte de especialistas de Bahía Blanca y Delta. Estas dos instituciones colaboraron en el diseño y adaptación de algunos de los oficios a las necesidades de

la región: el escenario petrolero era diferente, uno de los oficios prioritarios fue el de electricistas para la industria del petróleo, ellos contaban con avezados ingenieros y docentes, pero no del área electricista, por lo tanto, en esto colaboró especialmente la Facultad Regional Bahía Blanca.

Posteriormente se armaron comisiones con el IAPG para la generación de convenios con la finalidad de la formación del CARI local de la mano del IAPG Seccional Comahue en el año 2008, acompañados por Delta y Bahía Blanca. El primer oficio que se elaboró localmente fue el de electricista para la industria del petróleo y gas. La industria ya tenía una matriz de riesgo e impacto formulada y querían abordar ese oficio por cuestiones de seguridad, sobre todo incidentes y accidentes y también temas de calidad. Se comenzó con el primer oficio y en seis meses pudieron lograr tener un programa validado por el CARICET, además la etapa del armado de un espacio físico para las prácticas y comenzar con el armado de los talleres.

Como resultado de los fuertes lazos con la industria se lograron donaciones de equipamiento para llevar adelante las prácticas y la primera certificación. Así como algunas universidades o facultades pueden tomar diferentes posturas frente a los desafíos que se le presentan frente al hecho de vincularse con el medio externo hay otras que no temen a los desafíos. La universidad urbana comprometida emerge entonces como alternativa con una agenda que conjuga responsabilidad e involucramiento social desde la perspectiva de considerar a la universidad como un bien nacional público, social y colectivo (Jaramillo, 2002).

La Facultad Regional Mendoza se incorporó a la Red CARICET en el año 2011, también a demanda del IAPG. Años más tarde lo hace la Regional Santa Cruz, última Facultad Regional que se incorpora en el período que abarca este trabajo de investigación. El Centro de Certificación de Oficios en la Facultad Regional Santa Cruz surge desde una iniciativa conjunta entre la Facultad Regional y el IAPG (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) Seccional Río Gallegos, y sus empresas asociadas. El 29 de junio de 2017 se llevó a cabo la firma del Acta Constitutiva con el objeto de formar un Comité Asesor Regional Interinstitucional (CARI) para la Certificación de Especialidades Técnicas en la región. En primera instancia la especialidad que se certificó fue la de electricista industrial, hoy por cambios en la gestión no está participando activamente.

Mientras se realizaban las entrevistas de esta investigación, se incorporó una nueva Regional a la Red, la UTN Facultad Regional Córdoba, una facultad muy importante y en una zona industrial extensa. El primer compromiso asumido fue la actualización del sistema integrado de gestión del CARICET, con el objetivo de mejorar los métodos de búsqueda, agilizar la información solicitada por las diferentes Regionales que forman parte de la Red, los saberes productivos, etc. Otras Facultades Regionales que mostraron interés en el sistema, pero no prosperaron hasta el momento fueron Avellaneda, La Plata, Rafaela, Rosario, Venado Tuerto, Villa María, San Francisco, Santa Fe, La Rioja, Chubut y Tucumán

2.1.3. El valor de la Red y la capacidad de los actores sociales que participan de organizarse en red

Cuál es el valor de una red no tiene una respuesta definida en la sociedad red. Valor es lo que se procesa en cada red dominante, en cada momento, en cada lugar, según la jerarquía programada en la red por quienes actúan sobre la red (Castells, 2006:53). Algunas cuestiones inherentes a las realidades regionales, a cada uno de estos nodos de la red en cuanto al valor que le otorgan a la misma y a la capacidad para organizarse en ella. El concepto de valor será asociado a los saberes productivos, tecnológicos y a la legitimación de los mismos a través de la visión de quienes tienen una mirada más holística del sistema y lo impulsaron. Si bien no hubo mayor rotación de los directivos que iniciaron el sistema de certificación de oficios, cuestión que le otorga el valor de mantener este proceso, la incidencia del paso de los años, los cambios del entorno externo, los cambios tecnológicos, la falta de recursos, hacen que las cosas tengan cierto grado de dificultad, pero se mantenga la confiabilidad en el sistema UTN.

La instancia de las entrevistas fue un espacio de repensar en un relanzamiento de la temática de la certificación, de que hay que estar preparados para cuando se produzca la reactivación. El valor de la red es indudable. A las Regionales se le abrió las puertas a industria y esto que mencionó un secretario sucedió en la mayoría de los casos, *"la certificación es un tema importante para la Facultad Regional, lo dice la industria, a través de sus estadísticas, de calidad, de incidentes, accidentes".* Hay una percepción de que la Red no está tan activa debido a la pérdida de periodicidad de reuniones y con el objetivo de tener una coordinación más definida, se propone socializar las problemáticas comunes y de esta manera lograr el fortalecimiento y mantenimiento de la Red.

Asimismo, reconocen que existe capacidad para organizarse en red de los actores para retomar esa experiencia y hay diligencia en las respuestas a las necesidades por parte de los administradores de la Red CARICET, en la actualidad la UTN Facultad Regional Bahía Blanca. Lo fundamental a tener en cuenta es que para caracterizar una red no basta con conocer sus nodos, sino también las relaciones entre ellos. Una diferencia clave con otros modelos organizativos es que el valor de una red cuando nos referimos a un determinado propósito, por ejemplo, promover un sistema de certificación de especialidades técnicas único interregional, es más que la suma de sus nodos, y como resultado el valor será esa combinación de "nodos más conexiones". La Red funciona a pesar de los altibajos como ese espacio de co-construcción de aprendizajes, allí surgen patrones comunes para establecer un modelo y de esta manera repensar una marca local por una marca federal que caracteriza a la UTN con su impronta territorial. Uno de los informantes hace una autocrítica acerca de la pérdida de periodicidad de las reuniones; está convencido que hay que retomar esa experiencia.

2.1.4. La operatividad del CARI, nodo de la Red CARICET, sujeto central de la articulación para el reconocimiento de saberes productivos

La sociedad red está compuesta por nodos, estos nodos mantienen interacciones entre sí, estos nodos en la Red CARICET son los CARI en cada Facultad Regional, que a su vez está compuesta por otros actores sociales y organizacionales que en su propio territorio tienen un entramado y forman su propia red, una pequeña red que podemos observar en la Figura 2. Los integrantes de este comité CARI son representantes de: la Facultad Regional (personal de los distintos Departamentos intervinientes y oficina regional, que realiza la administración del sistema), las empresas comitentes (fundamental que participen ya que son afectadas directamente por el sistema de certificación, como mantenimiento o producción). Las empresas contratistas, representantes de las personas certificadas, de esta forma se estructura una pequeña red, nodo, que junto a los demás CARI de las Regionales crea el sistema o la estructura que llamamos Red CARICET.

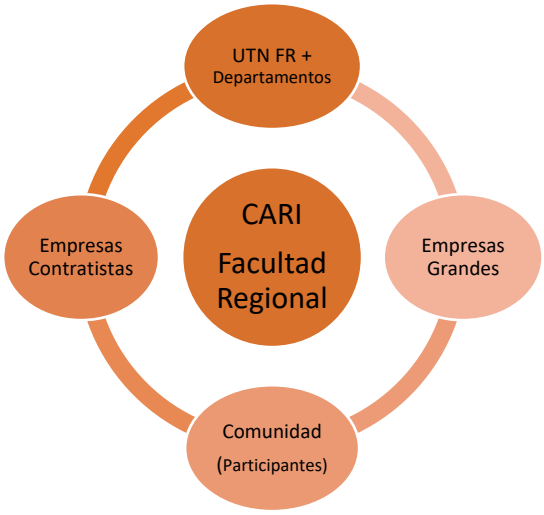


Figura 2: Ejemplo de un CARI regional con sus integrantes

El nodo es el sujeto central de la articulación en el reconocimiento de saberes productivos de la Red. Lo que resulta interesante destacar en la recolección de información es que los nodos (CARI regionales) en la actualidad funcionan de manera diferente: de acuerdo a la demanda, con fuerte compromiso, compromiso a medias, sin compromiso. En el caso de Bahía Blanca y Neuquén aún tienen un amplio apoyo de empresas. En el caso de la Regional Mendoza y la Regional San Nicolás tienen muy buenas relaciones con las empresas grandes, contratistas, pero no tienen CARI formal. El caso de Delta es el más llamativo ya que tuvo un CARI exitoso, pero actualmente no cuenta con el apoyo de las empresas impulsoras del Programa.

Con este abanico de realidades el análisis debe remitirse a cada región en particular y determinar las causas, pero se puede destacar que en general hay algunos conceptos que podemos poner en común. Que el sistema funciona cuando la interacción universidad- empresa es fuerte y sobre todo cuando las empresas apalancan el sistema de certificación de oficios. Como en esta sociedad en red las comunicaciones son dinámicas, también lo son los sistemas y, por tanto, estos nodos se destruyen y se crean otros nuevos y se moldea la estructura de la sociedad y lo local o territorial tiene mucha relevancia. Esto les da a los sistemas una característica: no son perennes, es decir, les

da flexibilidad y adaptabilidad, por lo tanto, la capacidad para autorreconfigurarse cobra importancia (Castells, 1999).

Mantener vivo el sistema atendiendo las demandas, los cambios tecnológicos, sobre todo mantener la comunicación con las empresas a través de encuentros hace que las mismas se comprometan si se ven en esa relación que ambas partes ganan. El equipamiento es muy caro para las universidades públicas que no cuentan con recursos para sostener y mantener talleres para brindar este tipo de servicios, si es que las empresas no colaboran. Si todos los actores sociales y organizacionales que conforman el CARI estuvieran en la misma sintonía para entender que la certificación es un instrumento de progreso, movilidad social para los trabajadores y que todo lo que se hizo y hace es por y para las personas, para obtener una calificación y diagnóstico, quizás la realidad de muchos trabajadores sería diferente. Esto es una sociedad en red, una sociedad compuesta por sistemas sociales interconectados como una red de comunicaciones que cada día cambia, que es flexible y que permite que se compartan experiencias y conocimientos entre sí e implementar los cambios que sean necesarios a nivel regional y nivel interregional (Castells, 1999).

Cada nueva Facultad Regional que se suma a la Red CARICET recibe la capacitación y el acceso al sistema integral de gestión y se definen los oficios que certificarán y si se deben realizar adaptaciones locales se realizarán en el marco del CARI regional. Por ello la formación del CARI regional es fundamental para resolver las problemáticas que se van presentando en el marco de la articulación regional respecto a la certificación de oficios, que luego serán tratados en reuniones del CARICET que deben tener mayor frecuencia para resolverse más diligentemente y dar respuestas a todos los miembros de la Red.

3. CONCLUSIONES

Las redes organizacionales como espacios de aprendizajes compartidos constituyen plataformas prometedoras en las sociedades actuales ya que representan nuevas maneras de intercambiar información, articular esfuerzos solidarios y facilitar procesos de aprendizaje entre diferentes organizaciones y actores sociales. En el caso presentado de la Red CARICET, se puede destacar que la riqueza de los testimonios de los responsables de llevar adelante la configuración del entramado institucional de construcción de dicha red como zona de innovación y aprendizajes compartidos es un capital muy enriquecedor para la Universidad Tecnológica Nacional. La socialización de saberes, las formas de hacer las cosas a través de procedimientos y normas, protocolos de comunicación fueron desafíos importantes que afrontar. La construcción de la Red fue un proceso que se dio aprovechando la experiencias y saberes productivos de los impulsores, en este caso de la UTN Facultad Regional Delta. Luego cada Facultad Regional fue adhiriendo con sus características. Estas características fueron el tamaño de las Regionales, el emplazamiento de las mismas generalmente cercanas a un polo industrial que demandó la certificación y vio la importancia para la mejora de las calificaciones de los trabajadores que ingresaban a las empresas.

En cuanto al valor de la Red y la capacidad de los actores sociales que participan, no hay dudas al afirmar que existe capacidad de organizarse en red, pero que implementar mejoras como sistematizar reuniones en forma periódica para tratar las problemáticas que se suscitan regionalmente sería conveniente. La certificación es un tema muy importante para la industria en cada una de las regiones donde el sistema está, para cada una de las facultades Regionales es una puerta para la industria. Por otro lado, los recursos tanto económicos como humanos en las Regionales es escaso ya que deben atender otras actividades. El desafío es encontrar la forma de revalorizar la Red CARICET en beneficio de cada una de las Facultades que la componen. La certificación debe mantenerse activa con un liderazgo operativo y trabajando articuladamente.

El CARI es el nodo, sujeto central de la articulación en el reconocimiento de saberes productivos en la Red, las Facultades Regionales quienes certifican. Su funcionamiento ha tomado en cada una de ellas diferentes matices como se ha mencionado, a pesar de ello, el Sistema de Certificación de Oficios en el año 2023 cumplirá 20 años desde su creación y sigue funcionando en el marco de una universidad pública, gratuita y federal, así puede tomarse como ejemplo para muchos otros programas que quieran implementarse.

4. REFERENCIAS

Bertrand, O. (2000). *Evaluación y certificación de competencias y cualificaciones profesionales*. Madrid, España. OEI.

Castells, M. (1999). *La era de la información. Economía, Sociedad y Cultura*. México: Siglo XXI Editores

(2000a). *Materials for an explanatory theory of the network society*. British Journal of Sociology, Vol. 51, Nº 1.

(2005). *La Era de la Información: economía, sociedad y cultura. Volumen 1, La Sociedad Red*. México: Siglo XXI Editores.

(2006). *La sociedad red: Una visión global*. 1era ed. Madrid: Alianza Editorial.

(2012). *La era de la Información. Volumen II: El poder de la Identidad.* United Kingdom: Wiley-Blackwell Publishing.

(2019). *La sociedad red: Una visión global*. 5ta ed. Madrid: Alianza Editorial.

Dabas, E. y Nuñez, R. (2006). Visibilizando redes comunitarias. En E. Dabas (ed.) Viviendo redes. Experiencias y estrategias para fortalecer la trama social (pp. 303-319). Buenos Aires: Ediciones Ciccus.

De Melo, Pedro (2009) *A transferencia de conhecimentos da universidade para o segmento empresarial: proposta de criacao de uma agencia de inovacao como mecanismo de interface interinstitucional na América Latina*. En Fernández Lamarra, N (Compilador), Universidad, Sociedad e Innovación. Universidad de Tres de Febrero.

Etzkowitz, H., y Leydesdorff, L. (2000). *The dynamic of innovation from National Systems of Innovation and "Mode 2" to Triple Helix of university- industry- government relations*. Research Policy Nº 29, 109- 123.

Forni, P., Castronuovo, L., & Nardone, M. (2012). *Las organizaciones en red y la generación de capital social. Implicancias para el desarrollo comunitario*. Miríada. Investigación en Ciencias Sociales, (8), 79-106.

Irigoin, M. y Vargas, F. (2002), *Certificación de competencias: Del concepto a los sistemas*. Trabajo extraído de la publicación: *"Competencia Laboral. Manual de conceptos, métodos y aplicaciones en el sector salud"* elaborado por Cinterfor/OIT. Boletín 152, pp. 75-88.

Jaramillo, A. (2002), *La universidad frente a los problemas nacionales*. Remedios de Escalada: UNLa.

Klimovsky, G. e Hidalgo, C. (2012). *La inexplicable sociedad. Cuestiones de epistemología de las ciencias sociales*. Buenos Aires: A-Z editora.

Latour, B. y Woolgar, S. (1995). *La vida en el laboratorio*. Madrid: Alianza Editorial.

Latour, B. (2011). *Networks, Societies, Spheres: Reflections of an Actor- network Theorist*. International Journal of Communication, Nº 5, pp. 796–810.

Miles, M. y Huberman, A. (1991). *Analyse des données qualitatives*. Recueil de nouvelles méthodes. París, De Boeck Université.

Mulford, Ch. L. (1984). Interorganizational Relations: Implications for Community Development. New York: Human Sciences Press.

OIT: Resolución Nro. 195/2004 - *Recomendaciones sobre el desarrollo de los recursos humanos: educación, formación y aprendizaje permanente*, 2004. Ginebra, junio de 2004.

Podolny, J. y Page, K. (1998). *Network Forms of Organization*. Annual Review of Sociology, 22 (1) 57-77.

Shrisvastava, P (1983). *Tipología de los sistemas de aprendizaje organizacional*. Revista de Ciencias de la Gestión, *20*, (1), 7-28.

Speck, F. (1977). Naskapi. Norman: University of Oklahoma Press

Stalder, F. (2006). *Manuel Castells and the Theory of the Network Society*. EEUU: Polity Press.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional y a todas las Facultades Regionales que forman parte de la Red CARICET y que colaboraron con sus testimonios para visibilizar un enorme trabajo que se realizan en pos de la mejora de las condiciones de empleabilidad de los trabajadores y reconocimiento de su oficio.

ORIENTACIONES ESTRATÉGICAS, CARACTERÍSTICAS Y RELACIONES: SECTOR HOTELERO CON INFRAESTRUCTURA PARA TURISMO DE NEGOCIOS DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN, COLOMBIA

Quesada Castro, María del Rocío; Rojas Mora, Jessica María

Facultad de Administración, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid; Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas, Institución Universitaria ITM
Mrquesada@elpoli.edu.co; jessicarojas@itm.edu.co

RESUMEN

El sector hotelero de turismo de negocios se proyecta como un rubro importante para la ciudad de Medellín (Antioquia) y para toda Colombia. En el año 2019, Medellín tuvo una ocupación hotelera promedio anual de 60,25 %, según información del Sistema de Indicadores Turísticos de Medellín. También, fue reconocida por el World Travel Awards como el “Mejor destino de reuniones en Latinoamérica”. Como consecuencia de la pandemia de COVID-19, hubo cierre de hoteles, disminución de personal y de la participación en la actividad económica. Al año 2022, la reactivación ha sido lenta. Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta el impacto de la orientación estratégica en el desarrollo de objetivos, optimización de capacidades y asignación de recursos de la organización, el estudio investigó las relaciones más relevantes entre las orientaciones estratégicas al aprendizaje, a la tecnología y al mercado. La investigación fue de tipo causal, el método de recolección de datos fue cuantitativo, mediante cuestionario aplicado a gerentes de 53 hoteles con infraestructura para turismo de negocios en Medellín. El tratamiento de datos se realizó con el *software* estadístico R, versión 4.0. Los resultados muestran que las orientaciones son complementarias: se apoyan mutuamente. Las relaciones más significativas se presentan en la influencia de la orientación al aprendizaje en la orientación al mercado y la orientación a la tecnología en la orientación al mercado, y viceversa. Además, cuando la orientación al aprendizaje se convierte en el lineamiento más importante dentro de los hoteles, la relación entre las otras orientaciones se fortalece. En menos del 53 % de los hoteles de Medellín con infraestructura para el turismo de negocios hacen esfuerzos en las orientaciones estratégicas, debido a la poca importancia dada al impacto entre los lineamientos estratégicos (orientaciones) como oportunidad de mejora del rendimiento y fortalecimiento de la competitividad en la gestión turística.

Palabras claves: Orientación estratégica, Hoteles, Turismo de negocios.

ABSTRACT

The business tourism hotel sector is projected as an important item for the city of Medellin (Antioquia) and for all of Colombia. In 2019, Medellin had an average annual hotel occupancy of 60.25%, according to information from the Medellin Tourism Indicators System. Also, it was recognized by the World Travel Awards as the "Best meeting destination in Latin America". As a consequence of the COVID-19 pandemic, there was a closure of hotels, a decrease in personnel and participation in economic activity. As of 2022, the reactivation has been slow. Based on the foregoing, and taking into account the impact of strategic orientation on the development of objectives, optimization of capacities and allocation of organizational resources, the study investigated the most relevant relationships between strategic orientations to learning, to technology and to the market. The research was causal; the data collection method was quantitative, through a questionnaire applied to managers of 53 hotels with infrastructure for business tourism in Medellin. Data treatment was performed with the statistical software R, version 4.0. The results show that the orientations are complementary: they support each other. The most significant relationships are found in the influence of learning orientation on market orientation and technology orientation on market orientation, and vice versa. Furthermore, when the learning orientation becomes the most important guideline within the hotels, the relationship between the other orientations is strengthened. In less than 53% of the hotels in Medellin with infrastructure for business tourism, they make efforts in the strategic orientations, due to the little importance given to the impact between the strategic guidelines (orientations) as an opportunity to improve performance and strengthen competitiveness. in tourism management.

Keywords: Strategic orientation, Hotels, Business tourism.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en el ambiente competitivo (picos de demanda imprevistos, guerras arancelarias, calentamiento global, pandemia) son interrupciones en la relación entre la demanda y la oferta de las organizaciones, las cuales crean incertidumbre y afectan sus condiciones de desempeño y competitividad. Es lo que ha ocurrido desde la aparición del COVID-19 y su extensión global, por cuanto se han tomado medidas drásticas para afrontar esta pandemia, las mismas que han afectado los diferentes sectores de la economía y sus actividades.

El sector turístico es uno de los más afectados por la pandemia de COVID-19. La Organización Mundial del Turismo (OMT) estima una caída del sector en el ámbito mundial de entre el 20 % y el 30 %, lo cual frenó el crecimiento económico global y debilitó la cadena logística del turismo (cada eslabón que la conforma) poco a poco (Organización Mundial del Turismo [OMT], 2020). Lo anterior llevó a que algunas organizaciones hoteleras (micro, pequeñas y medianas empresas) cerraran definitivamente.

En el caso de la hotelería de Medellín, a 2019 operaban 526 micro, pequeñas, medianas y grandes organizaciones; entre estas, 101 hoteles tenían infraestructura para la prestación de servicios de negocio y estaban interesados en fortalecer los servicios ofertados. A 2021 permanecían en el mercado un total de 53.

Por otra parte, las gerencias de dichas organizaciones turísticas, en general, aunque cuenten con estudios universitarios y de posgrado, solo tienen visión de negocio, pero no visión de empresa (lineamientos estratégicos, alianzas y plan de inversión, entre otros), para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente y proveerlo en un horizonte a largo plazo que permita la continuidad de la organización.

En consecuencia, el turismo de negocio beneficia principalmente a grandes hoteles, no a los micro, pequeños y medianos. Así, se ha hecho necesario establecer estrategias de mejora con el fin de reactivar el sector de turismo en general, las cuales involucran la reevaluación y la reconfiguración de sus lineamientos estratégicos (orientaciones), que dan dirección a la gestión de los hoteles (Barbosa y Coelho, 2019; Puspita, Christiananta, y Ellitan, 2020; Krzakiewicz y Cyfert, 2019; Pehrsson, 2020). Lo anterior les ayudará a anticiparse y responder más rápida y efectivamente a la rivalidad basada en la ventaja competitiva (Maulina y Natakusumah, 2020).

1.1. Orientaciones estratégicas

Las orientaciones estratégicas son directrices para el desarrollo de la estrategia empresarial que dirigen e influyen en las actividades, creando así un comportamiento que facilita el pensamiento crítico, la configuración de los recursos y su interacción con el mercado en el que operan (Gatignon y Xuereb, 1997, p. 86; Slater y Narver, 2000, p. 70; Hakala, 2011, p. 201), y apuntan a lograr un desempeño superior que se traduce en una ventaja competitiva (Ifeoma y Nosike, 2020, p. 609; Ferreira, Coelho y Weersma, 2019; Puspita, et al., 2020).

En las últimas cuatro décadas, el estudio de las orientaciones estratégicas se ha pronunciado (Schweiger et al., 2019), considerándose un recurso importante para el desempeño organizacional, el cual requiere de precisión en su determinación (Puspita et al., 2020).

La mayoría de estudios han sido realizados desde su influencia individual; sin embargo, la incertidumbre que se presenta en el entorno y la complejidad en las relaciones de la organización muestran la necesidad de los administradores de considerar la complementariedad de las orientaciones (Schweiger, Stettler, Baldauf y Zamudio, 2019; Syahdan, Djaelani y Mahdi, 2020) para un mayor impacto en el desempeño organizacional y ventaja competitiva.

Varios académicos han llevado a cabo estudios que muestran que se deben continuar evaluando las configuraciones de las orientaciones para conocer las relaciones más fuertes (Barbosa y Coelho, 2019; Puspita et al., 2020; Krzakiewicz y Cyfert, 2019; Pehrsson, 2020), que favorecen la planeación, destinación, direccionamiento y control de esfuerzos y recursos, para apuntar al logro de objetivos, disminución de costos y generación de valor organizacional.

Esta investigación complementa los estudios anteriores de varias maneras: primero, brinda mayor evidencia de las relaciones entre las orientaciones estratégicas al mercado, a la tecnología y al aprendizaje. En segundo lugar, proporciona mayor evidencia del impacto de relaciones entre variables, de forma individual (una a una) y múltiple (dos a una), para la mejor inversión y administración de recursos.

Algunas orientaciones estratégicas son al mercado, emprendimiento, *supply chain*, tecnología, innovación, aprendizaje. Para este estudio se trabajó con las orientaciones al mercado, al aprendizaje y a la tecnología.

1.1. 1 Al mercado

Se refiere al enfoque de la organización en el conocimiento del mercado, gustos, deseos, expectativas (inteligencia), con el objetivo de dar mayor satisfacción a los clientes, y conocer las necesidades actuales y futuras del sector y de los competidores (Shapiro, 1988, p. 121; Narver y Slater, 1990, p. 21; Kohli y Jaworski, 1990, p. 2; Ruekert, 1992, p. 228 Deshpande, Farley y Webster, 1993, p. 27; Varadarajan y Jayachandran, 1999, p. 121; Jiang, Rosati, Chai y Feng, 2020, p. 1905).

Para su desarrollo, la empresa diseña estrategias de difusión del conocimiento en todas las áreas, a fin de desarrollar bienes y servicios que satisfagan requerimientos y expectativas de clientes o usuarios (Homburg y Pflesser, 2000, p. 450; Khamwon y Speece, 2006, p. 44; Bamfo y Kraa, 2019, p. 3; Hariandja y Mulyani, 2020, p. 144), maximizando así el rendimiento de la empresa (Kohli y Jaworski, 1990, p. 5; Pratono, Darmasetiawan, Yudiarso y Jeong, 2019, p. 4).

Otro resultado de la orientación al mercado es que desarrolla la capacidad de generar cultura y comportamiento alrededor de las necesidades de aquel (Osborne y Strokosch, 2021, p. 5), y que la función del *marketing* esté coordinada con el resto de actuaciones desarrolladas en la organización y sea asumida como cultura.

En la literatura hay varias perspectivas de la orientación al mercado: perspectiva de la toma de decisiones interdepartamental basada en el mercado, propuesta por Shapiro (1988, p. 120); perspectiva de inteligencia de mercado, o al comportamiento, propuesta por Kohli y Jaworski (1990, p. 6); y perspectiva basada en la cultura (Narver y Slater, 1990, p. 21).

También, la perspectiva del enfoque estratégico, desarrollada por Ruekert (1992, p. 228), y la perspectiva de orientación al cliente excluyendo al competidor e incluyendo la coordinación interfuncional, propuesta por Deshpande, et al., (1993, p. 27) y Jaworski, Kohli y Sahay (2000, p. 47), han establecido la perspectiva basada en el impulso al mercado, la cual afirma que la organización es receptiva o proactiva a los cambios de aquel.

1.1.2 Al aprendizaje

Las organizaciones se enfocan en este recurso estratégico basado en un proceso continuo de toma de decisiones a partir de la gestión del conocimiento tácito y codificado, obtenido por estudios del entorno y experiencia, el cual convierte al conocimiento particular en organizacional (Kadarusman y Mauludin, 2020, p. 4; Calantone, Cavusgil y Zhao, 2002, p. 521).

Las organizaciones desarrollan sus estrategias y capacidades para compartir y utilizar el conocimiento obtenido (Baker y Sinkula, 1999, p. 413; Liu, Luo y Shi, 2002, p. 369; Calantone, et al., 2002, p. 517; Pastor, Rodríguez y Collado, 2019, p. 4), con el fin de monitorear continuamente su enfoque y estrategia frente al entorno, y así mantener su ventaja competitiva (Calantone, et al., 2002, p. 516; Vij y Farooq, 2015, p. 15).

Además, estimula la generación, aceptación y desarrollo de nuevas ideas, lo que constituye la base del mejoramiento (innovación) de procesos y productos (Hurley y Hult, 1998, p. 43; Atitumpong y Badir, 2018, p. 36).

En la literatura, la orientación al aprendizaje se operacionaliza con las siguientes dimensiones o componentes: compromiso con el aprendizaje, visión organizacional compartida, mentalidad abierta e intercambio de conocimiento intraorganizacional.

El compromiso con el aprendizaje se refiere a dar oportunidad a los miembros de la cadena de abastecimiento para adquirir, evaluar, divulgar y apropiar el conocimiento adquirido. La visión organizacional compartida se refiere a desplegar la visión o norte definido a todos los integrantes de la cadena e internamente, con el fin de dirigir los esfuerzos hechos al propósito común y optimizar el uso de los recursos.

La mentalidad abierta es la habilidad de evaluar las estrategias y tácticas, aceptando nuevas ideas y desaprendiendo el conocimiento obsoleto. El intercambio de conocimiento intraorganizacional se refiere a la difusión del aprendizaje entre las áreas de la organización y entre organizaciones, para ser almacenado como una memoria de la empresa que pueda ser consultada antes de emprender futuras acciones (Sinkula et al., 1997, p. 310; Calantone, et al., 2002, p. 515; Pastor et al., 2019, pp. 5-6).

1.1.3 A la tecnología

Se refiere al seguimiento constante de desarrollos tecnológicos en el mercado (Gatignon y Xuereb, 1997, p. 81), con el propósito de respaldar los procesos operativos y los procesos comerciales (Handrimurtjahjo y Sasmoko, 2020, p. 1698), y fortalecer la ventaja competitiva y el valor para todos los miembros de la cadena de abastecimiento (Idrus, Abdussakir y Djakfar,2020, p. 2352).

Lo anterior se realiza mediante la investigación, desarrollo e innovación de soluciones tecnológicas en procesos, productos y habilidades diferenciadoras y únicas (Panda y Ramanathan, 1996, p. 565; Voudouris, Lioukas, Latrelli y Caloghirou, 2012, p. 402; Hariandja y Mulyani, 2020, p. 148), con la actitud de cambiar, dar forma al medioambiente y estar dispuestos a comprometer recursos para aprovechar oportunidades inciertas (Chemutai, 2019, p. 27).

Las dimensiones que son consideradas por algunos investigadores son infraestructura, personal, conocimiento, reconfiguración (Maulina y Natakusumah, 2020, p. 122), desarrollo de una mentalidad tecnológica (y utilizarla para mejorar o crear productos y servicios), inversión en el monitoreo, adopción de innovaciones tecnológicas y compromiso con las nuevas tecnologías (Faisal, Hermawan y Arafah, 2018, p. 26).

A esto se suman el uso de tecnologías complejas en el desarrollo de nuevos productos, la rápida integración de nuevas tecnologías, el desarrollo proactivo de nuevas tecnologías y la creación de nuevas ideas de productos (Celikya y Adiguzel, 2019, p. 46).

1.1.4 Relación entre orientaciones estratégicas

En la literatura revisada se muestran las orientaciones estratégicas como configuración multiestratégica, o sea que se deben desarrollar y utilizar varias para maximizar el impacto en el desempeño y ventaja competitiva (Balodi, 2014, p. 191; Krzakiewicz y Cyfert, 2019, p. 8; Hariandja y Mulyani, 2020, pp. 144-145; Habib et al., 2021, p. 2). Sin embargo, todavía no se ha desarrollado un enfoque común para integrar varias de ellas (Krzakiewicz y Cyfert, 2019, p. 8).

Algunas de estas investigaciones son las siguientes: Puspita et al. (2020) analizan la influencia de las orientaciones estratégicas al mercado, empresarial y a la tecnología, y las capacidades de la cadena de suministro e innovación en la generación de ventaja competitiva. Syahdan et al. (2020) seleccionan las orientaciones al mercado, al aprendizaje y a la tecnología, y su impacto en el desempeño organizacional.

En la investigación de Hakala (2011) se sintetizan tres enfoques para comprender la influencia de múltiples orientaciones estratégicas en el desempeño de la empresa: secuencial (una de ellas es la dominante), alternativo (una orientación es mejor o más útil según el entorno en el que opera) y complementario (todas las orientaciones coexisten y se apoyan entre sí), con valor particular (2011, pp. 200-201).

Ningún enfoque único explica completamente la relación entre múltiples orientaciones estratégicas y el desempeño de la empresa (Han y Zhang, 2021, p. 2).

También Schweiger et al. (2019) resaltan que, además de los esfuerzos de gestión, la complementariedad se basa en las propiedades inherentes de las actividades que, por naturaleza, unen recursos y capacidades.

Algunos autores, como Huikkola y Kohtamäki (2019), Pehrsson (2020) y Syahdan et al. (2020), muestran que el impacto de la individualidad es menor que los efectos complementarios de las orientaciones estratégicas seleccionadas, marcando diferencia en el desempeño organizacional. Por lo tanto, la evaluación cuidadosa del impacto de cada configuración es oportunidad de estudio. Consecuentemente, se establece la siguiente hipótesis: las orientaciones estratégicas (al mercado, a la tecnología y al aprendizaje) son complementarias.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se empleó un instrumento cuyo objeto de estudio fueron los gerentes de hoteles con infraestructura para el turismo de negocios. El tipo de instrumento fue el cuestionario, que sirvió para medir el desempeño de los ítems de la variables considerada (Orientaciones estratégicas). El cuestionario para este estudio fue diseñado con base en la revisión de la literatura sobre orientaciones estratégicas.

Las dimensiones adoptadas para ésta variable han sido validadas por investigadores en diferentes contextos. Orientación al mercado: Generación y difusión de inteligencia, capacidad de respuesta; sus fuentes son Pehrsson (2020, p. 28) y Tajeddini y Ratten (2020, p. 206). Orientación al aprendizaje: Compromiso al aprendizaje, visión compartida, mentalidad abierta, intercambio de conocimientos y capacidad de desaprender; presentada por Wu, et al., (2020, p. 15), Pastor et al. (2019, p. 8), Gálvez, Contreras y Maldonado (2013, p. 55). Orientación a la tecnología: Infraestructura, reconfiguración, conocimiento y personal; tomada de Faisal et al. (2018, p. 24), Celikyay y Adiguzel (2019, p. 10).

El instrumento fue calificado en una escala Likert de cinco puntos (1 muy en desacuerdo; 2 en desacuerdo; 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4 de acuerdo; 5 muy de acuerdo), como parámetro de medida.

Se realizó prueba piloto de este cuestionario en 10 hoteles con infraestructura para turismo de negocios, con el fin de garantizar que las preguntas fueran entendibles para los encuestados sin ambigüedades; además, se seleccionó una muestra al azar. El resultado de esta prueba piloto llevó al cambio en la redacción de cinco preguntas a un lenguaje más sencillo y comprensible para el gerente o administrador.

La población se delimitó en los hoteles con infraestructura para turismo de negocios (con al menos un salón, aula, auditorio o espacio), de la ciudad de Medellín. Según la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (2019), hay 526 hoteles registrados, de diferente tamaño y condiciones.

A mediados del mes de noviembre de 2020, los hoteles, en su totalidad (526), fueron contactados vía telefónica y por correo electrónico con el fin de conocer la existencia de infraestructura para turismo de negocios y su deseo de participar en la investigación. El resultado fue que 101 cumplían con las dos condiciones. Teniendo en cuenta la pandemia, en enero de 2021 se corroboró la situación de estos 101 y solo 53 estaban operando (a estos se les aplicó el instrumento). El elemento de muestreo fueron los gerentes o administradores de cada hotel.

Para el tratamiento de datos se utilizó el modelo de ecuaciones estructurales (SEM, por sus siglas en inglés), el cual permite probar la relación (no causalidad) entre variables observables o medibles y variables latentes o no observadas, fortaleciendo así las correlaciones usadas y haciendo estimaciones más precisas de los coeficientes estructurales (Escobedo, Hernández, Estegané y Martínez, 2016, p. 17; Manzano, 2017, p. 68; Martínez y Fierro, 2018, p. 132).

Se inició el análisis con la prueba de confiabilidad para medir el grado en que el instrumento está libre de errores (Oviedo y Campo, 2005, p. 574); se realizó la representatividad de cada ítem por cada dimensión de interés a partir del criterio de Kaiser-Meyer Olkin (KMO) y el coeficiente alfa de Cronbach por constructo y por factores de interés.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización por tamaño de los hoteles con infraestructura para turismo de negocios

En el 49,70 % de los hoteles desarrollan alguna de las orientaciones estratégicas (al mercado, al aprendizaje y a la tecnología) de forma individual o conjunta. Por cada orientación estratégica se presentan los siguientes resultados: el 51,49 % de los hoteles desarrollan orientación al mercado, el 55,63 % desarrollan orientación al aprendizaje y el 30,79 % orientación a la tecnología. Las organizaciones hoteleras de tamaño mediano (53,01 %) y pequeño (52,76 %) son las que desarrollan más las orientaciones estratégicas.

Para la orientación al mercado en el ámbito global, la *difusión de inteligencia* es el indicador más desarrollado (56,81 % de los hoteles). Específicamente, sobresalen las siguientes acciones: se realizan estudios de mercado en colaboración con los socios comerciales (64,32 %); se comunican oportunamente a los socios comerciales los cambios que se presentan respecto a los clientes o al mercado (59,78 %); los socios comerciales ayudan a tomar medidas preventivas y correctivas ante la presencia de insatisfacción por parte de los clientes (54,43 %).

En la orientación al aprendizaje, el indicador más desarrollado es la *visión compartida* (64,11 %). Al detalle, las acciones sobresalientes son las siguientes: la organización considera el aprendizaje de los empleados como inversión, no como gasto (64,71 %); los empleados se ven a sí mismos como socios a la hora de trazar la dirección de la organización (72,29 %); el personal cuestiona

continuamente la forma en la que percibe el mercado (69,72 %); siempre se tienen en cuenta las lecciones aprendidas (72,03 %).

En orientación a la tecnología, es *información* el indicador más desarrollado en el 38,65 % de los hoteles, cifra que está por debajo de la media de los indagados. En cuanto al detalle, ninguna de las acciones planteadas supera el desarrollo en 45,60 % de aquellos. Los mayores esfuerzos están en el uso y adquisición de tecnología para el desarrollo de nuevos servicios.

Por tamaño de organización, cada orientación presenta las siguientes características:

3.1.1 Orientación al mercado

En el tamaño micro, el desarrollo de orientación al mercado es alto y muy alto en el 48,50 % de los hoteles, pequeño en el 54,58 % y mediano en el 51,39 %.

Específicamente, en los hoteles de tamaño micro, el indicador *difusión de inteligencia* es el más desarrollado (62,82 % de las organizaciones hoteleras), mientras *sensibilidad o capacidad de respuesta a la inteligencia* es el menos desarrollado (34,61 %); en el pequeño, *difusión de inteligencia* es el más desarrollado (60,00 %) y *generación de inteligencia* el menos desarrollado (48,75 %); finalmente, en mediano, *generación de inteligencia* es el más desarrollado (58,93 %). *Difusión de inteligencia* y *sensibilidad o capacidad de respuesta a la inteligencia* son los indicadores menos desarrollados en la misma proporción (47,62 %).

El indicador más desarrollado en los tres tamaños de hoteles es *difusión de inteligencia* y el menos desarrollado es *sensibilidad o capacidad de respuesta a la inteligencia*.

3.1.2 Orientación al aprendizaje

En las organizaciones hoteleras de tamaño micro se presenta que el desarrollo de orientación al aprendizaje es alto y muy alto en el 49,50 %, para los de tamaño pequeño en el 61,50 % y para los de mediano en el 56,30 %.

Al detalle, los hoteles micro presentan *compromiso con el aprendizaje* como el indicador más desarrollado (62,82 %) y *capacidad de desaprender* como el menos desarrollado (42,31 %); en los pequeños, *visión compartida* es el más desarrollado (68,33 %) y *compromiso con el aprendizaje* es el menos desarrollado (56,67 %); en los medianos, *visión compartida* es el más desarrollado (71,43 %), mientras *capacidad de desaprender* es el menos desarrollado (35,72 %).

El indicador *visión compartida* es el más desarrollado en los tamaños pequeño y mediano, mientras que en micro y mediano el menos desarrollado es *capacidad de desaprender*.

3.1.3 Orientación a la tecnología

El sector hotelero muestra que en los micro el desarrollo de orientación a la tecnología es alto y muy alto en el 18,13 % de los casos, en los pequeños es del 32,14 % y en los medianos del 42,86 %.

El estudio dio como resultado que en los hoteles de tamaño micro la *reconfiguración* es el indicador más desarrollado (26,93 %), mientras *infraestructura* y *conocimiento* son los menos desarrollados en la misma proporción (13,46 %). En el tamaño pequeño, *infraestructura* es el más desarrollado (52,50 %) y *reconfiguración* el menos (22,50 %); en el caso de los hoteles de tamaño mediano, *infraestructura* y *reconfiguración* son los más desarrollados en la misma proporción (50,00 %), en tanto *conocimiento* es el menos desarrollado (28,57 %).

El indicador *infraestructura* es el más desarrollado en los tamaños pequeño y mediano; en cambio, el de menos es *conocimiento* en micro y mediano.

3.2. Relación entre las orientaciones estratégicas

La variable *orientación estratégica*, de forma general, cumple con la medida de consistencia interna alfa de Cronbach > 0,7, confiabilidad compuesta > 0,7 y varianza promedio extraída (AVE) > 0,5, una vez se ajustó el modelo inicial eliminando ítems estadísticamente no representativos, más el aporte de otros ítems y el valor de AVE de la dimensión con cargas factoriales < 0,5. Se deja al menos un ítem por cada dimensión de variable de estudio.

El análisis factorial confirmatorio-contrastes de hipótesis de interés mostró que las regresiones simples o de impacto de una orientación a otra son altamente significativas, con p-value < = 0,017 y valor estimado del ajuste tendiente a 1, siendo lo más representativo el impacto de la orientación

al mercado (OM) con la orientación a la tecnología (OT), con p-value = 0,002, y de la orientación al mercado (OM) con la orientación al aprendizaje (OA), con p-value = 0,010, de forma bilateral.

El análisis de covarianza reflejó que cuando la orientación al aprendizaje es la que influye en la relación entre las orientaciones al mercado y a la tecnología, se presenta dependencia entre estas orientaciones; por el contrario, cuando la orientación al mercado y a la tecnología son las que influyen o explican, la relación de los otros dos factores u orientaciones es de independencia.

De manera individual, las tres orientaciones estudiadas cumplen con el estándar mínimo aceptable 0,5 de los coeficientes de consistencia interna de alfa de Cronbach y varianza promedio extraída (AVE) mayor que 0,5, lo que indica validez convergente adecuada de las dimensiones individuales y de la variable (Celina y Campo, 2005; Peñaherrera, Saltos-Cruz y Peñaherrera et al., 2020). También, la fiabilidad compuesta de cada dimensión y de la variable orientación estratégica cumplen con valor superior a 0,9 como un indicador de consistencia interna fuerte.

Las orientaciones estratégicas no operan aisladamente, sino que se apoyan mutuamente. Por tal motivo, se analizaron las tres posibles relaciones conjuntas o de impacto de dos orientaciones a otra, las cuales evidenciaron alta significancia con p-value < = 0,015. Las relaciones de parejas más significativas son orientación al mercado y al aprendizaje (juntas OM-OA) con la orientación a la tecnología y la pareja de orientación al aprendizaje y a la tecnología (juntas OA-OT) con la orientación al mercado, con p-value = 0,000.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La ciudad de Medellín es la segunda en importancia en Colombia y un gran centro cultural. Económicamente, sobresale como uno de los principales centros financieros, industriales, comerciales y de servicios (Medellín cómo vamos, 2021). Por todo ello, su potencial para el turismo de negocios es indudable. Entonces, las organizaciones hoteleras, con toda la cadena de turismo, deben prepararse para los cambios externos (de competencia, demanda, oferta, medioambiente, además de los económicos, políticos y legales, sociales, demográficos…) que afectarán aspectos internos (cultura, estrategias, tácticas y acciones operativas).

Los resultados muestran que las orientaciones estratégicas son complementarias, se apoyan mutuamente, lo que confirma el pensamiento de Al-Surmi, Cao y Duan, (2019, p. 46) y Pehrsson (2020, p. 28), quienes plantean que las empresas con diferentes orientaciones estratégicas necesitan lograr configuraciones de alineación estratégica; por lo tanto, aquellos deben ser examinados de manera holística para capturar y retener la naturaleza compleja e interrelacionada de la organización y su entorno.

Las relaciones más significativas entre las orientaciones estratégicas se presentan en la influencia de la orientación al aprendizaje en la orientación al mercado y de la orientación a la tecnología en la orientación al mercado, y viceversa. Además, cuando el aprendizaje se convierte en el lineamiento más importante dentro de los hoteles, la relación entre las otras orientaciones (al mercado y a la tecnología) se fortalece. Lo anterior es coherente con los planteamientos de Krzakiewicz y Cyfert (2019, pp. 13-14).

La orientación al aprendizaje es intermediaria entre la orientación al mercado y el rendimiento organizacional, y la orientación al mercado lo es entre la orientación al aprendizaje y los resultados de la organización. También esto es coherente con lo que manifiestan Tomaskova (2007, p. 82) e Idrus et al. (2020, p. 2357): la orientación a la tecnología puede mejorar la orientación al mercado, dado que un factor externo de esta es la tecnología.

Al detalle de las orientaciones, se presentan que: en cuanto al mercado, existe deficiencia en la capacidad de respuesta y generación de inteligencia, debido a que los socios comerciales no colaboran en la toma de medidas preventivas y correctivas ante acciones de los competidores e insatisfacción de los clientes, no realizan recopilación de información de la industria, clientes y personas influenciadoras en las compras de los usuarios; tampoco, participan en la implementación de los planes de la organización.

Respecto al aprendizaje, los líderes no rompen con la forma tradicional de hacer las cosas, ni establecen como relevante compartir el conocimiento en la organización. Esto conduce a la falta de aceptación de diversos puntos de vista y de mecanismos específicos para compartir las lecciones aprendidas en actividades organizacionales, que afecta la satisfacción y compromiso de los colaboradores o empleados, trasladándose al servicio al usuario. Así mismo, en la orientación a la

tecnología, la no destinación de presupuesto para la inversión en adquisición, desarrollo del personal en cultura tecnológica y capacitación para el uso de tecnologías, perjudica el servicio al cliente en el preservicio, durante el servicio y en el postservicio, conllevando a la insatisfacción de usuarios cada vez más conocedores de las nuevas tecnologías.

5. CONCLUSIONES

Las orientaciones estratégicas tienen alta relevancia en aspectos clave para la prestación de servicios que satisfagan las necesidades, requerimientos y expectativas de los usuarios o clientes.

Según los resultados obtenidos en este estudio, en los hoteles con infraestructura para el turismo de negocios de la ciudad de Medellín, no se considera el impacto o influencia entre los lineamientos estratégicos (orientaciones) como oportunidad de mejora del rendimiento y fortalecimiento de otras capacidades necesarias para la gestión turística. Menos del 53 % de los hoteles indagados, realizan esfuerzos en las orientaciones estratégicas; destacándose las orientaciones al aprendizaje y al mercado, como las más reconocidas y a las cuales se les realiza inversión. Por otro lado, menos del 35 % invierten en la orientación a la tecnología.

Las limitaciones de este estudio se convierten en una oportunidad para ampliar la investigación, proporcionando más evidencia sobre la generalización de los resultados: primero, los estudios futuros pueden ampliar la muestra de hoteles con infraestructura para el turismo de negocios, dada la contingencia precedente que impactó el número de organizaciones indagadas. Segundo, el objeto de estudio fueron los hoteles con infraestructura para el turismo de negocios, en cambio, pueden considerarse todos los eslabones de la cadena de suministro. Tercero, este estudio utilizó un enfoque cuantitativo, sin embargo, los estudios futuros podrían investigar el alcance de la variable analizada (orientaciones estratégicas), mediante el uso de técnicas cualitativas, con el fin de profundizar el conocimiento de los temas. Cuarto, se puede contemplar más de una fuente de datos en la organización: administradores, si los hay, empleados, para afianzar, contrastar o refutar los resultados.

Quinto, es necesario que la mentalidad y la visión del administrador, gerente o propietario sea a largo plazo, global, retadora, para el diseño, implementación de control de acciones que conlleven a potenciar el posible impacto de las orientaciones estratégicas en el desempeño táctico y operativo de los hoteles estudiados. Finalmente, se pueden ampliar los resultados de este estudio incluyendo variables tales como capacidades operacionales y estructura de la organización, entre otros, en el marco de teorías de complementariedad, holística o sistémica.

6. REFERENCIAS

Al-Surmi, A., Cao, G. y Duan, Y. (2019). The impact of aligning business, IT, and marketing strategies on firm performance. *Industrial Marketing Management*, *84*(1), 39-49. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019850118304449

Atitumpong, A. y Badir, Y. F. (2018). Leader-member exchange, learning orientation and innovative work behavior. *Journal of Workplace Learning*, *30*(1), 32-47. Recuperado de https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JWL-01-2017-0005/full/html

Baker, W. y Sinkula, J. (1999). The synergistic effect of market orientation and learning orientation on organizational performance. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *27*(4), 411-427. Recuperado de https://link.springer.com/article/10.1177/0092070399274002#citeas

Balodi, K. C. (2014). Strategic orientation and organizational forms: an integrative framework. *European Business Review*, *26*(2), 188-203. Recuperado de https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/EBR-08-2013-0106/full/html

Bamfo, B. A. y Kraa, J. J. (2019). Market orientation and performance of small and medium enterprises in Ghana: the mediating role of innovation. *Cogent Business & Management*, *6*(1), 1-16. Recuperado de https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311975.2019.1605703?needAccess=true

Bancoldex. (2021). *Clasificación de empresas en Colombia*. Recuperado de https://www.bancoldex.com/es/sobre-bancoldex/quienes-somos/clasificacion-de-empresas-en-colombia-200

Barbosa, J. y Coelho, A. (2019). The mediating effect of strategic orientation, innovation capabilities and managerial capabilities among exploration and exploitation, competitive advantage and firm's performance. *Contaduría y Administración*, *64*(1), 1-25. Recuperado de http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1918 0186-1042

Calantone, R. J., Cavusgil, S. T. y Zhao, Y. (2002). Learning orientation, firm innovation capability, and firm performance. *Industrial Marketing Management*, *31*, 515-524. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019850101002036

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2021). MICE. Recuperado de https://www.camaramedellin.com.co/comunidad-cluster/comunidad-cluster/cluster-turismo-de-negocios/-mice

Celikyay, M. y Adiguzel, Z. (2019). Analysis of product innovation performances in terms of competitive strategies of companies in production sector under the influence of technology orientation. *International Journal of Organizational Leadership*, *8*(3), 43-59. Recuperado de https://ijol.cikd.ca/article_60480_en.html

Celina, H. y Campo, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, *XXXIV*(4), 572-580 Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409

Chemutai, P. (2019). Dynamic capabilities and technological orientation: a conceptual overview [PDF]. *Global Scientific Journals*, *7*(10), 20-32. Recuperado de https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/DYNAMIC_CAPABILITIES_AND_TECHNOLOGICAL_ORIENTATION_A_CONCEPTUAL_OVERVIEW.pdf

Cotelco. (2021). *Paro nacional profundizó crisis del sector hotelero de Colombia*. Recuperado de https://cotelco.org/noticias/paro

Deshpande, R., Farley, J. U. y Webster, F. (1993). Corporate culture, customer orientation, and innovativeness in Japanese firms: a quadrad analysis. *Journal of Marketing*, *57*(1), 23-37. Recuperado de https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002224299305700102

Escobedo, M., Hernández, J., Estegané, V. y Martínez, G. (2016). Modelos de ecuaciones estructurales: características, fases, construcción, aplicación y resultados [PDF]. *Ciencia & Trabajo*, *18*(55), 16-22. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/pdf/cyt/v18n55/art04.pdf

Faisal, A., Hermawan, A. y Arafah, W. (2018). The influence of strategic orientation on firm performance mediated by social media orientation at MSMEs. *International Journal of Science and Engineering Invention*, *4*(8), 22-31. Recuperado de http://ijsei.in/index.php/ijsei/article/view/77

Ferreira, J., Coelho, A. y Weersma, L. (2019). The mediating effect of strategic orientation, innovation capabilities and managerial capabilities among exploration and exploitation, competitive advantage and firm's performance [PDF]. *Contaduría y Administración*, *64*(1), 1-25. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v64nspe1/0186-1042-cya-64-spe1-00003.pdf

Gálvez, E., Contreras, F. y Maldonado, G. (2013). La orientación al aprendizaje organizacional y su efecto en el desempeño de las MIPYMES colombianas. *FAEDPYME International Review*, *2*(3), 49-59. Recuperado de http://faedpyme.ojs.upct.es/index.php/revista1/article/view/29/41

Gatignon, H. y Xuereb, J. M. (1997). Strategic orientation of the firm and new product performance. *Journal of Marketing Research*, *34*(1), 77-90. Recuperado de https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/002224379703400107

Habib, M., Bao, Y., Nabi, N., Dulal, M., Asha, A. y Islam, M. (2021). Impact of strategic orientations on the implementation of green supply chain management practices and sustainable firm performance. *Sustainability*, *13*(1), 1-21. Recuperado de Recuperado de https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/340

Hakala, H. (2011). Strategic orientations in management literature: three approaches to understanding the interaction between market, technology, entrepreneurial and learning orientations. *International Journal of Management Reviews*, *13*(2), 199-217. Recuperado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2370.2010.00292.x

Han, C. y Zhang, S. (2021). Multiple strategic orientations and strategic flexibility in product innovation. *European Research on Management and Business Economics*, *27*(1), 1-9. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S244488342030317X

Handrimurtjahjo, A. y Sasmoko, Y. (2020). The effect of technological and entrepreneurial orientation on business performance of ready to wear fashion industry in Indonesia. *Journal of Critical Reviews*, *7*(17), 1696-1702. Recuperado de http://www.jcreview.com/?mno=39494

Hariandja, E. y Mulyani, J. (2020). Linking organizational performance and strategic orientation of online transportation: a customer's perspective [PDF]. *Asia Pacific Institute of Advanced Research (APIAR)*, *6*(1), 143-152. Recuperado de https://apiar.org.au/wp-content/uploads/2020/02/12_APJABSS_V6I1_2020_pp.143-152.pdf

Homburg, C. y Pflesser, C. (2000). A multiple-layer model of market-oriented organizational culture: measurement issues and performance outcomes. *Journal of Marketing Research*, *37*(1), 449-462. Recuperado de https://journals.sagepub.com/doi/10.1509/jmkr.37.4.449.18786

Huikkola, T. y Kohtamäki, M. (2019). Interplay of strategic orientations in the development of smart solutions. *Procedia CIRP*, *83*(1), 89-94. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711930304X

Hurley, R. y Hult, T. (1998). Innovation, market orientation, and organizational learning: an integration and empirical examination. *The Journal of Marketing*, *62*(3), 42-54. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/1251742?seq=1

Idrus, S., Abdussakir, A. y Djakfar, M. (2020). The effect of entrepreneurial orientation and technology orientation on market orientation with education as moderation variable. *Management Science Letters*, *10*(10), 2351-2360 Recuperado de http://growingscience.com/beta/msl/3803-the-effect-of-entrepreneurial-orientation-and-technology-orientation-on-market-orientation-with-education-as-moderation-variable.html

Ifeoma, A. y Nosike, R. (2020). Strategic orientation dimensions: a critical review [PDF]. *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, *4*(1), 609-611. Recuperado de https://www.rsisinternational.org/journals/ijriss/Digital-Library/volume-4-issue-9/609-612.pdf

Jaworski, B., Kohli, A. y Sahay, A. (2000). Market-driven versus driving markets. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *28*(1), 45-54. Recuperado de https://link.springer.com/article/10.1177/0092070300281005#citeas

Jiang, W., Rosati, F., Chai, H. y Feng, T. (2020). Market orientation practices enhancing corporate environmental performance via knowledge creation: does environmental management system implementation matter? *Business Strategy and the Environment*, *29*(1), 1899-1924. Recuperado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.2478

Kadarusman, K. y Mauludin, H. (2020). Peran Mediasi competitive advantage Pada Pengaruh Antara. Learning Orientation Dengan Organization Performance. *Jurnal Manajemen Dan Keuangan*, *9*(1), 1-16. Recuperado de https://ejurnalunsam.id/index.php/jmk/article/view/2105

Khamwon, A. y Speece, M. (2006). Market orientation and business performance in the veterinary care industry: an empirical analysis [PDF]. *International Marketing Review*, *13*(1), 41-56. Recuperado de https://www.bu.ac.th/knowledgecenter/epaper/jan_june2005/anon.pdf

Kohli, A. y Jaworski, B. (1990). Market orientation: the construct, research propositions, and managerial implications. *Journal of Marketing*, *54*(1), 1-18. Recuperado de https://www.semanticscholar.org/paper/Market-Orientation%3A-The-Construct%2C-Research-and-Kohli-jaworski/82e7864936822e1c97d5ebc9996fab705defcfdb

Krzakiewicz, K. y Cyfert, S. (2019). Strategic orientations of the organization - entrepreneurial, market and organizational learning. *Management*, *Sciendo*, *23*(1), 7-19. https://search.proquest.com/openview/3475d7351c2c02b0d871eb7ef50bfd49/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026595 Recuperado de https://www.zbc.uz.zgora.pl/dlibra/publication/64221/edition/57648/content?ref=desc

Liu, S., Luo, X. y Shi, Y. (2002). Integrating customer orientation, corporate entrepreneurship, and learning orientation in organizations-in-transition: an empirical study. *International Journal of*

Research in Marketing, *19*(4), 367-382. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167811602000988

Manzano, A. (2017). Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales [PDF]. *Investigación en Educación Médica*, *7*(25), 67-72 Recuperado de http://riem.facmed.unam.mx/sites/all/archivos/A7Num25/10_MI_MODELOS.pdf

Martínez, M. y Fierro, E. (2018). Aplicación de la técnica PLS-SEM en la gestión del conocimiento: un enfoque técnico práctico / Application of the PLS-SEM technique in Knowledge Management: a practical technical approach. *RIDE, Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, *8*(16), 130-164. Recuperado de http://ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/336

Maulina, E. y Natakusumah, K. (2020). Determinants of supply chain operational performance. *Uncertain Supply Chain Management*, *8*(1), 117-130. Recuperado de http://growingscience.com/uscm/Vol8/uscmv8no1.html

Medellín cómo vamos. (2021). *Así es Medellín.* Recuperado de https://www.medellincomovamos.org/medellin

Narver, J. y Slater, S. (1990). The effect of a market orientation on business profitability. *Journal of Marketing*, *54*(4), 20-35. Recuperado de https://www.jstor.org/stable/1251757?seq=1

Organización Mundial del Turismo [OMT]. (2020). *Evaluación del impacto del brote de covid-19 en el turismo internacional*. Recuperado de https://www.unwto.org/es/evaluacion-de-la-incidencia-del-brote-del-covid-19-en-el-turismo-internacional

Osborne, S. y Strokosch, K. (2021). Developing a strategic user orientation: a key element for the delivery of effective public services [PDF]. *Global Public Policy and Governance*, 1-15. Recuperado de https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s43508-021-00008-9.pdf

Oviedo, H. y Campo, A. (2005). Metodología de investigación y lectura crítica de estudios - Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach [PDF]. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, *34*(4), 272-280. Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/rcp/v34n4/v34n4a09.pdf

Panda, H. y Ramanathan, K. (1996). Technological capability assessment of a firm in the electricity sector. *Technovation*, *16*(10), 561-588. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497297828969

Pastor, M., Rodríguez, P. y Collado, J. (2019). El papel de la orientación al aprendizaje en la innovación y el desempeño: un estudio en micro, pequeñas y medianas empresas en San Luis Potosí (México). *Contaduría y Administración*, *64*(1), 1-18. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422019000200010

Pehrsson, T. (2020). Do types of strategic orientations make a difference? A study of MNCs' performance in foreign markets. *European Business Review*, *32*(1), 26-45. Recuperado de https://doi.org/10.1108/EBR-03-2018-0071

Peñaherrera, S., Saltos-Cruz, G., Peñaherrera, A. y Lara, A. (2020). La varianza media extraída y la validez discriminante de un constructo de merchandising. *CienciAmérica, Revista de Divulgación Científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, *9* (1), 99-114. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7351621

Pratono, A., Darmasetiawan, N., Yudiarso, A. y Jeong, B. (2019). Achieving sustainable competitive advantage through green entrepreneurial orientation and market orientation: the role of inter-organizational learning. *The Bottom Line*, *32*(1), 2-15. Recuperado de https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BL-10-2018-0045/full/html

Puspita, L., Christiananta, B. y Ellitan, L. (2020). The effect of strategic orientation, supply chain capability, innovation capability on competitive advantage and performance of furniture retails [PDF]. *IJSTR*, *9*(3), 4521-4529. Recuperado de http://www.ijstr.org/final-print/mar2020/The-Effect-Of-Strategic-Orientation-Supply-Chain-Capability-Innovation-Capability-On-Competitive-Advantage-And-Performance-Of-Furniture-Retails.pdf

Ruekert, R. (1992). Developing a market orientation: an organizational strategy perspective. *International Journal of Research in Marketing*, *9*(1), 225-245. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/016781169290019H

Schweiger, S., Stettler, T., Baldauf, A. y Zamudio, C. (2019). The complementarity of strategic orientations: a meta-analytic synthesis and theory extension. *Strategic Management Journal*, *40*(11), 1822-1851. Recuperado de https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/smj.3042

Shapiro, B. (1988). What the hell is "market-oriented?". *Harvard Business Review*, 119-125. Recuperado de https://hbsp.harvard.edu/product/88610-PDF-ENG

Slater, S. y Narver, J. (2000). The positive effect of a market orientation on business profitability a Balanced Replication [PDF]. *Journal of Business Research*, *48*(1), 69-73. Recuperado de http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/J-a/Journal%20Of%20Business%20Research/Vol48.Issue1.2000/5261.pdf

Syahdan, R., Djaelani, Y. y Mahdi, S. (2020). Strategic orientation and the performance of SMEs in Indonesia: the mediating role of access to finance. *Management Science Letters*, *10*(5), 1151-1160. Recuperado de http://growingscience.com/beta/msl/3579-strategic-orientation-and-the-performance-of-smes-in-indonesia-the-mediating-role-of-access-to-finance.html

Tajeddini, K. y Ratten, V. (2020). The moderating effect of brand orientation on inter-firm market orientation and performance. *Journal of Strategic Marketing*, *28*(3), 194-224. Recuperado de https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0965254X.2017.1293138

Tomaskova, E. (2007). The current models of market orientation. *European Research Studies*, *XI*(3-4), 81-88. Recuperado de https://www.ersj.eu/repec/ers/papers/07_34_p8.pdf#:~:text=responsiveness%20to%20it.-,%E2%80%9C,%2Dterm%20focus%20and%20profitability.%E2%80%9D

Varadarajan, R. y Jayachandran, S. (1999). Marketing strategy: an assessment of the state of the field and outlook. *Journal of the Academy of Marketing Science*, *27*(2), 120-143. Recuperado de https://link.springer.com/article/10.1177/0092070399272002

Vij, S. y Farooq, R. (2015). The relationship between learning orientation and business performance: do smaller firms gain more from learning orientation? *IUP, Journal of Knowledge Management*, *13*(4), 7-28. Recuperado de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2711157

Voudouris, I., Lioukas, S., Latrelli, M. y Caloghirou, Y. (2012). Effectiveness of technology investment: impact of internal technological capability, networking and investment's strategic importance. *Technovation*, *32*(1), 400-414. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497212000442

Wu, G. S., Peng, M. Y., Chen, Z., Du, Z., Anser, M. K. y Zhao, W. X. (2020). The effect of relational embeddedness, absorptive capacity, and learning orientation on SMEs' competitive advantage. *Frontiers in Psychology*, *11(1)*, 1-15. Recuperado de https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.01505/full

Agradecimientos

Las autoras de este trabajo desean agradecer a las Doctoras María Esther Alcántara Gutiérrez y Mireya Ramírez Martínez, por sus revisiones y aportes para el buen desarrollo del estudio realizado.

UNA PROPUESTA DE MODELO CONCEPTUAL CON UN ENFOQUE DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA LA MEJORA Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Perez-Soltero, Alonso

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora.
alonso.perez@unison.mx

RESUMEN

En la actualidad, las instituciones académicas de educación superior se ven inmersas en una innumerable cantidad de procesos académico-administrativos como la movilidad estudiantil, tutoría académica, prácticas profesionales, servicio social, titulación, por mencionar algunos, que se llevan a cabo de manera rutinaria sin tomarse un tiempo para analizarlos y ver de qué manera se pueden mejorar o ser más eficientes. Por otro lado, no se aprovecha el conocimiento y experiencia de las personas que intervienen en su ejecución, es decir, no se aplican las buenas prácticas que han desarrollado a través del tiempo o tampoco se saben aquellas lecciones aprendidas que les han permitido evitar errores. En otras palabras, no se gestiona el conocimiento generado para asegurar y mejorar el servicio que recibe el cliente (ej. estudiantes, profesores, directivos, administrativos y/o personas externas a la institución), así que, cuando se automatizan estos procesos, solo pasan de hacerse de manera manual a ejecutarse mediante el apoyo de herramientas de tecnologías de la información. De lo anterior, se observa la necesidad de explorar enfoques diferentes de cómo analizar, mejorar y automatizar los procesos académico-administrativos en instituciones de educación superior.

El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo conceptual con un enfoque de gestión del conocimiento para la mejora y automatización de procesos académico-administrativos que eficientice la ejecución de estos.

Como resultado, se plantea un modelo conceptual compuesto por elementos como: entorno organizacional, proceso inicial, ejecutores de proceso, técnicas y herramientas para el análisis de los procesos, experiencias de clientes y herramientas de tecnologías de la información, por mencionar algunos. Se busca que todos estos elementos interactúen entre sí con un enfoque de la gestión del conocimiento para lograr que la experiencia que posee la organización en la ejecución de sus procesos los lleve a ofrecer un mejor servicio a sus clientes.

Palabras Claves: Modelo conceptual, Gestión del conocimiento, Automatización de procesos, Procesos académico-administrativos, Institución de educación superior.

ABSTRACT

Currently, academic institutions of higher education are immersed in an innumerable number of academic-administrative processes such as student mobility, academic tutoring, professional practices, social service, and graduation, to name a few. Those processes are carried out routinely without taking the time to analyze them and see how they can be improved or made more efficient. On the other hand, the knowledge and experience of the people involved in its execution are not used, that is, the good practices that have been developed over time are not applied or the lessons learned that have allowed them to avoid mistakes are not known. In other words, the knowledge generated is not managed to ensure and improve the service received by the client (e.g. students, professors, directors, administrators, and/or people external to the institution), so when these processes are automated, only they go from being done manually to being executed through the support of information technology tools. From the above, the need to explore different approaches on how to analyze, improve and automate academic-administrative processes in higher education institutions is observed.

The objective of this work is to propose a conceptual model with a knowledge management approach for the improvement and automation of academic-administrative processes that make their execution more efficient.

As a result, a conceptual model composed of elements such as organizational environment, initial process, process executors, techniques and tools for process analysis, customer experiences, and information technology tools, to name a few, is proposed. It is intended that all these elements interact with each other with a knowledge management approach to ensure that the experience that the organization has in the execution of its processes leads them to offer a better service to its clients.

Keywords: Conceptual model, Knowledge management, Process automation, academic-administrative processes, Higher education institution**.**

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de cualquier institución educativa de nivel superior se tienen una innumerable cantidad de procesos académico-administrativos que van desde el proceso de la admisión de los que serán sus próximos estudiantes hasta el proceso de la graduación de estos. Asimismo, para que la institución desarrolle sus actividades sustantivas, requiere de diferentes procesos en los que se ven involucrados diferentes actores como estudiantes, profesores, administrativos, por mencionar algunos. Entre estos procesos están, por ejemplo, la movilidad estudiantil, tutoría académica, prácticas profesionales, servicio social, titulación y la graduación.

En todos estos procesos se involucran las personas responsables de ejecutar los procesos, recursos económicos y recursos material, principalmente. Muchos de estos procesos se han ejecutado por años sin haber sufrido cambios, en muchos de los casos, si antes se realizaban de manera manual, ahora se hacen igual, pero con apoyo de las tecnologías de la información. Todos estos procesos involucran el uso de documentos, formatos y/o formularios que deben llenarse o generarse y en ocasiones los datos o información se encuentra con errores, además, en su mayoría requieren la intervención humana para ejecutarse. Por otro lado, muchos de estos procesos se llevan a cabo de manera rutinaria sin tomarse un tiempo para analizarlos y ver de qué manera se pueden mejorar o ser más eficientes. Aunado a lo anterior, no se aprovecha el conocimiento y experiencia de las personas que intervienen en su ejecución, es decir, no se aplican las buenas prácticas que han desarrollado a través del tiempo o tampoco se saben aquellas lecciones aprendidas que les han permitido evitar errores. En otras palabras, no se gestiona el conocimiento generado para asegurar y mejorar el servicio que recibe el cliente (ej. estudiantes, profesores, directivos, administrativos y/o personas externas a la institución).

El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo conceptual con un enfoque de gestión del conocimiento para la mejora y automatización de procesos académico-administrativos que eficientice la ejecución de estos.

El documento está estructurado de la siguiente manera. Se inicia con una introducción donde se plantea el contexto y la problemática existente. Posteriormente, el marco de referencia se explican los conceptos más relevantes que sustentan el trabajo y que son los conceptos de la gestión del conocimiento en instituciones académicas de educación superior y gestión de procesos de negocio. Después se desarrolla la propuesta del modelo conceptual, donde se proponen los elementos para dar solución a la problemática planteada y se explican cada una de sus componentes. Finalmente, las conclusiones, donde mencionan los puntos más relevantes de este trabajo, y los trabajos futuros que se pueden llevar a cabo.

2. MARCO DE REFERENCIA

Como se mencionó antes, este trabajo se desarrolla en un contexto de instituciones educativas de nivel superior. No hay que olvidar y de acuerdo con (Gómez-Marín et al., 2022) que la educación superior es el “hermano mayor” de la educación básica y media, tiene una mayor responsabilidad en el aspecto holístico de la sociedad, ya que es integradora y permanente, con un contexto educativo superior; y su característica de trabajar en un nivel superior de conocimiento implica dar respuesta a una sociedad más compleja.

A continuación, se hace una revisión de la literatura en la que se describen los conceptos más relevantes relacionados con este trabajo, en particular, en cuanto a la gestión del conocimiento en instituciones académicas de educación superior, la gestión de procesos de negocio, los procesos académico-administrativos y la automatización de procesos y herramientas.

2.1. Gestión del conocimiento en instituciones académicas de educación superior

La combinación de datos e información a la que se suma la opinión experta, habilidades y experiencia se denomina conocimiento (Bosilj-Vukšic, 2006). Este conocimiento puede ser explícito o tácito, el último es asociado con las mentes de los poseedores del conocimiento, es difícil de comunicar, compartir y plasmar en un documento o base de datos (Bosilj-Vukšic, 2006; Nonaka et al., 1996). Por otro lado, el conocimiento explícito es típicamente estructurado y recuperable, y con frecuencia se encuentra en repositorios, embebido en documentos, manuales de procedimientos organizacionales, procesos, prácticas y normas (Bosilj-Vukšic, 2006; Kalpič & Bernus, 2006; Kovačić et al., 2006; Nonaka et al., 1996).

La gestión del conocimiento es una estrategia para llevar el conocimiento adecuado a las personas adecuadas en el momento adecuado, facilitando el intercambio de información entre las personas, poniéndola al mismo tiempo en acción proporcionando la mejora del desempeño organizacional (Kovačić et al., 2006).

Uno de los procesos de gran impacto en las instituciones de educación superior (IES) es la distribución del conocimiento. La distribución del conocimiento es el proceso mediante el cual las organizaciones amplían los flujos de conocimiento generados en las etapas de creación y transformación de la información en conocimiento, lo que permite a los investigadores, docentes y administradores acceder a nuevos conocimientos para la toma de decisiones, se destaca que el conocimiento a través de las TIC se almacena en los diferentes repositorios de las Instituciones de Educación Superior (Guzmán & Arrieta, 2020; Probst et al., 2001).

El proceso de aplicación del conocimiento permite a las IES generar valor sobre el conocimiento porque cuando el conocimiento no se usa, va perdiendo valor hasta llegar a un nivel de obsolescencia y también indica que la organización no está aprendiendo, mientras que cuando los individuos usan el conocimiento asegura ventajas competitivas, genera innovación y las organizaciones están a la vanguardia de las últimas tendencias (Guzmán & Arrieta, 2020; Probst et al., 2001).

2.2. Gestión de procesos de negocio

La gestión de procesos de negocios (del inglés BPM Business Process Management) surgió como una disciplina con el propósito de construir un pensamiento centrado en los procesos (Teixeira et al., 2018). La gestión de los procesos de negocio es una técnica que permite la representación y análisis de procesos, que ha sido mencionada en la literatura como una herramienta útil que facilita la gestión del conocimiento (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

Un repositorio de procesos se puede lograr con BPM, esto promueve la transferencia de conocimiento de forma ágil y rápida en un contexto donde emergen nuevas habilidades y deben adoptarse rápidamente (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

El BPMN (del inglés Business Process Model and Notation) ya es el lenguaje estándar de facto y ampliamente aceptado, entre otros, para que la mayoría de los expertos empresariales modelen procesos. Ofrece las ventajas de un lenguaje gráfico, simplicidad, estandarización y provisión para procesos de ejecución (Arevalo et al., 2016).

Experiencias como la descrita por (Salvadorinho & Teixeira, 2021) donde el conocimiento tácito inherente en instrucciones de trabajo, con apoyo de BPMN les permitió crear un repositorio de conocimiento para ayudar a la compañía con el problema de la rotación de sus trabajadores, esto les permitió preservar la mayoría del conocimiento dentro de la organización.

2.2.1 Procesos académico-administrativos

La gestión académica y administrativa consiste en una serie de procesos curriculares que implican no sólo los de enseñanza-aprendizaje desarrollados en el aula, sino también la gestión de los procesos administrativos que realiza una institución para lograr los objetivos de la educación. De allí que, la gestión debe ser asumida como una totalidad en la que todos sus elementos se articulen en una red a través del recorrido que abarca la práctica curricular en la organización escolar (Inciarte et al., 2006).

Los procesos administrativos se encuentran en estrecha interrelación respecto a la totalidad de acciones dirigidas al logro de los fines y objetivos de la institución. Entre los principales procesos administrativos están la planificación, organización, dirección y evaluación. La planificación es un proceso crucial en la gestión administrativa, con respecto a la utilización adecuada de los recursos existentes para lograr, desde una perspectiva racional, estratégica y prospectiva, la construcción de escenarios para el inicio, desarrollo y consolidación de acciones pertinentes a los requerimientos del contexto interno y externo de la institución. La organización conlleva a un encadenamiento de acciones orientadas por el qué y cómo ha de hacerse, de modo que exista un método para la aplicación de procedimientos, estrategias y técnicas en la instrumentación de las operaciones. Implica la adecuada disposición de los elementos (medios, personas) necesarios para la conducción y mantenimiento de un sistema, en el que todos los miembros cumplan su contenido con eficacia y

calidad. La dirección cobra significativa importancia al gestionar el recurso humano en cuanto a las relaciones interpersonales y el comportamiento de las personas, de manera que, se les facilite el desempeño de acuerdo con las funciones establecidas, a través de un proceso que concilie los intereses de los trabajadores y la organización y, canalice las necesidades, mantenga la disciplina y la unidad de dirección. Finalmente, la evaluación, como proceso de la gestión administrativa, tiene entre los elementos básicos que la definen: el control, el monitoreo y el seguimiento; específicamente, los insumos, acciones, procesos y resultados, producto de la dinámica organizacional (Inciarte et al., 2006).

Dentro de una institución educativa, los procesos académico-administrativos pueden ser muy diversos y que para su ejecución requieren diversas actividades relacionadas con procesos administrativos como la planificación, organización, dirección y evaluación. Entre los procesos académico-administrativos que se tienen dentro de las instituciones de educación superior pueden estar la selección de estudiantes, movilidad estudiantil, tutoría académica, prácticas profesionales, servicio social, titulación, seguimiento a egresados, solo por mencionar algunos. Dentro de todos estos procesos, para su ejecución y seguimiento se utilizan diversos documentos, formatos y/o formularios que pueden estar en papel o en la actualidad de manera electrónica, muchos de ellos claramente definidos y bien estructurados.

En particular, de acuerdo con (Cristani et al., 2018) hay muchos documentos que se utilizan en las organizaciones que están bien estructurados y son susceptibles a ser generados de manera automatizada. Este tipo de documentos se distinguen por tres características 1) Obligatoriamente contienen un conjunto de datos predefinidos; 2) Se encuentran esquemáticamente organizados en plantillas predefinidas, particularmente ciertas áreas de la página están reservadas para logos y otras secciones para las líneas de encabezados; y 3) las estructuras de los documentos asocian secciones a palabras específicas.

2.2.2 Automatización de procesos y herramientas

La automatización es la transformación de una determinada tarea manual de un proceso de negocio en una tarea que puede ser realizada o asistida por las tecnologías de la información y la comunicación, lo que implica la racionalización de las actividades y recursos existentes para aumentar la eficacia del proceso (Martinho et al., 2015).

Para la automatización de procesos es fundamental el uso de tecnologías de la información y la comunicación, además de favorecer a la gestión de su conocimiento, de hecho, según (Escorcia Guzman et al., 2021), aquellas IES donde se tenga una mayor fuerza en el componente TIC para el uso del conocimiento, indica que son instituciones que enfocan sus esfuerzos en la gestión de las TIC como medio para gestionar su conocimiento. Además, según (di Vaio et al., 2021) estas herramientas de transformación digital contribuyen a largo plazo al proceso de creación de valor en las organizaciones y tienen fuertes vínculos orientados a la innovación y la sostenibilidad.

Es importante mencionar que las tendencias en las herramientas de apoyo al procesamiento de documentos, compartición y automatización de procesos es la utilización del cómputo en la nube. Algunos de los aspectos a considerar son: Los diseños de documentos están relacionados con los campos de las bases de datos, una vez que se ha generado un documento a partir de un sistema informático, como un ERP, el diseño del documento refleja este vínculo entre el diseño y los campos de la base de datos; el archivo en la nube es omnipresente, por lo que tiene sentido procesar el documento in situ en lugar de transferirlo de un lado a otro; es crucial reducir la cantidad de actividades en los procesos, ya que estos son computacionalmente costosos, engorrosos y propensos a errores y; el uso de ontologías documentales será indispensable (Cristani et al., 2018).

Por otro lado, el modelado de procesos de negocios es una herramienta crucial para representar y analizar procesos en un ambiente organizacional; los mapas resultantes permiten la visualización de las conexiones entre los procesos y sistemas los cuales ayudan a identificar huecos y pensar en cuáles procesos podrían automatizarse (Salvadorinho & Teixeira, 2021).

3. PROPUESTA DE MODELO CONCEPTUAL

La implementación de los conceptos, técnicas y herramientas de la gestión del conocimiento y la gestión de procesos de negocio pueden ayudar a las organizaciones a mejorar sus capacidades a

través del uso de los recursos del conocimiento individual y colectivo existente dentro de la organización (Ramadhani & Mahendrawathi, 2019).

En la figura 1 se muestra una propuesta de modelo conceptual con un enfoque de gestión del conocimiento para la mejora y automatización de procesos académico-administrativos que eficientice la ejecución de estos. El modelo está formado por dos grandes componentes que son los procesos académico-administrativos y los facilitadores de la gestión del conocimiento y automatización de procesos.

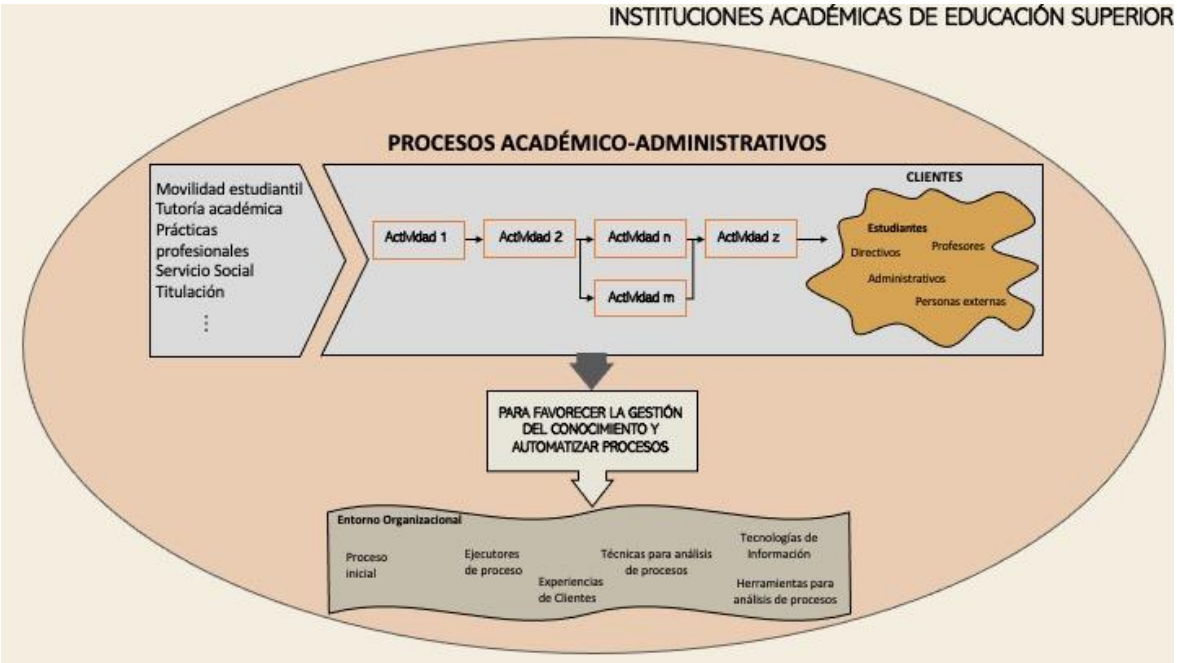


Figura 1 Propuesta de modelo conceptual.

A continuación, se hace una explicación detallada de cada uno de los componentes y los elementos que los conforman.

3.1. Procesos académico-administrativos

Los procesos académico-administrativos combinan actividades de tipo académico y administrativo en su realización, es decir, para ejecutar una actividad académica, como, por ejemplo, la tutoría académica, requiere que, como parte de su registro, autorización o seguimiento, realizar algunas actividades administrativas, como, por ejemplo, el llenado de formatos o formularios del estudiante y estos a su vez, se registran por medio de documentos físicos o electrónicos. Los procesos académico-administrativos sus salidas, o resultados de los procesos, son recibidos por los clientes. De los procesos puede haber una gran variedad de salidas como por ejemplo la autorización de un documento; el registro de un trabajo de titulación o tema de tesis; la entrega de un documento como constancia, acta de examen de titulación, certificado; entre muchos otros. Como se mencionó, existe una diversidad de procesos académico-administrativos en una institución de educación superior como, por ejemplo: movilidad estudiantil, tutoría académica, prácticas profesionales, servicio social, titulación, solo por indicar algunos.

3.1.1 Actividades

Como parte de cualquier proceso, los procesos académico-administrativos están compuestos por un grupo de actividades que pueden realizarse de manera secuencial o en forma paralela según corresponda. La actividad es realizada por personas (ejecutores de proceso), dependiendo de lo que se realice en ella, puede que se apoyen para su realización en alguna herramienta tecnológica como algún sistema informático, hoja electrónica, procesados de palabras, base de datos, mensajería electrónica, entre otras. Entre las actividades pueden estar el llenado de formatos de

manera manual, completar formularios electrónicos, elaboración de cartas, entrega y recepción de documentos, aprobación o firma de documentos, por mencionar algunas.

3.1.2 Clientes

Los clientes son los que reciben las salidas de los procesos académico-administrativos. Dentro de una institución de educación superior existe una gran variedad de clientes que pueden ser internos o externos a la institución. Algunos de los clientes internos a la institución educativa pueden ser estudiantes, profesores, directivos, administrativos, entre otros. Por otro lado, entre los clientes externos pudieran estar por ejemplo los egresados o contactos con organizaciones y/o empresas. Los clientes son los que también perciben el nivel de calidad en el servicio prestado por la institución educativa derivado de estos procesos, es decir, si el proceso les entregó los resultados esperados en el tiempo esperado.

3.2. Facilitadores de la gestión del conocimiento y automatización de procesos

Para aprovechar el conocimiento existente en los ejecutores de proceso y posteriormente lograr su automatización es importante considerar diversos elementos que permitirán gestionar adecuadamente el conocimiento para que los procesos académico-administrativos continuamente se mejoren y sean más eficientes. Para ello, se requiere primeramente analizarlos, hacer cambios e implementarlos y posteriormente evaluarlos. Entre los ejemplos para gestionar el conocimiento de los procesos estarían todas aquellas experiencias relacionadas con identificar, capturar, almacenar, recuperar y utilizar el conocimiento presente en los procesos, asimismo en las experiencias, buenas prácticas y lecciones aprendidas que poseen los ejecutores de los procesos quienes son los que crean, aplican y se ven involucrados en cada una de las actividades de los procesos académico-administrativos. Una vez que alcancen este punto de mejora, gracias al aprovechamiento del conocimiento existente, es un buen momento para pasar a un siguiente nivel que sería su automatización, es decir, apoyarse de herramientas tecnológicas que faciliten la ejecución automática de los mismos, o bien, si no es posible que todo el proceso sea automatizado, hacer que varias de las actividades se ejecuten de esta manera. Entre los ejemplos para automatizar actividades de los procesos estarían la creación automática de documentos a partir de información registrada en formularios electrónicos, bases de datos u hojas electrónicas, la firma automatizada de documentos y/o solicitud automatizada a los que intervienen en la firma de documentos, el envío automático de correos electrónicos, envío de notificación y recordatorios automáticos, generación automática de informes, publicación automatizada de páginas en sitio Web, solo por mencionar algunas.

Entre los elementos facilitadores a considerar para llevar a cabo la gestión del conocimiento y la automatización de procesos estarían el entorno organizacional, proceso inicial, ejecutores de proceso, herramientas y técnicas para el análisis de procesos, tecnologías de información y los clientes. A continuación, se hace una descripción de cada uno de ellos.

3.2.1 Entorno organizacional

Para llevar a cabo una transformación e implementar iniciativas de innovación tecnológica en los procesos académico-administrativos es fundamental que el entorno organizacional sea favorable. Primeramente, quienes lideran la institución y la administran deben estar convencidos de las bondades de gestionar el conocimiento y automatizar sus procesos, además que serán los principales impulsores de esta nueva forma de hacer las cosas. También debe haber una fuerte colaboración del personal responsable de la ejecución de los procesos, ya que son ellos quienes ejecutarán los cambios.

3.2.2 Proceso inicial

Antes de intentar hacer una mejora en el proceso es muy importante conocer el proceso inicial. Se tienen que identificar cada una de las actividades que se desarrollan en el proceso académico-administrativo, el paso a paso de cómo se realizan las actividades, las personas que intervienen en su ejecución y los recursos requeridos para su realización. Se considera un facilitador una vez que

este proceso inicial se define a detalle y se encuentra bien documentado, es decir, cuenta con toda la información mencionada anteriormente.

3.2.3 Ejecutores de proceso

Son las personas que ejecutan los procesos académico-administrativos y participan en ellos. Son los que tienen la experiencia y conocimiento, además, son lo que se han enfrentado a los problemas de los procesos iniciales y quienes serán los que podrán compartir sus experiencias y sugerencias para que mejoren los mismos. Los ejecutores de proceso son los que además tiene un contacto directo con los clientes y pueden captar sus necesidades y compartir sus experiencias durante su interacción.

3.2.4 Herramientas y técnicas para el análisis de procesos

Es importante considerar que para mejorar los procesos se requiere analizarlos con apoyo de diversas herramientas y técnicas. El análisis del proceso consiste en conocer a detalle los aspectos positivos y negativos de la manera como se realizan actualmente las actividades. Entre los puntos a analizar, están, por ejemplo, determinar el número de actividades requeridas, el tiempo para su realización, los recursos económicos y materiales requeridos y el número de personas involucradas en su ejecución. Para realizar este análisis, se pueden aplicar técnicas para el modelado de procesos de negocio utilizando la notación BPMN. Con estas herramientas y técnicas para el análisis de procesos se busca mejorar la manera de llevar a cabo las actividades del proceso inicial.

3.2.5 Tecnologías de información

Otro de los facilitadores fundamentales que pueden verse involucrados en la automatización de los procesos académico-administrativos son las tecnologías de la información y la comunicación. La institución debe contar con una infraestructura tecnológica (hardware y software) que les permita la colaboración en red y el intercambio electrónico de documentos. Entre los ejemplos específicos de estas tecnologías podrían estar, entre otras, el uso de bases de datos, repositorios, hojas electrónicas, procesadores de palabras, correo electrónico y convertidores a documentos PDF. También se puede optar por combinar herramientas que manipulen los documentos, datos y mensajes; y que además permitan la automatización de los procesos. Por ejemplo, de la familia de Microsoft, estarían las Listas, SharePoint, OneDrive, Excel, Word, Outlook, Power Automate por mencionar algunas; otro ejemplo serían las tecnologías de Google como Drive, Gmail, Documentos, Hojas de cálculo, Formularios, por mencionar algunas.

3.2.6 Experiencias de clientes

Los clientes, tanto internos (ej. estudiantes, profesores, directivos, administrativos) como externos (ej. egresados o contactos con organizaciones y/o empresas) son los que reciben las salidas de los procesos académico-administrativos. Las experiencias de los clientes se convierten en facilitadores de la gestión del conocimiento y automatización de procesos, ya que de ellos se obtienen las buenas o malas vivencias percibidas de las salidas de los procesos. Identificar estas experiencias son fundamentales para la mejora de los procesos, es decir, gestionar este conocimiento permite identificar, capturar, compartir y utilizar este conocimiento para la mejora de los procesos y posteriormente buscar su automatización.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El modelo conceptual propuesto busca contribuir con una visión alternativa de cómo analizar y mejorar los procesos académico-administrativos en una institución de educación superior, es decir, se propone que la mejora de los procesos se lleve a cabo desde una óptica de la gestión del conocimiento lo que permitirá aprovechar la experiencia que posee la organización en la ejecución de sus procesos para ofrecer un mejor servicio a sus clientes.

Como se representa en el modelo, es fundamental comprender cómo funcionan los procesos académico-administrativos y como se presenta la interacción con los clientes internos y externos a

la institución. También se plantea que una vez que los procesos sean mejorados, entonces es conveniente considerar su automatización con el apoyo de diferentes técnicas y herramientas que deben ser elegidas de acuerdo con las necesidades.

Por otro lado, se hace énfasis en que hay que tomar en cuenta diferentes elementos como: entorno organizacional, proceso inicial, ejecutores de proceso, herramientas y técnicas para el análisis de procesos, tecnologías de información y las experiencias de clientes, para favorecer la gestión del conocimiento y automatizar los procesos académico-administrativos. Sin lugar a duda, las herramientas de las tecnologías de la información y la comunicación desarrollan un papel fundamental para que la generación automática de documentos se lleve a cabo de manera correcta y eficientemente.

Entre los trabajos futuros inmediatos estaría desarrollar una metodología que guie paso a paso cómo llevar a la práctica el modelo conceptual propuesto. A mediano plazo, estaría implementar la metodología en algún proceso académico-administrativo en una institución académica de educación superior para validarla y hacer mejoras en caso de ser necesario.

5. REFERENCIAS

Arevalo, C., Escalona, M. J., Ramos, I., & Domínguez-Muñoz, M. (2016). A metamodel to integrate business processes time perspective in BPMN 2.0. *Information and Software Technology*, *77*, 17–33. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.05.004

Bosilj-Vukšic, V. (2006). Business Process Modeling: A Foundation for Knowledge Management. *Journal of Information and Organizational Sciences*, *30*(2), 185–198.

Cristani, M., Bertolaso, A., Scannapieco, S., & Tomazzoli, C. (2018). Future paradigms of automated processing of business documents. En *International Journal of Information Management* (Vol. 40, pp. 67–75). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.01.010

di Vaio, A., Palladino, R., Pezzi, A., & Kalisz, D. E. (2021). The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, *123*, 220–231. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042

Escorcia Guzman, J. H., Zuluaga-Ortiz, R. A., Barrios-Miranda, D. A., & Delahoz-Dominguez, E. J. (2021). Information and Communication Technologies (ICT) in the processes of distribution and use of knowledge in Higher Education Institutions (HEIs). *Procedia Computer Science*, *198*, 644–649. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.300

Gómez-Marín, N., Cara-Jiménez, J., Bernardo-Sánchez, A., Álvarez-de-Prado, L., & Ortega-Fernández, F. (2022). Sustainable knowledge management in academia and research organizations in the innovation context. *International Journal of Management Education*, *20*(1). https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100601

Guzmán, J. E., & Arrieta, D. B. (2020). Gestión del conocimiento en Instituciones de Educación Superior: Caracterización desde una reflexión teórica/ Knowledge management in Higher Education Institutions: Characterization from a theoretical reflection. *Revista de Ciencias Sociales*, *26*(3), 83–97. https://doi.org/10.31876/RCS.V26I3.33235

Inciarte, A., Marcano, N., & Reyes, M. E. (2006). Gestión académico-administrativa en la educación básica. *Revista Venezolana de Gerencia*, *11*(34), 221–243. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-99842006000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Kalpič, B., & Bernus, P. (2006). Business process modeling through the knowledge management perspective. *Journal of Knowledge Management*, *10*(3), 40–56. https://doi.org/10.1108/13673270610670849

Kovačić, A., Bosilj-Vukšić, V., & Lončar, A. (2006). A Process-based approach to knowledge management. *Ekonomska Istrazivanja*, *19*(2), 53–66.

Martinho, R., Rijo, R., & Nunes, A. (2015). Complexity Analysis of a Business Process Automation: Case Study on a Healthcare Organization. *Procedia Computer Science*, *64*, 1226–1231. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.510

Nonaka, I., Takeuchi, H., & Umemoto, K. (1996). A theory of organizational knowledge creation. *International Journal of Technology Management*, *11*(7/8), 833–845.

Probst, G., Raub, S., & Romhardt, K. (2001). *Administre el conocimiento*. Prentice Hall.

Ramadhani, F., & Mahendrawathi, E. R. (2019). A conceptual model for the use of social software in business process management and knowledge management. *Procedia Computer Science*, *161*, 1131–1138. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.225

Salvadorinho, J., & Teixeira, L. (2021). Organizational knowledge in the I4.0 using BPMN: A case study. *Procedia Computer Science*, *181*, 981–988. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.266

Teixeira, J., Santos, M., & Machado, R. (2018). Business Process Modeling Languages and their Data Representation Capabilities. *Int Conf Intell Syst*, 3–9.

MODELO DE LIDERAZGO POR ROLES PARA LA DIRECCIÓN DE ORGANIZACIONES. ESTUDIO APLICADO A NIVEL EXPLORATORIO SOBRE PROPÓSITO Y DECISIONES DIRECTIVAS

Linares, Martha Carolina, Acevedo, Adolfo Oswaldo*; Cachay, Orestes

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad Universitaria. Calle Germán Amézaga 375, Cercado-Lima, Lima-1
aacevedob@unmsm.edu.pe

RESUMEN

El liderazgo se define como la capacidad de influir en otros para comprometerse y alcanzar un objetivo común a partir de un propósito superior, es el proceso para inspirar y guiar grupos e individuos. El ingeniero industrial como directivo o decisor en organizaciones, aplica herramientas estructuradas para la productividad y optimización del sistema técnico, pero adolece de falta de herramientas adecuadas para integrar, dirigir y liderar el sistema social. Los estudios de liderazgo, especialmente las teorías académicas, se enfocan en el estilo y personalidad del líder, la profusión de propuestas a veces contrapuestas, resultan eficaces en ciertos contextos, pero insuficientes en otros, conformando un laberinto del liderazgo. La investigación es aplicada a nivel exploratorio e interdisciplinaria, con diseño cualitativo para definir el modelo conceptual y cuantitativo para la corroboración de hipótesis, se aplica estadística inferencial para pequeñas muestras y análisis ANOVA, en una muestra de ingenieros industriales. En los hallazgos se identifica una propensión natural a liderar, el cual se reorienta hacia un rol instrumental de liderazgo derivado del contexto problemático y los requerimientos del grupo u organización, la visión y propósito compartido entre líder y seguidores determina el tipo de rol del líder como un papel de representación temporal con expectativas y desempeño de rol, sustentado en credibilidad y confianza mutua. Se plantea que el liderazgo es temporal, flexible, y adaptable, tal como lo requieren las organizaciones complejas en funcionamiento.

Palabras Claves: Liderazgo, Roles de Liderazgo, Decisiones directivas, Organizaciones, Ingeniería industrial.

ABSTRACT

Leadership is defined as the ability to influence others to commit and achieve a common goal from a higher purpose, it is the process to inspire and guide groups and individuals. The industrial engineer as manager or decision maker in organizations, applies structured tools for productivity and optimization of the technical system, but lacks adequate tools to integrate, direct and lead the social system. Leadership studies, especially academic theories, focus on the style and personality of the leader, the profusion of sometimes conflicting proposals, they are effective in certain contexts, but insufficient in others, forming a labyrinth of leadership. The research is applied at an exploratory and interdisciplinary level, with a qualitative design to define the conceptual and quantitative model for the corroboration of hypotheses, inferential statistics for small samples and ANOVA analysis are applied, in a sample of industrial engineers. In the findings, a natural propensity to lead is identified, which is reoriented towards an instrumental role of leadership derived from the problematic context and the requirements of the group or organization, the vision and shared purpose between leader and followers determines the type of role of the leader as a role of temporary representation with role expectations and performance, based on credibility and mutual trust. It is argued that leadership is temporary, flexible, and adaptable, as complex organizations require in operation.

Keywords: Leadership, Leadership Roles, Management Decisions, Organizations, Industrial Engineering.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Liderazgo es el proceso de influencia de una persona sobre otros (Lussier, 2018), es la capacidad de influir en los seguidores para alcanzar un objetivo común. El líder surge al momento de la decisión de los seguidores de otorgar representatividad a una persona que brinda credibilidad y expectativas para el logro de las motivaciones de los seguidores. El liderar y dirigir personas es asumido como parte de la evolución de la tarea directiva (Acevedo et al., 2016).
En los antecedentes académicos, la propuesta de liderazgo es estructurada en exceso, las teorías son planas y unidimensionales, manejando pocas variables verificables y controlables. En las modernas teorías de liderazgo, el elemento clave es la relación diádica líder-seguidor, donde existe intercambio entre líder y seguidor, a modo de negociación entre ambas partes. Las teorías académicas totalmente racionales no habían considerado los aspectos blandos de la conducta humana ni las manifestaciones y efectos de las emociones, con la racionalidad científica se han desarrollado técnicas para los resultados óptimos y la productividad del sistema técnico. Los estudiosos del liderazgo definen infinidad de corrientes, con teorías y modelos que muestran validez en ciertas circunstancias pero que resultan inaplicables en otros contextos.
En los antecedentes filosóficos se considera la perspectiva filosófica sobre la razón de liderar y sobre las motivaciones de las personas. Hobbes en el Leviatán define a la condición humana y su deseo natural de dominio como el propósito de las personas, plantea que el fin supremo es la felicidad (Hobbes, 2004), Rawls (2006) formula un principio de justicia donde las decisiones, enmarcadas en un velo de ignorancia llevan al bienestar y el trato igualitario, Heidegger señala la obligación de asumir liderazgo, el cual no es ocupar un puesto directivo o desempeñar el papel de jefe o director, ni mucho menos superioridad moral sobre los demás, auténtico liderazgo es disponer del potencial superior del existir humano que es reflexión constante, posicionamiento básico, posición histórica y weltanschauung o cosmovisión (Heidegger, 2001), el weltanschauung con postura o propósito es manifestación de la existencia del ser, donde existencia es actuar, obra y acción sobre la realidad para cambiarla.
En los antecedentes transdisciplinarios, han surgido nuevas propuestas donde el liderazgo se define como el proceso para inspirar y guiar a grupos e individuos (Goleman, 2017), con la inteligencia social, el liderazgo se integra a la estructura de las habilidades sociales que permiten alcanzar resultados estelares en las organizaciones, en la producción técnica y en el bienestar social, desde la perspectiva de la filosofía, surge el modelo ontológico-fenomenológico (Erhard et al., 2022), en la enseñanza de liderazgo de Harvard se consideran las dimensiones de saber, hacer, ser, desarrollar (Snook et al., 2012). Los aportes al estudio del liderazgo, desde diferentes dominios con enfoques contrapuestos, dificultan una obra integrada, lo que configura un laberinto del liderazgo (Samuelson et al., 2019), con múltiples perspectiva, donde cada autor define estilos de líder, únicos e incomparables entre sí.

1.2. Planteamiento del problema

El planteamiento del presente estudio considera que no se ha logrado una concepción consensuada sobre liderazgo, con teorías en estado de flujo y confusión, apoyadas en máximas y afirmaciones generales no sustentadas por teorías sólidas o datos empíricos demostrables (Browne y Cohn, 1958). donde se describe al líder exitoso en un entorno específico, por sus decisiones eficaces y sus anécdotas. En general, la academia adolece de la falta de un lenguaje común e inexistencia de constructos integradores, lo que se agrava cuando enfrenta teorías novedosas o enfoques renovados.

1.3. Objetivo y problema de investigación

El objetivo del estudio es plantear los roles de liderazgo que el ingeniero industrial como directivo o decisor asume en su tarea de dirigir grupos humanos y organizaciones, en función al escenario problemático o contexto organizacional.

La pregunta de investigación es: ¿Cómo el escenario problemático o contexto organizacional, donde se ubica el directivo y grupo humano, influye en la definición del rol instrumental de liderazgo y toma de decisiones del directivo?

1.4. Hipótesis de investigación

La hipótesis general es: “El escenario problemático o contexto organizacional influye en la definición del rol instrumental de liderazgo y toma de decisiones del directivo”.

1.5. Contribución e impacto

El aporte directo de la investigación es su contribución al estudio del liderazgo en el ambiente empresarial y social peruano, donde no se han elaborado estudios relevantes sobre teoría o praxis de liderazgo. Otro aporte directo es el diseño de un modelo de liderazgo por roles, básicos e instrumentales, donde el ingeniero industrial asume dirección y decisiones directivas. El aporte indirecto es la posibilidad de elaborar perfiles de liderazgo que permitan entender, describir y predecir las conductas y decisiones de los líderes en el contexto local.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación es exploratoria, con una parte cualitativa y otra cuantitativa. La investigación cualitativa comprende la investigación documental de las diversas teorías y experiencias empíricas de liderazgo en los contextos académicos y empresariales. A continuación, se desarrollan entrevistas a profundidad con académicos locales de diferentes universidades, involucrados en el tema, a fin de elaborar los criterios que permitan identificar las dimensiones del liderazgo. Luego se diseñan las herramientas de recolección de datos mediante inventario que permita corroborar la hipótesis de estudio, las que se aplican en una muestra seleccionada de ingenieros industriales graduados, se aplica un inventario para determinar la preferencia de liderazgo en el grupo muestral. Luego, en el intervalo de tres a cuatro meses, se les asigna tareas de lectura y crítica de casos estudio de organizaciones, a continuación, se emplea juego de roles para ejercicios de simulación de decisiones en contextos de dirección de sistemas empresariales, a modo de experimento mental, seguidamente se aplica el inventario para verificar su preferencia de liderazgo, asumiendo un rol que le permita cumplir la tarea directiva. Se emplea estadística inferencial para pequeñas muestras, se corrobora estadísticamente la prueba de hipótesis ANOVA de comparación de medias para poblaciones donde no se conoce la desviación estándar empleando el paquete estadístico SPSS. Los resultados empíricos se analizan mediante un software estadístico en Excel. El análisis de resultados y la discusión de los hallazgos se realiza dentro de taller académico.

3. MARCO CONCEPTUAL DEL LIDERAZGO POR ROLES

3.1. El laberinto del liderazgo

La abundante literatura sobre liderazgo, desarrollada desde perspectivas diversas, puede agruparse en cuatro orientaciones: 1° académica o teorías de liderazgo, 2° empírica o ensayos de autor, biografías, modas sobre éxito directivo, 3° paradigmas y cosmovisiones filosóficas, 4° visiones desde ficción y arte. Ver la figura 1.

3.1.1. Propuesta de la academia

La propuesta de la academia y la ciencia es racional, el liderazgo se define como la capacidad de influir en otros para obtener resultados y logros, se basa en el éxito de un estilo en un contexto y un momento determinado. comprende las teorías de liderazgo de universidades en sus cuatro orientaciones: estructural o rasgos, procesos, conductual y liderazgo de contingencia y cambio (Acevedo et al., 2019), Entre las teorías actuales sobresalen la relación de intercambio líder-miembro, y la relación diádica líder-seguidor, donde el seguidor adquiere gran importancia, el liderazgo transaccional-transformacional enfatiza la intervención del seguidor, el liderazgo auténtico basado en ética y valores, liderazgo funcional que contribuye a la eficacia organizacional; estas teorías se basan en la personalidad y la conducta de la persona que dirige (Lussier, 2018).

3.1.2. Propuesta empírica

Se define como la habilidad para dirigir en beneficio de los objetivos de la organización movilizando a los subordinados en torno de los mismos, donde hay tantos estilos de liderazgo como líderes (Drucker Foundation, 2013). Estas definiciones surgen en el ámbito político, militar, histórico, empresarial, periodístico, Biografías de personajes de éxito, agrupando conductas, estilos de decisión y anécdotas (Ferguson y Moritz, 2017), los ensayos de autor describen estilos exitosos, los ensayos prospectivos, narraciones (Rigby, 2012) (Drucker Foundation, 2006), entre otros.

3.1.3. Propuesta desde la perspectiva filosófica

La propuesta del weltanschauung se sustenta en grandes construcciones conceptuales complejas y completas de la realidad, donde el liderazgo se plantea como un elemento integrador para dirigir personas. La filosofía política de la condición humana enfatiza el propósito de las personas (fin supremo de la felicidad y la condición humana) como elementos centrales de la visión del líder (Hobbes, 2004) (Rawls, 2006), también incluye los memes de liderazgo que delinean prototipos de líderes, reflejando valores centrales y actividades de liderazgo funcional (Zaccaro, 2014). El liderazgo ontológico/fenomenológico plantea que todos poseen el potencial de líder, como parte de su naturaleza humana, el cual se manifiesta en diversos contextos a través de las decisiones y actos (Erhard et al., 2022), la enseñanza de liderazgo de la Universidad de Harvard organiza el liderazgo en cuatro campos multidisciplinarios: a) Saber, b) Hacer, c) Ser y d) Desarrollar (Snook et al., 2012), las multiperspectivas de la Universidad de Oxford considera teorías: a) centradas en el líder, b) centradas en los seguidores, c) negociación líder-seguidor, d) Temas emergentes, además plantea el meme de liderazgo como prototipos de líder transmitidos históricamente (Day, 2014).

3.1.4. Propuesta desde la ficción literaria

La propuesta de la ficción, comprende la literatura donde las novelas, cuentos, narraciones, muestran experiencias y aptitudes de liderazgo con mayor complejidad y realismo que los estudios académicos, las obras de ficción se emplean en la enseñanza de dirección y decisiones en la universidad y escuelas de negocios (Acuña, 2002). De la lectura se obtiene un universo de pautas y comportamiento de liderazgo, como la compilación de liderazgo de Samet (2015), liderazgo infantil en el Mississippi (Twain, 2011), el liderazgo comunal en la sierra peruana (Alegría, 2002), las fábulas de Esopo para el ejercicio del liderazgo y decisiones en organizaciones (Esopo, 2015) (Noonan, 2005), liderazgo maya (Abreu, 2015), obras de ficción plena que construyen al líder distópico, surrealista y amoral, tal como son los líderes políticos latinoamericanos (García, 1996).

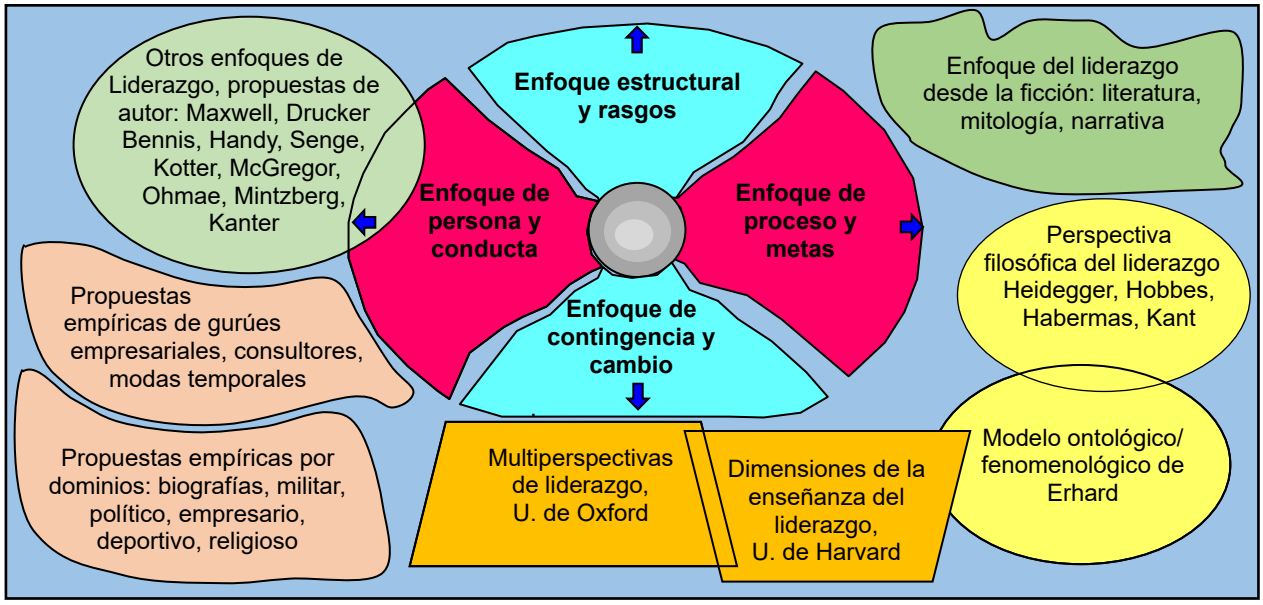


Figura 1. El laberinto del Liderazgo, propuestas académicas, empíricas, filosóficas, de ficción.

3.2. El modelo de liderazgo por roles

El liderazgo por roles es un modelo que se ubica dentro de las propuestas basadas en weltanschauungen o cosmovisiones globales. El perfil de liderazgo es una combinación de diferentes roles, para alcanzar propósitos o logros. El potencial de liderazgo no es exclusivo de unos pocos, sino, se presenta en todas las personas, se plasma de manera temporal, según las circunstancias.

3.2.1. Génesis del liderazgo

- **Todos somos líderes y seguidores.** Toda persona posee el potencial de líder y de seguidor, ambos a la vez. Como líder posee una visión holística o reduccionista, como seguidor tiene un propósito con motivación trascendente e intrínseca. En la empresa, los seguidores pueden ser empleados, clientes, accionistas, proveedores, socios, y cualquier persona involucrada.

- **Cómo surge, crece y se consolida el liderazgo.** El liderazgo es un don o regalo otorgado por los seguidores, que asumen un rol subalterno después de transferir poder al elegido como líder, no antes. El seguidor otorga poder y representatividad a uno de sus pares, y crea un líder, además crea expectativa, desempeño y confianza, a modo de contrato social temporal implícito entre líder y cada seguidor, el seguidor es un poderdante que otorga autoridad al líder y no al revés (Kouzes y Posner, 1996). El líder adquiere representatividad, personifica la visión y asume compromiso para alcanzar los fines del grupo, el seguidor acepta autoridad y poder que ha otorgado al líder, construyendo institucionalidad. Si el líder cubre las expectativas, su liderazgo se consolida, se fortalece y permanece en el tiempo, aumentando su capacidad de influencia sobre otros.
- **El momento en que surge el liderazgo.** El líder surge al momento de la decisión de los seguidores de otorgar representatividad a una persona posicionada que brinda credibilidad y expectativa de desempeño y logro de las motivaciones de los seguidores. Previamente, existe un período de incubamiento para el desarrollo de las cualidades de líder, que se manifiestan en el espacio y momento adecuado, para dirigir un sistema de actividad humana u organización.
- **Las formas de influencia del líder.** El líder ejerce influencia para que las personas actúen. La influencia es por diferentes medios y con diferente efecto: 1°directamente por medio de la palabra oral, plantea visiones y retos al grupo, 2° de manera sutil con la palabra escrita, elabora cosmovisiones y escenarios a construir, 3° con su conducta y ejemplo de vida, promueve valores, principios y normas, 4° con decisiones y resultados, logros concretos a los seguidores. Cada modo de influencia tiene diferente intensidad, según el escenario y el sistema que se lidera.

3.2.2. Las dimensiones del liderazgo por roles

Los roles derivan de la intersección de las dimensiones de la visión o weltanschauung directivo con el propósito o motivaciones. El eje y define el weltanschauung como postura y fuerza motriz de la acción (cosmovisión, posición, propósito, paradigmas) (Heidegger, 2001), el eje x define el propósito referido a la motivación trascendente e intrínseca.

- **Visión holista.** Visión global, holista, sistémica, de síntesis, método hipotético-deductivo. Ver el todo de manera sistémica para entender y dar significado, identificando input-proceso-output.
- **Visión científica.** Visión científica, reduccionista, fragmentada, análisis, método inductivo-experimental. Dividir el todo en sus componentes para conocer su funcionamiento y controlarlo.
- **Motivación trascendente.** Basado en la condición humana: búsqueda de la verdad., poder, conocimiento, la libertad, decisiones, igualdad, oportunidades, justicia y equidad.
- **Motivación intrínseca.** Basado en la búsqueda del fin supremo: caritas, afiliación, felicidad, bienestar, disfrute, ocio, placer, flujo, logro, trabajo.

3.2.3. Los roles teóricos de liderazgo

Rol teórico o básico de líder es propensión a influir, dirigir, orientar, que una persona prefiere, es una representación intelectual, es la esencia a dirigir abstraída del contexto, cuando esta propensión se operacionaliza y se concreta, deviene en rol instrumental (ver la figura 2).

Los roles teóricos se denominan en términos bíblicos: 1° **Patriarca.** Padre en la fe compartida, cabeza de familia o clan, principal en una colectividad, genearca, fundador de un linaje o apellido. Fundador de empresa o movimiento. 2° **Mercader.** Comerciante o distribuidor de mercancías, dueño, apropiación e intercambio cultural, político, social, mecenas y promotor de arte y literatura, creador del valor de cambio y categoría de género vendible a toda cosa material, inmaterial, espiritual. 3° **Profeta.** Mensajero de la verdad conocida, intermediario entre humanidad y divinidad. Misión de comunicar revelaciones y dirección a la humanidad. Discernimiento de lo que es bueno y del plan de vida para la humanidad. 4° **Maestro.** El que enseña, sabio o persona docta, guía espiritual, gurú. Persona que ha estudiado magisterio, busca enseñanza y aprendizaje, capacidad crítica y transformación en el alumno, aquel con obra de excelencia que ha trascendido.

Los roles básicos, son de cuatro tipos:

- **Rol Patriarca** se refiere a la creación y gobernanza de sistemas humanos, comprende el gobierno, administración, control, mando y poder. El propósito del líder es que el sistema crezca y se consolide, tenga las condiciones para funcionar, que sea viable y sostenible en el largo plazo, se refiere a la unidad de objetivos, la institucionalidad, la organización humana.
- R**ol Mercader** se refiere a aprovechar la oportunidad para obtener beneficios, inversión y riqueza mediante. El propósito del líder es que el sistema se desarrolle y alcance su máximo potencial, se enfoca en superar o eliminar brechas indeseadas o fallas en el sistema.

- R**ol Profeta** se refiere a recepcionar directivas y mensaje, e interpretarlos para difundirlos y llevarlos a la práctica. El propósito del líder es que el sistema funcione bien, se enfoca en la productividad, el buen funcionamiento y los resultados.
- **Rol de Maestro** se refiere a crear, inventar y construir la mejora y el cambio, mediante la difusión y aplicación de ideas y conceptos. El propósito del líder es aprender y enseñar, conocer y estudiar el sistema para entenderlo, mejorarlo y cambiarlo.

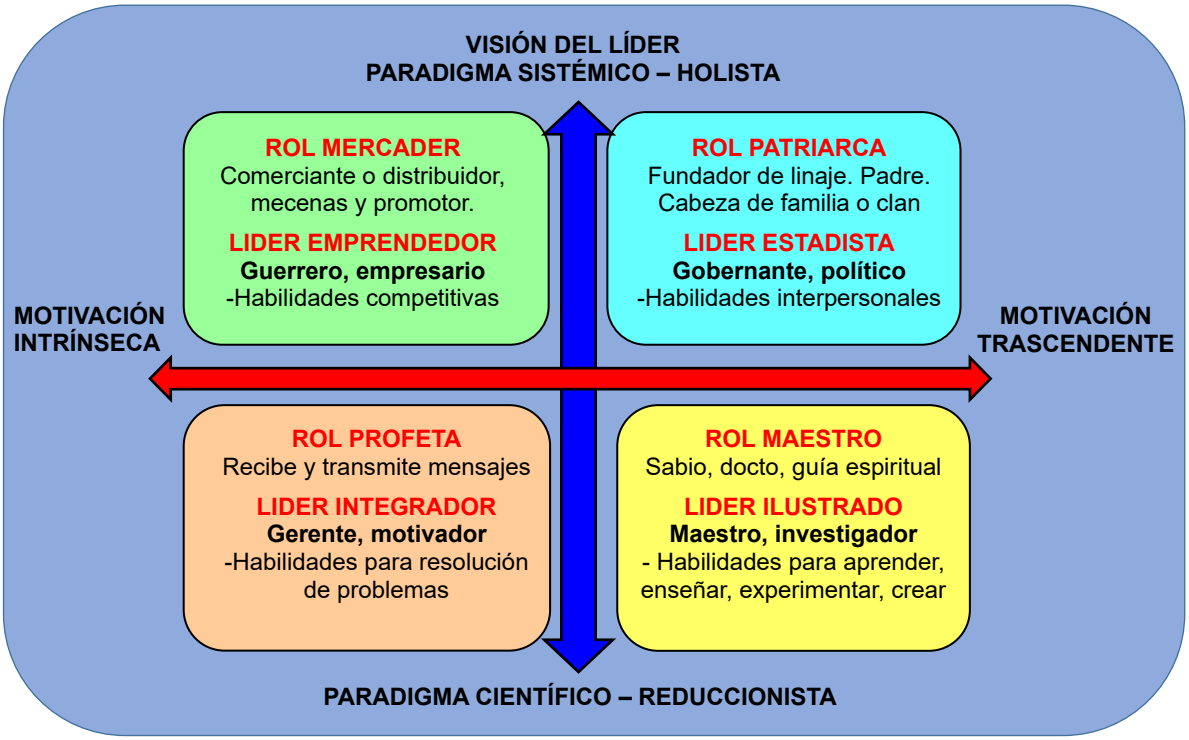


Figura 2. Roles teóricos y roles instrumentales del liderazgo

3.2.4. Los roles instrumentales de liderazgo

Rol instrumental es un rol básico que se operacionaliza cuando asume un propósito definido y concreto, compartido por líder y seguidores, para un sistema u organización específico, en el espacio-tiempo adecuado. Éstos pueden ser:

- **Líder estadista,** se refiere al que gobierna, busca que el sistema funcione, se enfoca en la institucionalidad, orden y estrategia de largo plazo. Buen manejo de habilidades interpersonales. En organizaciones es gobernante, alto directivo, CEO, político, líder de movimientos sociales, ejecutor de proyectos.
- **Líder emprendedor**, se refiere al que comercia para obtener provecho, se enfoca en la confrontación y la competencia y el dominio del ambiente de actividad. Habilidades competitivas superiores. En organizaciones es empresario, guerrero, emprendedor, gestor de intereses.
- **Líder integrador,** se refiere al directivo que planea y aplica estrategias para el funcionamiento productivo de la organización, unificando el funcionamiento de personas y recursos materiales e inmateriales, se enfoca en planes y resultados. Habilidades para la resolución de problemas. En organizaciones es gerente, motivador, diseñador, desarrollador.
- **Líder ilustrado**, se refiere a la creación, innovación, descubrimiento, experimentación para generar conocimiento y desarrollar a las organizaciones. Habilidades de aprendizaje. En organizaciones es profesor, artista o intelectual, pensador, filósofo, investigador, científico, experimentador, creador, innovador.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO

4.1. Hallazgos del estudio

4.1.1. Hipótesis nula y alternativa:

Hipótesis nula H_0: "El escenario problemático o contexto organizacional no tiene influencia relevante en la definición del rol instrumental de liderazgo y toma de decisiones del directivo".
Hipótesis alterna H_1: "El escenario problemático o contexto organizacional tiene influencia relevante en la definición del rol instrumental de liderazgo y toma de decisiones del directivo".

4.1.2. Prueba de hipótesis

1º) Hipótesis nula:
Hipótesis nula:
H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_i$
Todas las μ_i son iguales ; donde i = 1, 2, ...k , k= 5
Hipótesis alterna:
H_1 : No todas las μ_i son iguales
ó: existe, por lo menos, una media diferente a las demás
$\exists$ i / $\mu_i \neq \mu$
Donde μ_i = Media de propensión/preferencia de cada participante en la dimensión i
2º) Nivel de significancia y Nivel de confianza (n.s. y n.c.)
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
Nivel de confianza $1 - \alpha = 0.95$

4.1.3. Resultados del estudio

La tabla 1 presenta los descriptivos. La parte a muestra el sesgo natural al rol básico (O_1), por los participantes de la muestra, la parte b muestra el sesgo ante un propósito definido para el sistema organizacional dentro del adecuado contexto (O_2). Este cambio deriva de la percepción de los requerimientos del contexto y el propósito.

Tabla 1. Descriptivos de preferencia en las dimensiones de liderazgo

a) SESGO NATURAL AL ROL BÁSICO DE LIDERAZGO - **Descriptivos O_1**								
DIMENSIONES DEL LIDERAZGO	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1 W' HOLISTICO	25	21.72	3.361	.672	20.33	23.11	14	28
2 MOTIVO TRASCENDENTE	25	24.60	3.215	.643	23.27	25.93	18	29
3 W´REDUCCIONISTA	25	22.64	2.252	.450	21.71	23.57	18	26
4 MOTIVO INTRÍNSECO	25	19.00	2.102	.420	18.13	19.87	16	24
5 PREF. INDIVIDUALISMO	25	12.04	3.835	.767	10.46	13.62	6	19
Total	125	20.00	5.302	.474	19.06	20.94	6	29
b) SESGO AL ROL INSTRUMENTAL DE LIDERAZGO - **Descriptivos O_2**								
DIMENSIONES DEL LIDERAZGO	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1 W' HOLISTICO	25	12.12	3.655	.731	10.61	13.63	8	22
2 MOTIVO TRASCENDENTE	25	24.32	5.367	1.073	22.10	26.54	11	34
3 W´REDUCCIONISTA	25	26.40	5.362	1.072	24.19	28.61	15	38
4 MOTIVO INTRÍNSECO	25	28.20	3.464	.693	26.77	29.63	21	35
5 PREF. INDIVIDUALISMO	25	8.96	4.578	.916	7.07	10.85	1	20
Total	125	20.00	9.098	.814	18.39	21.61	1	38

La tabla 2 muestra la prueba de hipótesis, mediante Prueba F para análisis de varianza de un factor calculado con paquete estadístico SPSS. Se observa que el F calculado es superior al F teórico, por lo que se encuentra en el rango de rechazo. Se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 2. Corroboración de hipótesis ANOVA

PREFERENCIA DE ROL INSTRUMENTAL DE LIDERAZGO ANOVA O_2					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7770.960	4	1942.740	93.512	.000
Dentro de grupos	2493.040	120	20.775		
Total	10264.000	124			

4.2. Análisis de resultados

Para un nivel de significación de 0.05, en la hipótesis sobre preferencia a rol instrumental de liderazgo, el Fc calculado es superior al Ft teórico (93.51 > 2.45), en región de rechazo. No es posible aceptar la hipótesis nula que afirma que el contexto organizacional del sistema no ejerce influencia en la disposición hacia las dimensiones de liderazgo y, por ende, en el rol de liderazgo asumido por el ingeniero industrial de la muestra. Se corrobora la hipótesis alterna, que afirma que el contexto organizacional, influyen significativamente en la disposición hacia las dimensiones de liderazgo y al rol de liderazgo asumido por el ingeniero industrial de la muestra.

Por lo tanto: - Se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significación de 0.05.
- Se acepta la hipótesis alternativa a un nivel de significación de 0.05.

4.3. Discusión de los resultados

4.3.1. Aporte empírico de la investigación

El taller académico, con simulación de decisiones y casos de empresa se realiza para verificar el efecto en el perfil de liderazgo. La figura 3 muestra que, ante un nuevo contexto (empresarial en el estudio) el propósito cambia al igual que las preferencias, se eleva la motivación intrínseca para obtener logros y la visión científica de la profesión, en detrimento de la visión holística.

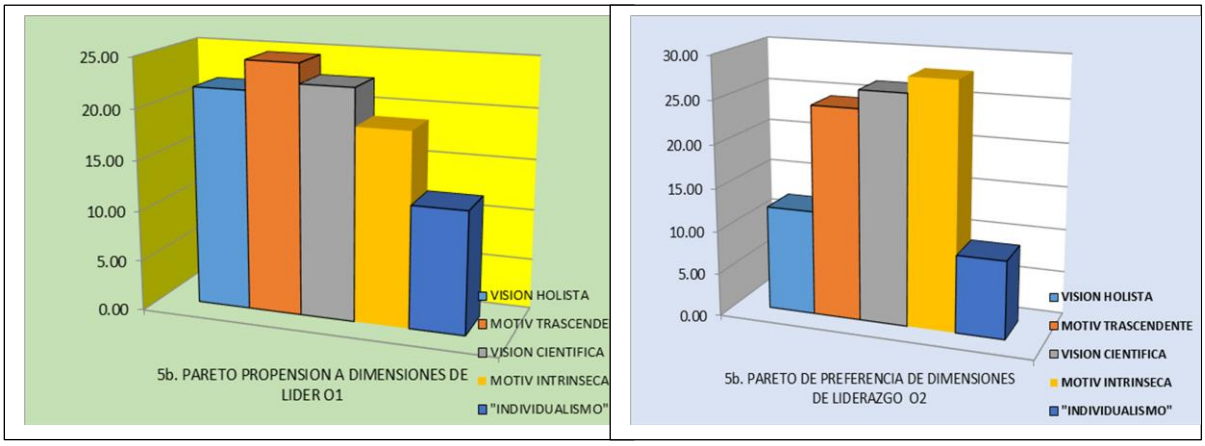


Figura 3. Preferencia de dimensiones de liderazgo: sesgo natural (O_1) y contexto empresarial (O_2)

El cambio de preferencia influye en el rol de liderazgo, la figura 4 muestra que la propensión natural a un contexto de liderazgo estadista e ilustrado, se reorienta hacia un liderazgo integrador, cuyo propósito es que el sistema organizacional funcione con resultado positivos.

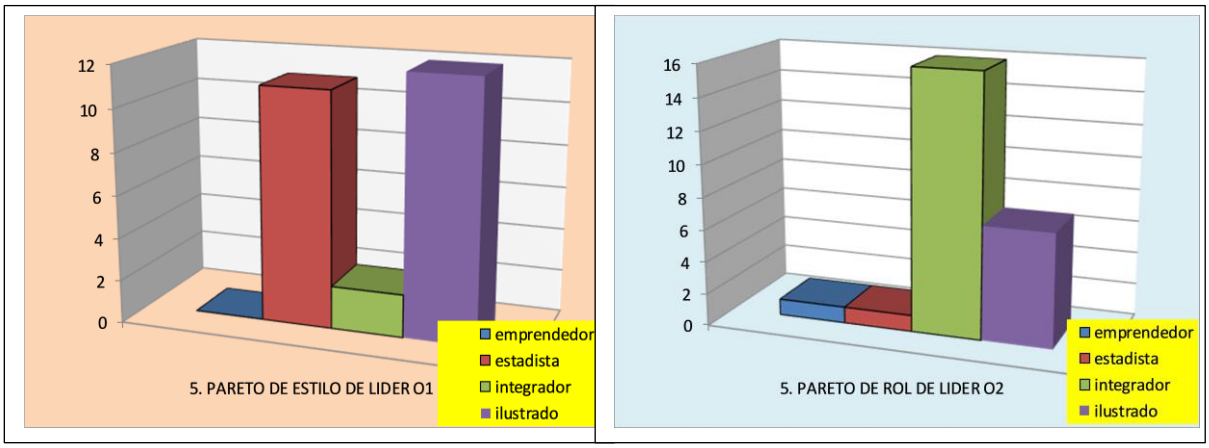


Figura 4. Propensión al liderazgo en diferentes escenarios: sesgo natural (O_1) y contexto empresarial (O_2)

La figura 5 describe el cambio, cuando el profesional enfrenta situaciones problemáticas y asume funciones directivas que implican mando y dirección, debe adaptarse a los requerimientos de la organización productiva, asumiendo el papel adecuado para liderar y reorientar su rol hacia la acción y los resultados. En la tarea organizacional, las necesidades del sistema y la posición de

responsabilidad y presiones, conlleva a manejar motivaciones intrínsecas y pragmáticas, empleando su conocimiento experto para plantear metas y cubrir expectativas de resultados.

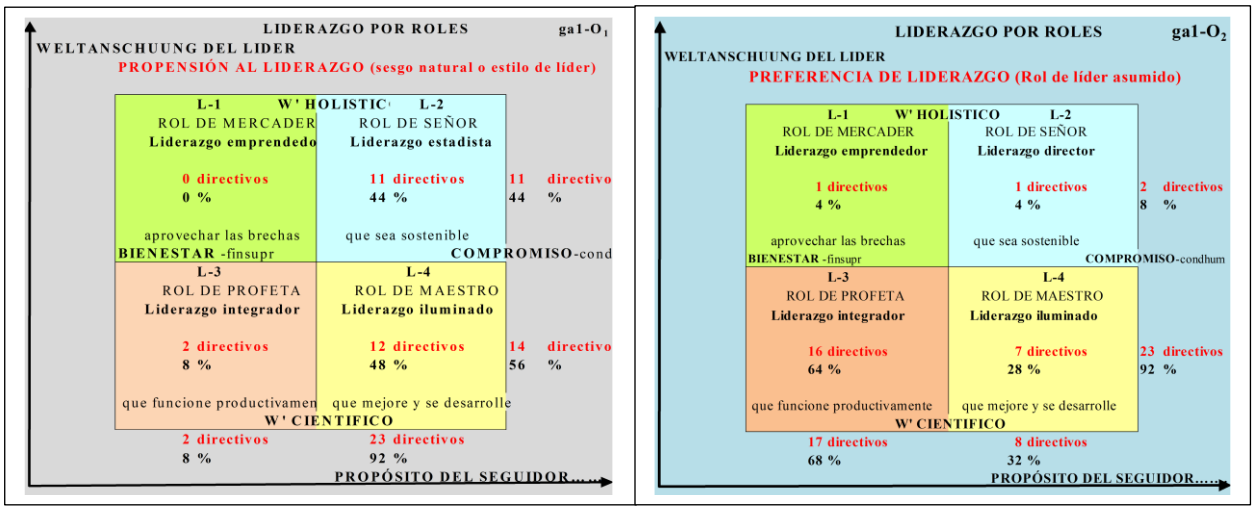


Figura 5. Los roles de liderazgo, según propensión natural (O_1) y preferencia racional (O_2)

La tabla 3 resume la discusión y desarrollo de los roles instrumentales, como tarea del líder llevados al campo de trabajo. El liderazgo se enriquece con su instrumentalización o aplicación ante situaciones concretas de dirigir personas, el rol asumido se complementa con el estilo personal, que se subordina y amolda al propósito superior establecido para el sistema u organización.

Tabla 3. Roles instrumentales del modelo de liderazgo por roles

	M. INTRINSECA: bienestar y necesidades	M. TRASCENDENTE: valores y principios
V.SISTÉMICA: hipotético-deductivo	**LÍDER EMPRENDEDOR O GUERRERO** **Propósito:** Que el sistema se potencie y alcance su máximo potencial **Roles instrumentales** - Guerrero, militar - Empresario inversor, comerciante, marketero - Gestor de intereses, burócrata, especulador - Emprendedor emergente, innovador comercial **Decisiones directivas** - Percibe falencias, necesidades, oportunidades - Emprendedor, inicia proyectos - Toma de decisiones directas - Identifica brechas y fallas a cubrir o mejorar **Prototipo de líder** - Liderazgo por resultados, liderazgo impulsor - Competencias: habilidades de competitividad	**LÍDER ESTADISTA O GOBERNANTE** **Propósito:** Que el sistema sea sostenible y viable en el largo plazo **Roles instrumentales** - Político, consejero, asesor, - Estadista, CEO corporativo, comandante - Consultor, director de orquesta, jefe taller de arte - Jefe de equipo, Jefe de proyecto/programa **Decisiones directivas** - Visionario, orientador estratega - Organizador y asignador de personas - Delega funciones y decisiones - Descubre debilidades y las supera **Prototipo de líder** - Liderazgo por principios, liderazgo por valores - Competencias: habilidades interpersonales
V.CIENTÍFICA: inductivo-experimental	**LÍDER INTEGRADOR O GERENCIAL** **Propósito:** Que el sistema funcione bien, eficaz, eficiente y productivamente **Roles instrumentales** - Motivador, gestor de talento humano - Solucionador de problemas, gerente, directivo - Desarrollo de personas, transformacional - Ingeniero, diseñador, estratega **Decisiones directivas** - Facilitar procesos y aclarar conflictos - Decisiones analíticas y decisiones creativas - Gestión de sistemas directivos y operativos - Asignador de recursos, gestión de procesos **Prototipo de líder** - Liderazgo experto, liderazgo gerencial - Competencias: productividad y eficiencia	**LÍDER ILUSTRADO O INTELECTUAL** **Propósito:** Que el sistema aprenda y se desarrolle para el cambio y mejora **Roles instrumentales** - Escritor, literato, biógrafo, artista - Profesor, experimentador, científico, coaching - Pensador, filósofo, ideólogo - Inventor, innovador tecnológico **Decisiones directivas** - Visionario, sueña e imagina - Aprende y enseña - Orientador de decisiones - Descubre e inventa **Prototipo de líder** - Liderazgo creativo, liderazgo ilustrado - Competencias: aprender, enseñar, cambiar

En la figura 6 se observa que, en su sesgo natural (O_1), el ingeniero industrial presenta mayor propensión por su propia visión de líder (60%), cuando asume un nuevo propósito, su preferencia se reorienta hacia las expectativas de los seguidores (O_2), elevando su interés por las motivaciones de éstos (40% pasa a 92%). Al asumir un rol de liderazgo, la tarea de dirigir y tomar decisiones se torna prioritaria, modificando el enfoque de los fines y medios en la gestión de la organización.

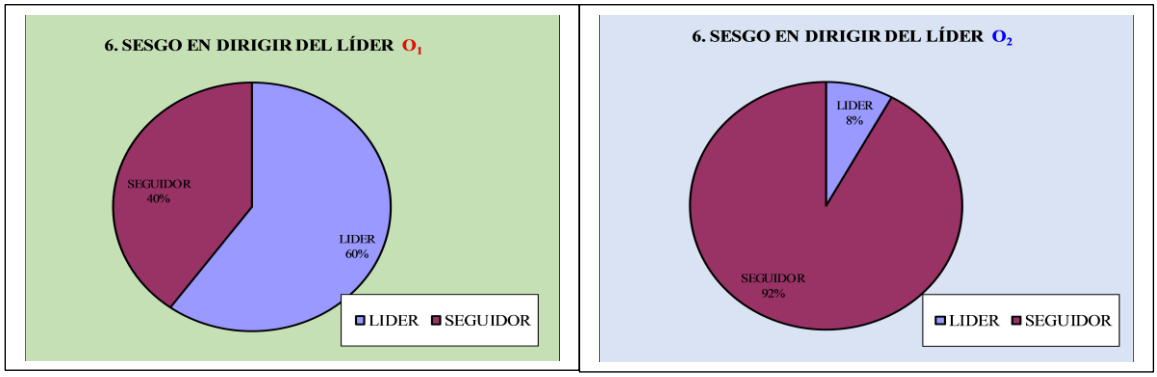


Figura 6. Orientación a visión de líder (O_1) versus orientación a expectativa de seguidores (O_2)

La figura 7 sintetiza el efecto del sesgo natural de liderazgo y la influencia del contexto y propósito para modificar hacia una preferencia operacional de liderazgo. En el primer caso, la persona se abstrae del escenario y manifiesta su parecer particular (denominado estilo o personalidad), en el segundo caso el líder define un rol que asume ante los seguidores (subalternos, discípulos). En este estudio, la muestra prefiere roles de mando (44%) o cambio (48%), la presión del entorno los reorienta hacia solución de problemas (64%).

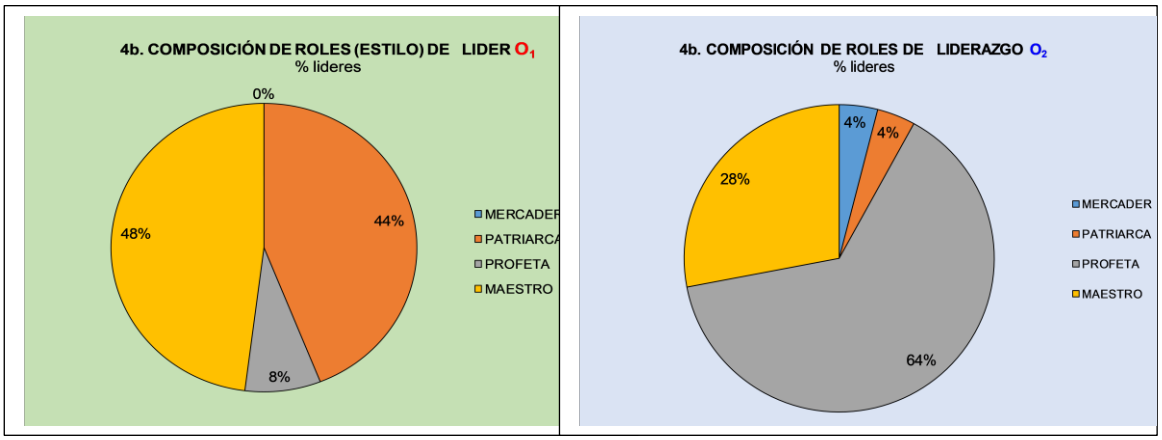


Figura 7. Orientación a Liderazgo estadista y maestro (O_1) y Orientación a liderazgo integrador (O_2)

4.3.2. Aporte teórico de la investigación

Un aporte teórico directo es el diseño de una teoría de liderazgo, con perspectiva interdisciplinaria, denominado modelo de liderazgo por roles, con tipos básicos e instrumentales que toda persona puede interpretar en diferentes escenarios. Los roles de liderazgo se refieren al desempeño de líder, como conductas donde el foco es el propósito del sistema y las dimensiones o variables a gestionar.

4.3.3. Aporte social de la investigación

El aporte social se refiere a la relación líder-seguidor, estableciendo un contrato psicológico donde el grupo otorga representatividad a uno de sus miembros, que funge de líder en el contexto del sistema organizacional, el líder es elegido para representar el grupo, plasmar las expectativas, desempeño de líder y credibilidad para orientar y dirigir al grupo hacia sus logros esperados.

4.3.3. Aporte epistemológico de la investigación

En el aporte metodológico, cuando un profesional asume funciones de liderazgo, su estilo de mando y su personalidad se adaptan al propósito de la organización, asumiendo el desempeño adecuado para el papel de líder. La forma de liderar y dirigir depende del actor que funge de líder, se debe tener claro qué es lo que se quiere alcanzar, ya que el cómo (medio) se subordina al qué (propósito.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo general de liderazgo por roles, percibido conceptualmente, se enriquece con su instrumentalización, percibido por la experiencia en la gestión de organizaciones, lo que permite desarrollar una propuesta interdisciplinaria que define el rol del líder según su propósito, y según el escenario y momento en que se desarrolla la tarea de liderar (razón de ser del líder).

Las conclusiones del estudio son:

- El presente estudio sobre liderazgo por roles ofrece un enfoque para enfrentar la tarea de liderar grupos humanos y organizaciones, basado en el concepto de rol como tarea o función temporal y de líder como representante elegido por sus pares o poderdantes por su conexión y capacidad para representarlos en la búsqueda del camino para lograr fines comunes.
- El rol de liderazgo es una predisposición básica y una elección instrumental. El liderazgo ha de ser multidimensional y multiespacial, conteniendo la visión de los participantes o actores, para entender los roles asumidos en el proceso, como líder o seguidor o poderdante.
- Se definen los conceptos de rol teórico o básico y rol instrumental de liderazgo, el primero es la propensión de la persona abstraída del contexto, el segundo considera la influencia del escenario, el sistema a liderar y el contrato psicológico, se constituye en un rol flexible y adaptable a los requerimientos del sistema y la representatividad otorgada por los poderdantes.
- El liderazgo por roles es un arreglo conceptual que permite estructurar e insertar las conductas de los líderes. El modelo amplía las propuestas de liderazgo, planteando criterios multidimensionales en los roles básicos y roles instrumentales y la inclusión de la perspectiva de potencial de líder y manifestación de liderazgo, que la persona desarrolla en la acción de liderar.
- El rol instrumental es un rol conveniente a la situación, donde el líder adopta la conducta adecuada e interpreta el papel que le corresponde, la conducta se plantea de modo difuso con límites amplios, disperso en su actuación y enfocado en el propósito del sistema, que lo lleva a manejar situaciones complejas mediante un liderazgo eficaz, adaptable al contexto y propósito.
- Los grupos humanos, en su afán de cubrir sus motivaciones, otorgan representatividad y facultad de decidir a un miembro del grupo, que se caracteriza por articular y crear compromiso por una visión y una misión compartidas, se pone a la vanguardia, guía por la acción, orienta el desempeño y cada quien asume su responsabilidad. Las motivaciones de compromiso y bienestar y el y el don de dirigir, definen los roles temporales y contingentes de líder y seguidor.

6. RECOMENDACIONES

En la formación profesional del ingeniero industrial se debe incluir la investigación formativa en temas de liderazgo y decisiones para la resolución de problemas, para la gestión, de procesos operativos productivos, de servicios y sociales. Se recomienda la elaboración de estudios en temas de gestión, decisiones, liderazgo, desarrollando metodologías multi e interdisciplinarias, en función a su complementariedad y aporte al desarrollo de los sistemas empresariales.

Considerando los hallazgos y las discusiones del presente estudio, se recomienda:

- Identificar y realizar estudios empíricos referidos a personas visibles que se desempeñen como líderes en diferentes contextos, académico, empresarial, político, social, y continuar con estudios de liderazgo, orientados a describir el desempeño de personas en el ámbito local.
- Desarrollar las metodologías de actuación del liderazgo por roles, complementando con teorías vigentes enfocadas en el estilo del líder, y resolviendo la contradicción del líder como héroe de capacidades excepcionales innatas o aprendidas, frente a la teoría de roles temporales donde el rol de líder es contingente y puede ser ejercido por todo miembro de un grupo, en función a sus posibilidades de desempeño eficaz para alcanzar los fines del grupo.
- Elaborar estudios con perspectivas interdisciplinarias, integrando técnicas de diversos campos del saber, tal como inteligencia emocional, psicología organizacional, economía conductual, literatura, teatro, artes plásticas, de manera que se desarrollen herramientas y técnicas de liderazgo, que trasciendan el ámbito de los dominios especializados concretos y convergentes.
- Plantear estudios para el diseño de teorías de liderazgo en la ingeniería industrial, enfocado en la visión trascendental que enuncia la formación de profesionales líderes en su ámbito de saber, a fin que eleve su nivel participación en gestión de organizaciones y amplíe el uso de nuevas técnicas de productividad y mejora de los procesos empresariales.

En general, la forma de ver y plantear los conceptos de liderazgo, permite el desarrollo posterior de los métodos para aplicar roles de liderazgo por los miembros de un grupo o equipo que busca un objetivo común, estudios posteriores y su documentación ha de permitir una contribución eficaz para el desarrollo de teoría y praxis de liderazgo en contextos diferentes, de manera que se construyan renovadas herramientas metodológicas para dirección y liderazgo en organizaciones.

7. REFERENCIAS

Abreu, E. (2015). *Canek. Historia y leyenda de un héroe maya*. México: 1ra. ed. Colofón S.A. de C.V.

Acevedo, A., Linares, C. y Cachay, O. (2019). *Escritos selectos sobre Dirección Científica en organizaciones complejas. Weltanschauung y paradigmas en administración de organizaciones.* Perú: 1ra.edición. Fondo Editorial UNMSM.

Acevedo, A., Linares, C. y Cachay, O. (2016). Modelo general de liderazgo por roles en el contexto peruano. Estudio exploratorio sobre espíritu directivo en el Perú. *Industrial Data Revista de Investigación, 19*(1), 45-58. https://doi.org/10.15381/idata.v19i1.12537.

Acevedo, A. (2016). *Lecturas para la dirección científica en las organizaciones*. Ed. AAB.

Acuña, E. (2002*). Cuentos del trabajo en Chile. Aportes de la literatura para aprender sobre empresas y organizaciones chilenas.* Editorial Universitaria.

Alegría, C. (2002). *El mundo es ancho y ajeno*. España: 1ra. edición. Ediciones Peisa.

Browne, C y Cohn, T. (1958). *El Estudio del liderazgo*. Argentina: 1ra. ed. Ed. PAIDOS.

Day, D. (Ed.) (2014). *The Oxford Handbook of Leadership and Organizations*. New York: Oxford University Press.

Drucker Foundation (2006*). El líder del futuro*. Colombia: 1ra. ed. Ed. DEUSTO.

Drucker Foundation (2013). *De líder a líder*. Argentina: 4ta. ed. Ediciones Granica S.A.

Erhard, W., Jensen, M., Echeverria, J. y Carr, S. (2022). *Creating Course Leaders Workshop 1: Mastering the Effective Delivery of The Slide-Deck Textbook for: 'Being A Leader and the Effective Exercise of Leadership: An Ontological/Phenomenological Model*. Harvard Business School. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2689975

Esopo (2015). *Fábulas*. España: 2da. Edición. Alianza editorial Estrada, F. (2011).

Ferguson, A. y Moritz, M. (2017). *Liderazgo*. Argentina: 1ra. ed. Roca Editorial de Libros.

García, G. (1996). *El otoño del patriarca*. Colombia: 1ra. ed. Grupo editorial Norma.

Goleman, D. (2017). *La inteligencia emocional en la empresa*. Penguin Random House.

Heidegger, M. (2001). *Introducción a la Filosofía*. España: 2da edición. Ediciones Cátedra.

Hobbes, T. (2004). *Leviatán: O la Materia, Forma y Poder de un Estado Eclesiástico y Civil.* Primera edición tercera reimpresión, Alianza Editorial.

Kouzes, J. y Posner, B. (1996). *Credibilidad. Cómo los líderes la obtienen y la pierden: y por qué la gente la demanda*. Argentina: Granica.

Lussier, R. (2018). *Liderazgo: Teoría, aplicación y Desarrollo de habilidades*. México: 6ta. edición. CENGAGE Learning Editores.

Noonan, D. (2005). *Esopo lecciones de negocio poderosas*. USA: 1ra. ed. Caribe-Betania Editores.

Rawls, J. (2006). Posición original. https://es.wikipedia.org/wiki/Posici%C3%B3n_original.

Rigby, R. (2012). *28 líderes de negocios que cambiaron al mund*o. México: 1ra. edición. Santillana Ediciones Generales.

Samet, E. (2015). *Leadership. Essential writings by our greatest thinkers*. USA: First edition. W.W.Norton.

Samuelson, H., Levine, B., Barth, S., Wessel, J. y Grand, J. (2019). Exploring women's leadership labyrinth: Effects of hiring and developmental opportunities on gender stratification. *The Leadership Quarterly 30* (2019) 101314. https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2019.101314

Snook, S., Nohria, N., Khurana, R. (2012). *The handbook for teaching leadership: knowing, doing and being.* USA: First edition. SAGE Publications, Inc.

Twain, M. (2011). *Las aventuras de Tom Sawyer*. España: 1ra. edición. Edimat Libros.

Zaccaro, S. (2014). Leadership Memes: From Ancient History and Literature to Twenty-First-Century Theory and Research. *En Day, D. (Ed.), The Oxford Handbook of Leadership and Organizations*. pp. 13–39. USA: Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199755615.013.001

TOMA DE DECISIONES RACIONALES Y METARACIONALES EN LA DIRECCIÓN DE ORGANIZACIONES COMPLEJAS. PERSPECTIVA TRANSDISCIPLINARIA EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Acevedo, Adolfo Oswaldo*; Linares, Martha Carolina, Cachay, Orestes

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad Universitaria. Calle Germán Amézaga 375, Cercado-Lima, Lima-1
aacevedob@unmsm.edu.pe

RESUMEN

El ingeniero industrial gestiona sistemas y organizaciones complejas en diferentes niveles de resolución, a nivel operativo administra y asigna recursos, a nivel directivo planea la misión y las estrategias, a nivel corporativo dirige acciones competitivas y emprendimiento, se enfoca en productividad y eficiencia, en el contexto y largo plazo, en la dirección y liderazgo para competitividad y crecimiento. En las organizaciones enfrenta problemas estructurados que se resuelven con decisiones racionales y racionalidad limitada, a medida que los problemas adquieren mayor complejidad, se van incorporando nuevas herramientas y criterios pragmáticos como intuición, heurística, experimentación. Las decisiones en las organizaciones se basan en el criterio racional, incluyendo las técnicas intuitivas o heurísticas derivadas del aprendizaje de la experiencia. El objetivo del estudio es desarrollar un enfoque diferente de la elección bajo una perspectiva transdisciplinaria mediante el diseño de un modelo conceptual de decisiones que considera la gama de opciones racionales y metaracionales en los escenarios organizacionales de resolución de problemas, se busca identificar los elementos que trascienden la racionalidad decisional, definiendo un modelo de decisiones metaracionales para ampliar la gama de criterios de resolución de problemas. En el estudio experimental se ha encontrado que los profesionales definen el criterio de resolución en función al escenario y la complejidad percibida del problema, si éste es simple y concreto, la técnica es sistemática y enfocada, si es indefinido o amorfo, la técnica es blanda con opciones, si el problema es complejo se consideran criterios emocionales, creencias y atavismos, o se inventan opciones creativas y heurísticas.

Palabras Claves: Decisión racional, Decisión metaracional, Organización compleja, Dirección Científica, Ingeniería industrial.

ABSTRACT

The industrial engineer manages complex systems and organizations at different levels of resolution, at the operational level manages and allocates resources, at the managerial level plans the mission and strategies, at the corporate level directs competitive actions and entrepreneurship, focuses on productivity and efficiency, in the context and long term, in the direction and leadership for competitiveness and growth. In organizations he faces structured problems that are resolved with rational decisions and limited rationality, as problems become more complex, new tools and pragmatic criteria such as intuition, heuristics, experimentation are incorporated. Decisions in organizations are based on rational criteria, including intuitive or heuristic techniques derived from learning from experience. The objective of the study is to develop a different approach to choice under a transdisciplinary perspective through the design of a conceptual decision model that considers the range of rational and meta-rational options in organizational problem-solving scenarios, seeking to identify the elements that transcend decisional rationality, defining a model of meta-rational decisions to broaden the range of problem-solving criteria. In the experimental study it has been found that the professionals define the resolution criterion based on the scenario and the perceived complexity of the problem, if it is simple and concrete, the technique is systematic and focused, if it is indefinite or amorphous, the technique is soft with options, if the problem is complex, emotional criteria, beliefs and atavisms are considered, or creative and heuristic options are invented.

Keywords: Rational decision, Metarational decision, Complex organization, Scientific management, Industrial engineering.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Decidir es el proceso para elegir un curso de acción, es una actividad racional para diagnosticar un problema, generar soluciones alternativas, evaluar y elegir soluciones. En la administración científica o ingeniería industrial, la solución de problemas se aplica sistemáticamente, empleando técnicas "hard" como investigación de operaciones, teoría de decisiones, análisis estadístico, modelos de decisión como punto de equilibrio, matriz de preferencia, árboles de decisión, entre otros (Heizer y Render, 2009), las decisiones racionales son iterativas, concurrentes y permanentes (Acevedo y Linares, 2013) (Acevedo, 2012), también se clasifican en decisiones programadas y no programadas, decisiones individuales y grupales (Huber, 2012). Otros dominios de conocimiento académico construyen sus propuestas con modelos descriptivos, prescriptivos y normativos (Rodríguez y Pinto, 2018), todos ellos enfocados en la lógica racional de la elección de alternativas.
El enfoque de economía conductual de Simon, define las decisiones racionales, racionalidad limitada e intuitivas (Estrada, 2011), Kahneman (2003) diferencia intuición y razonamiento de la elección en contextos de incertidumbre, de aversión al riesgo y efecto marco en la elección racional, define heurística y sesgos cognitivos, en el contexto del modelo de utilidad esperada. Con la corriente empirista se incluye el criterio gerencial por el cual las decisiones deben ser de calidad, por un gerente capaz y con decisiones que afectan a toda la organización, con metas múltiples y técnicas grupales de decisión.
El proceso decisional abarca variables no consideradas que rebasan la racionalidad del enfoque científico, ya que la acción humana, emociones, actitudes y propensiones, conllevan diferente percepción de los problemas, agregando diversidad a la definición del mismo y a propuestas de solución divergentes, que pueden colisionar con una solución racionalmente óptima o satisfactoria, según Simon (Estrada, 2011).

1.2. Planteamiento del problema

El planteamiento del presente estudio se refiere a que el desarrollo profesional del ingeniero industrial, sostenido en el tiempo, conlleva que las técnicas sistemáticas y las decisiones racionales estructuradas para resolver problemas, resulten insuficientes e ineficaces para enfrentar una realidad organizacional de creciente complejidad, de manera que se requiere que, en la toma de decisiones, se amplíe la perspectiva del contexto y se consideren criterios que van más allá de la racionalidad inicial aprendida en la academia.

1.3. Objetivo y problema de investigación

El objetivo del estudio es plantear los elementos metaracionales de la decisión en las organizaciones, a partir de la definición y comprensión de la complejidad del contexto o escenarios problemáticos donde se entraman los problemas.
La pregunta de investigación del estudio es: ¿Cómo el escenario problemático o contexto donde se ubica el problema influye en la elección de los criterios de decisión racional o metaracional para la solución del problema?

1.4. Hipótesis de investigación

Por razones metodológicas, se plantea una hipótesis preliminar para el estudio cuantitativo: "El escenario problemático influye en la definición de los criterios de decisiones para resolver problemas de gestión en organizaciones complejas y grupos humanos".

1.5. Contribución e impacto

El aporte directo de la investigación es su contribución al estudio de la toma de decisiones en el contexto local. Un aporte adicional es la formulación del modelo conceptual de decisiones que describe los elementos racionales y metaracionales, para definir un perfil de decisiones relativo al contexto y diversos escenarios donde se desenvuelve el ingeniero industrial, en su rol decisor o directivo en organizaciones complejas, grupos humanos y otros sistemas sociotécnicos de empresa.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación es exploratoria, descriptiva y experimental, con una parte cualitativa y otra cuantitativa. Es exploratoria porque indaga una perspectiva no estudiada en el campo de la toma de decisiones y las investigaciones académicas han contemplado parcialmente, es descriptiva de los procesos de decisiones en diversos contextos, buscando las evidencias que muestran y caracterizan el fenómeno decisional, es experimental por cuanto se aplica una forma de experimento mental para inmersión de

los participantes en la situación problema y para elegir la opción correcta, según cómo se percibe el problema. La investigación cualitativa se refiere al diseño de un modelo conceptual empírico empleando la metodología de sistemas suaves (Checkland y Scholes, 1994) que permite el estudio holístico, interdisciplinario y experimental de problemas en organizaciones y sistemas sociales (Kasser, 2011). También comprende el método fenomenológico para elegir narrativas académicas con el formato de casos estudio (Weihrich et al., 2017) y narrativas literarias sobre situaciones complejas que muestran problemas de decisión (Acuña, 2002) (Acevedo, 2016). La investigación cuantitativa comprende diseño lógico de la hipótesis, variables de estudio, elaboración del instrumento de recolección de datos basado en un cuestionario de rangos, con alternativas que responden los participantes, validado mediante entrevistas a profundidad con académicos, la corroboración de hipótesis se realiza mediante análisis ANOVA de comparación de medias de preferencia de decisión según el contexto problemático, con software estadístico SPSS. Los participantes son una muestra homogénea de ingenieros industriales, graduados jóvenes o de último ciclo de la carrera (gi1), se emplea prueba F de estadística inferencial para pequeños grupos cuyo comportamiento tiende a distribución normal, y no se conoce su desviación estándar. El análisis de resultados y la discusión de hallazgos se ha realizado en taller académico.

3. MODELO DE LAS DECISIONES RACIONALES Y METARACIONALES

3.1. Situación no estructurada

Las personas toman decisiones en todas las circunstancias de su vida. Los diferentes dominios de conocimiento han estudiado y elaborado sus particulares modelos de decisión, todos basados en el criterio racional, principalmente el enfoque utilitarista y pragmático de la decisión. En la academia se estudian las propuestas de solución de problemas en organizaciones, donde resaltan la teoría de decisiones que clasifica los problemas en certeza, riesgo e incertidumbre y el enfoque de economía conductual de Simon que los clasifica en racionales, racionalidad limitada e intuitivas, las recientes propuestas consideran las emociones, subordinadas a la racionalidad decisional.
Por otro lado, en la literatura, la política y en otros campos, se presentan perspectivas y formas de decisión que son aplicados por las personas para decisiones trascendentes y para el día a día, pero no existen para la ciencia, la investigación ni la academia, desaprovechando la oportunidad de tener contacto, entender y desarrollar nuevas propuestas que enriquecerían los métodos, técnicas y herramientas para tomar decisiones y resolver problemas.

3.2. Situación estructurada

Para entender la forma común de decidir por las personas, grupos humanos y organizaciones humanas, que no están imbuidas del conocimiento académico y científico tradicional, se debe percibir y entender la complejidad de la realidad, bajo un weltanschauung o cosmovisión del mundo (Heidegger, 2001), la cosmovisión ha sido incluida en el análisis estructurado de la metodología de sistemas suaves (Checkland y Scholes, 1994). Dentro del continuo del saber científico-narrativo (Lyotard, 1991), según el nivel de complejidad asignado al problema, se ubica el escenario problemático que –conceptualmente- otorga características sistémicas comunes a los problemas y permite desarrollar el cómo presentar el problema, lo cual conforma un marco que delimita las fronteras en que se ha de resolver el problema y las diversas herramientas, métodos y técnicas aceptadas para entenderlo.
La manera que se percibe y se entiende la complejidad del problema y como se describe, determina el planteamiento, análisis, alternativas y la acción de resolución. Ver la figura 1.

3.3. Definición básica del sistema relevante o proceso de transformación

En la definición básica o raíz, el proceso de transformación es la toma de decisiones. Decidir es el proceso para elegir un curso de acción, para resolver un problema o para indagar y explicar un problema nuevo o no resuelto. La decisión no es un proceso puramente racional, puede contemplar criterio emocional, heurístico, atávico, o una combinación de criterios, donde la solución no es óptima (racionalidad), satisfactoria (economía conductual), o factible y deseable (mss), será una solución correcta, adecuada o conveniente, dentro del foco de elegir la solución o soluciones que se apliquen y funcionen, desde la perspectiva (razón y emoción) del decisor.
Las personas poseen dos mentes que equivalen a sus dos clases de inteligencia, racional y emocional (Goleman, 2018). La ratio o razón es la parte consciente de la elección. La inteligencia racional es la conciencia del propio conocimiento, es el saber y la memoria que se plasman en competencias y capacidades específicos para el mejor desempeño de los decisores. Ante situaciones problemáticas, la mente racional adopta perspectiva unidisciplinaria (dominio de conocimiento científico) aplicando técnicas especializadas conocidas por el decisor. Cada técnica

representa una pieza dentro de un puzzle decisional que resuelve una porción del problema, no el problema completo. La emoción es la parte impulsiva de la elección. La inteligencia emocional es la conciencia de las propias emociones, es percibir y comprender los sentimientos de los demás, tolerar las presiones y frustraciones de la tarea, aumentar la capacidad de empatía y elevar las posibilidades de desarrollo personal y profesional (Goleman, 2018), las emociones son impulsos para actuar, y que permiten enfrentar situaciones de improviso.

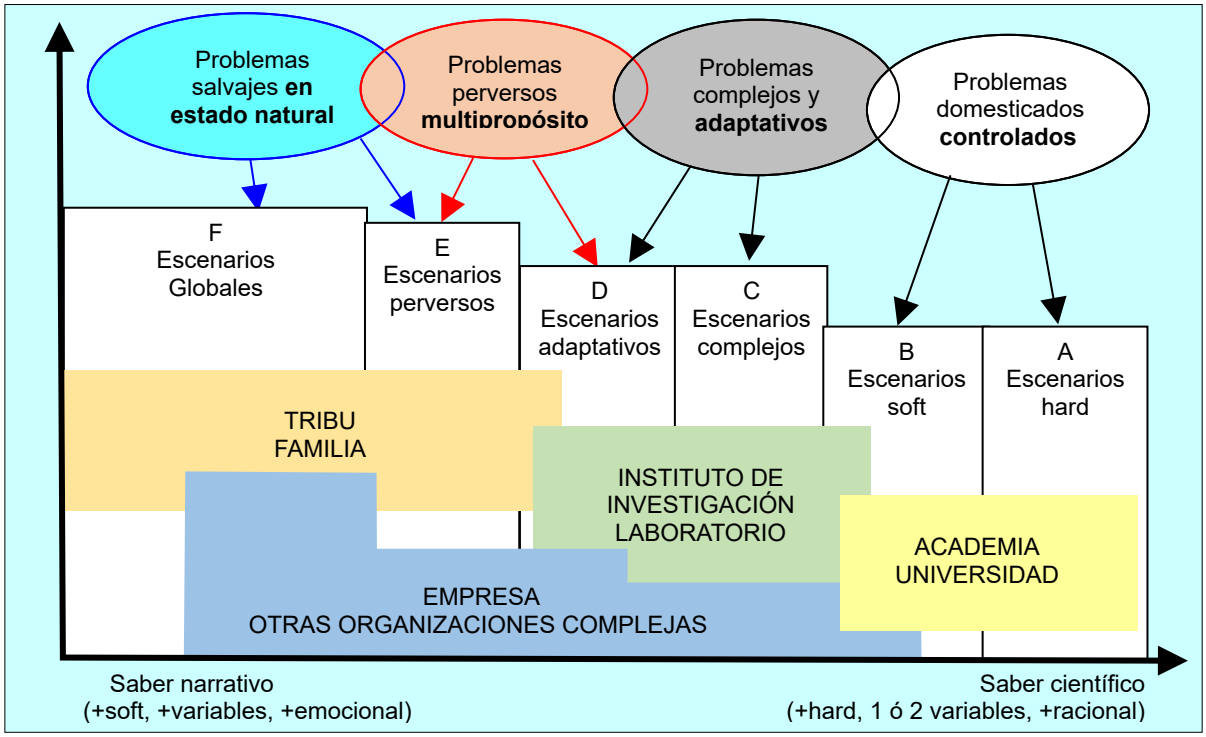


Figura 1. Continuo del saber científico-narrativo y la complejidad de los problemas
Fuente: Elaboración propia

3.4. Modelo conceptual de la decisión racional y metaracional

Las decisiones para resolver problemas son racionales y metaracionales. Las decisiones para indagar cuestiones son posracionales (embebidas dentro de decisiones racionales). Ver la figura 2.

3.4.1. Decisiones Racionales. La decisión se refiere a elegir un curso de acción o resolver problemas (Huber, 2012). Las decisiones racionales buscan la mejor elección para cumplir un criterio planeado y definido como meta. Las decisiones racionales para resolver problemas, son:

- **Racionales en sí,** cuando se basan en información perfecta o completa donde el análisis permite opciones óptimas o maximizadoras.
- **Racionalidad limitada,** cuando la información es parcial e insuficiente y las opciones adecuadas pueden ser aproximadas, satisfactorias o negociadas.
- **Intuitiva empírica,** cuando no existe información o es contradictoria, de manera que la elección deriva de una racionalidad no sustentada con información comprobada o verificable. Se basa en los juicios a posteriori o experiencia en el campo.

Estas decisiones comprenden las herramientas de dominios especializados como ingeniería industrial (Heizer y Render, 2009), investigación de operaciones, teoría de decisiones, economía conductual, psicología organizacional, sistemas, y otros modelos empíricos (Hammond et al., 1999) entre otros.

3.4.2. Decisiones posracionales. se imbrica con las decisiones racionales cuando se enfrenta situaciones donde el conocimiento es incompleto o insuficiente, la decisión contempla la indagación mediante investigación y experimentación empírica. Según su finalidad, las decisiones pueden ser:

- **Decisiones heurísticas**, cuando se utilizan criterios empíricos que facilitan y aceleran la elección, para resolución, acción o innovación. La heurística es académica cuando emplea reglas empíricas como la analogía, criterio gerencial, pensamiento de diseño, pensamiento estratégico, pensamiento creativo, algoritmos y metaheurísticas (Krogerus y Tschäppeler, 2017) (Flogler y LeBlanc, 2009) (Farson, 1997) o seudociencia; la heurística es vulgar o popular cuando emplea

timing, serendipia, procrastinación, chindogu, la fortuna, la suerte, la moneda al aire, el azar, la improvisación, la adivinanza, el tarot, la astrología, mentir, hacer trampa, se confunde y mimetiza con criterios irracionales de decisión cuando se refiere al azar, suerte, astrología, seudociencia, entre otros (Sterman, 2017).

- **Decisiones epistemológicas**, se refiere a la indagación de problemas nuevos donde se plantean hipótesis de investigación teórica o aplicada, de laboratorio o campo, teórico o experimental. Considera diversos enfoques epistemológicos, como racionalismo crítico, positivismo, fenomenología-hermenéutica, enfoque de sistemas, materialismo dialéctico (Manrique y De Castro, 2019), entre otras escuelas del método científico, comprende la llamada anarquía epistemológica ante la profusión de propuestas metodológicas de autores.
- **Decisiones por juicios a priori**, se basan en principios y conocimiento preestablecido. Puede ser a) filosófico-religiosa cuando enfatiza visiones y criterios escolásticos para elecciones que buscan gobernar la naturaleza humana, la condición humana o el fin supremo, b) ideológico-política cuando se basa en dogmas que priorizan los intereses de grupos, sean políticos, económicos, sociales o religiosos, c) dominios de conocimiento especializado cuando enfatiza los métodos, axiomas y dogmas de campos académicos especializados , sin considerar otras opciones de razonamiento (Bento et al., 2022).

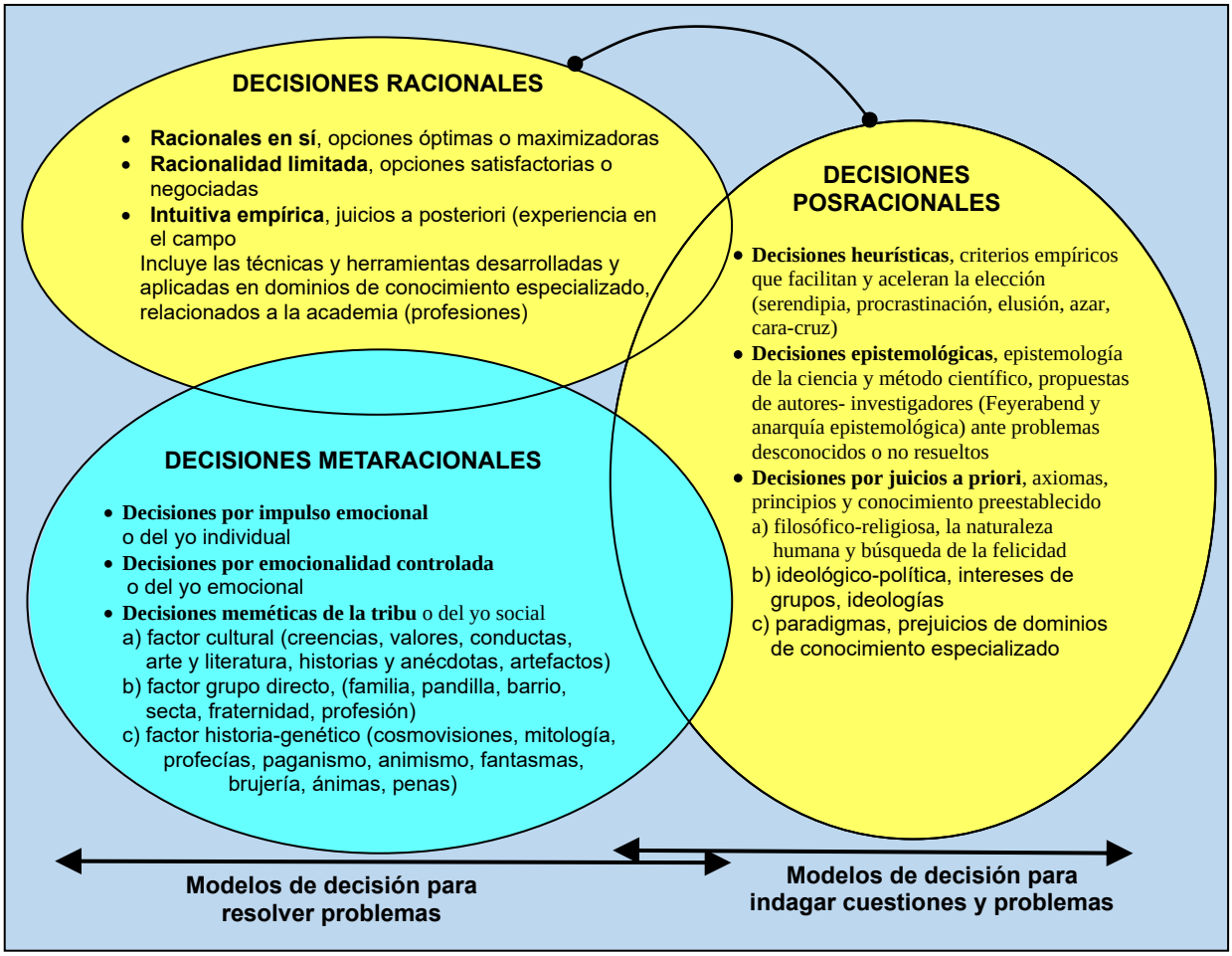


Figura 2. Modelo conceptual de decisiones para indagar y resolver problemas en organizaciones
Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Decisiones metaracionales. El paradigma de decisión racional ideal considera a la razón liberada de la emoción para la elección entre opciones, por el contrario, el paradigma de la inteligencia emocional contempla la armonización de mente y corazón (Goleman, 2017) (Raza-Ullah, et al., 2022), o sea, integrar la razón visible y la emoción invisible, en las decisiones, los aspectos emocionales o estéticos, redefinen el significado de la información (Saifer y Dacin, 2022). Las decisiones son metaracionales cuando comprenden una elevada porción de emocionalidad. Pueden ser de tres: tipos: impulso emocional, emocionalidad controlada, meméticas de la tribu.

- **Decisiones por impulso emocional o del yo individual.** Las decisiones del yo individual corresponden a la decisión emocional de primer impulso, donde las emociones impulsan la acción, sin reflexión previa. Las decisiones emocionales puras se enfocan en la rapidez y se dirigen directamente a la acción. La mente emocional asimila las cosas como un todo emitiendo juicios intuitivos que pueden ser verdaderos o falsos, es más rápida que la mente racional. El énfasis en la acción brinda sensación de fuerte certeza derivada de la forma sencilla y simplificada de ver las cosas (Goleman, 2017) donde se sacrifica exactitud por velocidad. Pueden ser: por emoción pura, y por condición humana.
- **Decisiones por emocionalidad controlada o del yo emocional**. En la decisión emocional controlada se aplican paradigmas conceptuales que agregan racionalidad a las emociones, de manera que la elección toma en cuenta las consecuencias o efectos de la decisión, además del pragmatismo o utilitarismo prevaleciente en las organizaciones. Las decisiones emocionales son de impulso, las decisiones racionales son de reacción tardía. El esquema de emociones, con la condición humana y su propósito se muestra en la tabla 1.
- **Decisiones meméticas de la tribu o del yo social.** La elección del yo individual y del yo emocional siempre es afectada por la circunstancia y su evolución, que envuelve al decisor, las decisiones se construyen socialmente a partir de las unidades de transmisión de información social o memes (equivalente a genes) (Fomin, 2019) (Espinosa, 2016). Son las decisiones de la tribu o del yo social (Goleman, 2018), los atavismos y creencias que conforman el espacio-tiempo histórico o influencia de la tribu (contexto de grupo directo, familia, pandilla, barrio, secta, fraternidad, profesión, nación) para orientar y reorientar la elección. Las decisiones pueden ser por factor cultural, por factor grupo directo, y por factor historia-memético, involucra la transmisión de paradigmas y cosmovisiones atávicos como animismo, paganismos, politeísmos, brujería, fantasmas, profecías, mitología.

Tabla 1. Emociones, propósito y decisiones metaracionales

Dimensiones de Naturaleza Humana (Hobbes, 2004))		**Familia de emociones (Goleman)**		**Condición humana (Hobbes)**	**Influencia en las decisiones en organizaciones**	**Emociones en las decisiones en grupos humanos y organizaciones**
		Básicas	**La familia**			
De la condición natural de los hombres: igualdad	**DOMINIO** Afán de poder	Vergüenza	Humillación Contrición	Deseo de poder Vanidad	Orgullo Humildad	Liderar y dirigir: aptitud personal, autocontrol, motivación, empatía, habilidades sociales. Negociación: posición, rol, apreciación, afiliación, autonomía, Aprendizaje emocional: por conducta operante Trabajo en grupo: lealtad, confianza Dirección por valores: - Valores a posteriori (perseverancia, logro, éxito, competitivo) Valores a priori (respeto, caridad, honestidad, verdad, honradez)
		Sorpresa	Asombro Desconcierto	Curiosidad Sabiduría	Duda Ciencia	
	DISCORDIA Disensión	Temor	Preocupación Fobia	Desconfianza Antagonismo	Envidia Empatía	
		Disgusto	Aborrecimiento Desprecio	Competencia Afán de gloria	Ambición, Colaboración	
Del fin supremo: la felicidad	**VOLUNTAD** Acciones voluntarias	Ira	Animosidad Violencia	Voluntad Prudencia	Decisión Dignidad	
		Tristeza	Pesimismo depresión	Experiencia Pereza	Desmotivación Esperanza	
	PREDISPOSI-CIONES Inclinaciones	Placer	Diversión Gratificación	Apetencia Aversión	Deleite, irracional Flujo-Felicidad	
		Amor	Confianza Devoción	Lealtad, Simpatía Bien, justo	Pasión, capricho Fraternidad-Ética	

Fuente: Elaboración propia. Basado en Hobbes (2004), Goleman (2017, 2018)

3.5. El proceso de la decisión metaracional

La decisión metaracional comprende tres subprocesos: el primero dirigido a la acción, el segundo orientado a las emociones y el tercero a la integración social. Éstos se imbrican con la racionalidad para decisiones complejas (ver la figura 3).

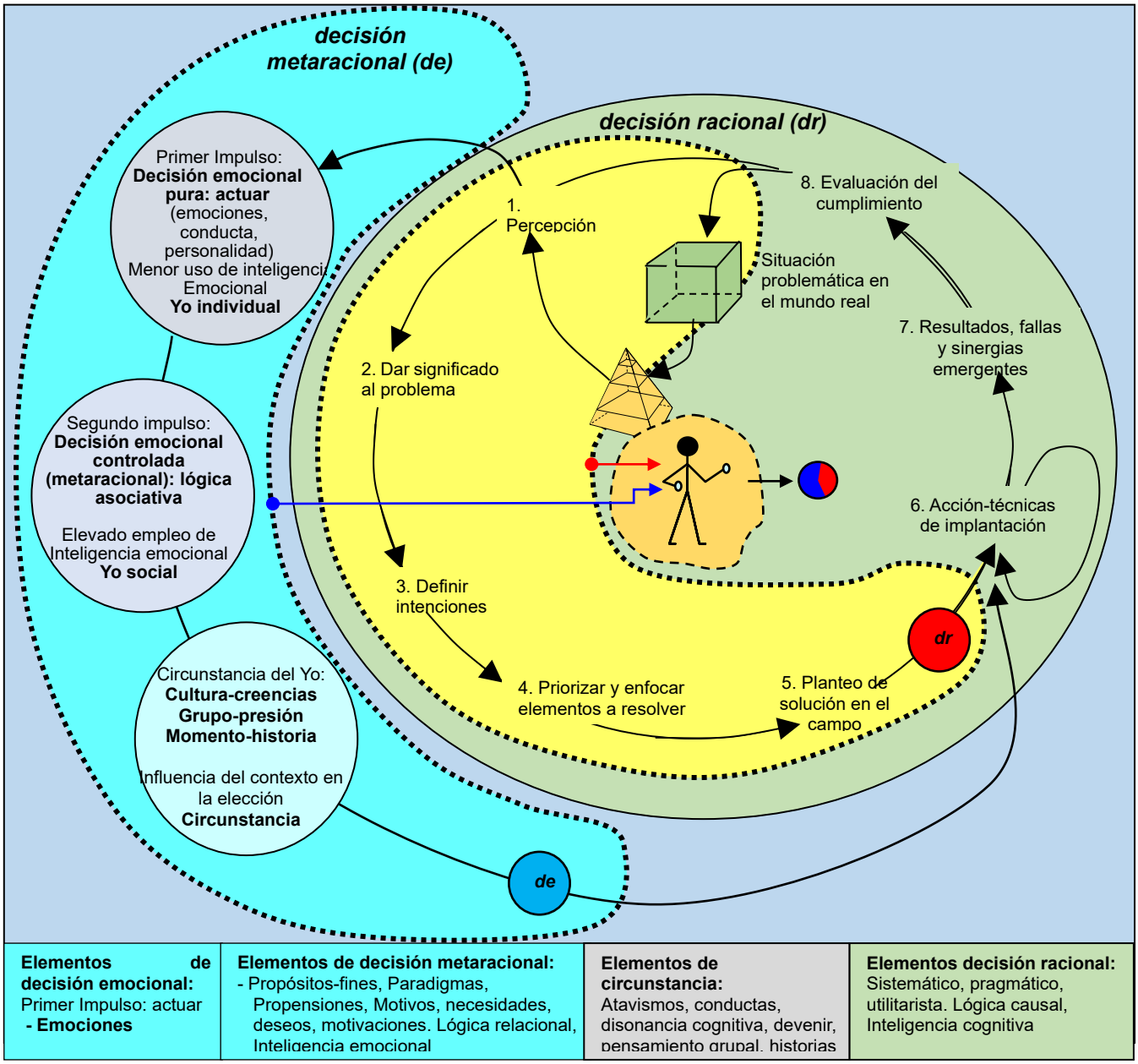


Figura 3. Proceso de decisión metaracional en la resolución de problemas y el ajuste racional
Fuente: Elaboración propia.

- **Subproceso de decisión emocional pura.** Es la reacción primera, sin pensar, se denomina primer impulso. **El Primer impulso** es una reacción emocional directa e inmediata, la decisión es instantánea enfatizando la acción, es útil en situaciones de peligro e inesperadas. El impulso emocional deriva en acciones no razonadas que muchas veces colisionan con lo socialmente aceptado, lo ético o lo legal, este primer impulso lleva a la pregunta ¿por qué actué así? que no tiene respuesta: Debe mantenerse control de los propios impulsos, en este proceso, la educación o el conocimiento suspenden la acción hasta verificar que se está avanzando hacia un objetivo beneficioso (es útil, sirve, funciona, es rentable).
- **Subproceso de decisión emocional controlada.** Es la decisión emocional pausada empleando inteligencia emocional, control de reacciones y elevada lógica asociativa. La inteligencia emocional es una competencia social. Este **segundo impulso** es una reacción emocional moderada donde se aplican emociones más complejas, posterior al impulso emocional (o paralelo si lo controla) y previo al pensamiento reflexivo racional. Representa la decisión metaracional emocionalmente reflexiva, pensada, pausada y prudente, con criterios sistemáticos para elegir los sentimientos y emociones que debe resaltar, se caracteriza por su elevada lógica asociativa y empleo de inteligencia emocional, precede a la decisión racional y se relaciona con

ésta ya que facilita el logro del propósito propio, encaja con los intereses y predisposiciones personales, no colisiona con los paradigmas y evita que surja disonancia cognitiva.

- **Subproceso de la elección metaracional.** En este paso, se intenta una decisión racional integrada con la emocionalidad. La secuencia del proceso racional es: 1) Percibir la situación problemática, 2) Entender y dar significado al problema, 3) Definir las intenciones de decisores, 4) Priorizar los elementos de la situación problemática, 5) Plantear soluciones en campo de actuación, 6) Aplicar técnicas de solución a la situación problemática, 7) Verificación de resultados esperados y fallas emergentes, 8) Evaluación del cumplimiento.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO

En el análisis estadístico de la información, se calculan las medidas de tendencia central (media de cada preferencia) y las desviaciones respecto al promedio, para lo cual se empleó cuadros Excel. El análisis ANOVA se realizó con software estadístico SPSS de IBM, que permite realizar pruebas de hipótesis F de diferencia de medias para poblaciones que no se conoce la desviación estándar.

4.1. Hallazgos del estudio

4.1.1. Hipótesis nula y alternativa:

Hipótesis nula H_0:
"Los escenarios problemáticos no ejercen influencia en la definición de los criterios de decisión para resolver problemas de gestión en organizaciones complejas y grupos humanos"

Hipótesis alterna H_1:
"Los escenarios problemáticos ejercen influencia relevante en la definición de los criterios de decisión para resolver problemas de gestión en organizaciones complejas y grupos humanos

4.1.2. Prueba de hipótesis

1º) Hipótesis nula:
H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_i$
Todas las μ_i son iguales ; donde $i = 1, 2, ..k$, $k= 5$
ó: todas las medias de las i preferencias son iguales

o: Hipótesis alternativa:
H_1 : No todas las μ_i son iguales
ó: $\exists\, i / \mu_i \neq \mu$

donde: $$\mu_i = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n} d_{j,i}$$

μ_i = Media de tipo de decisión de decisor j en escenario problemático i; donde j = 1, 2, ..n, n=25

2º) Nivel de significancia y Nivel de confianza (n.s. y n.c.)
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
Nivel de confianza $1 - \alpha = 0.95$

4.1.3. Resultados del estudio

Los descriptivos de las decisiones, según escenarios problemáticos, se presentan en la tabla 2 que señala la orientación hacia decisiones racionales o decisiones metaracionales (emocionales). La tabla 3 indica la corroboración de hipótesis nula, según prueba F se encuentra en región de rechazo.

Tabla 2. Descriptivos de decisiones en escenarios problemáticos

a) DECISIONES EN ESCENARIOS PROBLEMÁTICOS ESTRUCTURADOS **Descriptivos O_1**

ESCENARIO	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
1 HARD	25	32.60	2.398	.480	31.61	33.59	29	39
2 SOFT	25	26.72	3.759	.752	25.17	28.27	21	34
3 COMPLEJO	25	23.72	4.267	.853	21.96	25.48	15	31
4 PERVERSO	25	7.00	3.028	.606	5.75	8.25	3	15
5 GLOBAL COMPLEJO	25	9.96	3.422	.684	8.55	11.37	3	16
Total	125	20.00	10.474	.937	18.15	21.85	3	39

b) DECISIONES EN ESCENARIOS PROBLEMÁTICOS COMPLEJOS. **Descriptivos O_2**								
					95% del intervalo de confianza para media			
ESCENARIO	**N**	**Media**	**Desviación estándar**	**Error estándar**	**Límite inferior**	**Límite superior**	**Mínimo**	**Máximo**
1 HARD	25	8.72	4.623	.925	6.81	10.63	1	20
2 SOFT	25	11.84	3.350	.670	10.46	13.22	8	20
3 COMPLEJO	25	24.32	5.566	1.113	22.02	26.62	11	34
4 PERVERSO	25	26.44	5.308	1.062	24.25	28.63	15	38
5 GLOBAL COMPLEJO	25	28.68	3.614	.723	27.19	30.17	21	35
Total	125	20.00	9.310	.833	18.35	21.65	1	38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Corroboración de hipótesis ANOVA

a) DECISION EN ESCENARIOS PROBLEMÁTICOS ESTRUCTURADOS. **ANOVA O_1**					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	12188.960	4	3047.240	258.416	.000
Dentro de grupos	1415.040	120	11.792		
Total	13604.000	124			
b) DECISION EN ESCENARIOS PROBLEMÁTICOS COMPLEJOS. **ANOVA O_2**					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	8232.560	4	2058.140	98.184	.000
Dentro de grupos	2515.440	120	20.962		
Total	10748.000	124			

4.2. Análisis de resultados

Para un nivel de significación de 0.05. empleando el paquete estadístico SPSS, el F se ubica dentro del rango de rechazo, respecto al F teórico (2.70 < 98.184), de manera que no es posible aceptar la hipótesis nula que afirma que los escenarios problemáticos no ejercen influencia en los criterios de decisión racionales o metaracionales, cuando se asumen decisiones para resolver problemas. Alternativamente, se corrobora la hipótesis alterna, que considera que a mayor complejidad del escenario, mayor influencia de los criterios metaracionales en las decisiones.

- Se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significación de 0.05.
- Se acepta la hipótesis alternativa a un nivel de significación de 0.05.

4.3. Discusión de los resultados

4.3.1. Aporte empírico de la investigación

Las decisiones individualizadas se sintetizan en el perfil de decisiones de la figura 6.

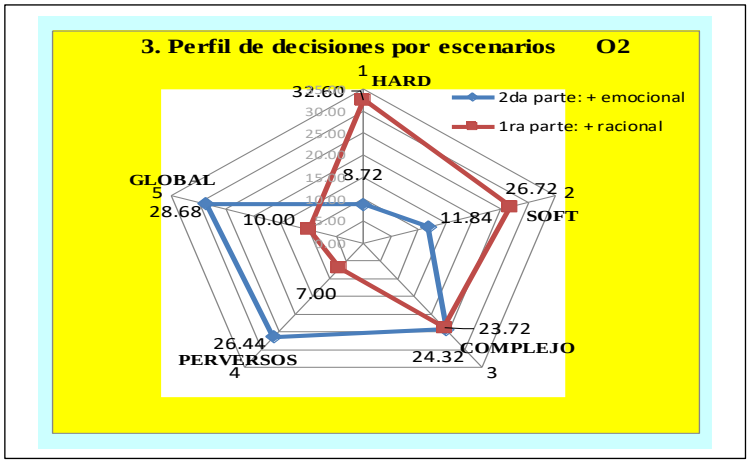
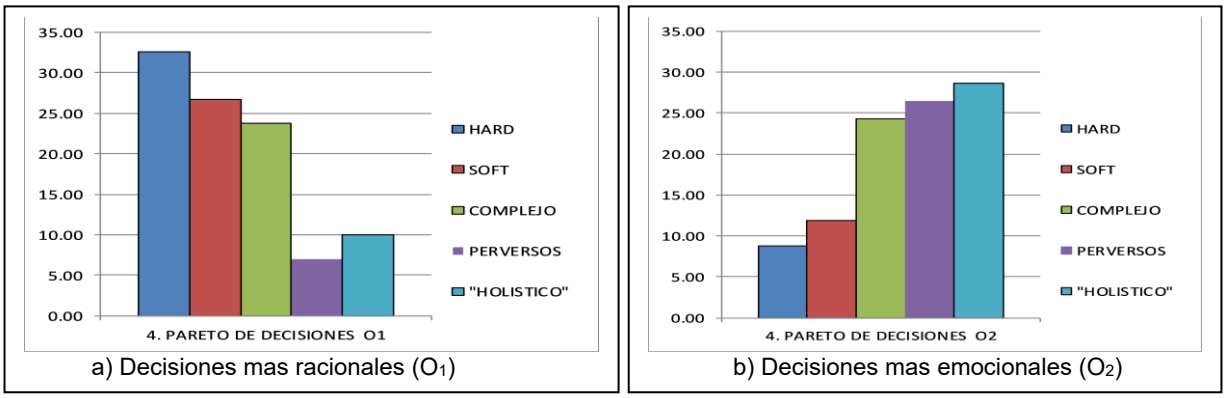


Figura 6. Perfil de decisiones según el escenario problemático

Cuando el escenario se percibe estable y controlado, los problemas se definen estructurados con respuesta racional (problema académico), se debe aplicar el adecuado método de análisis en la

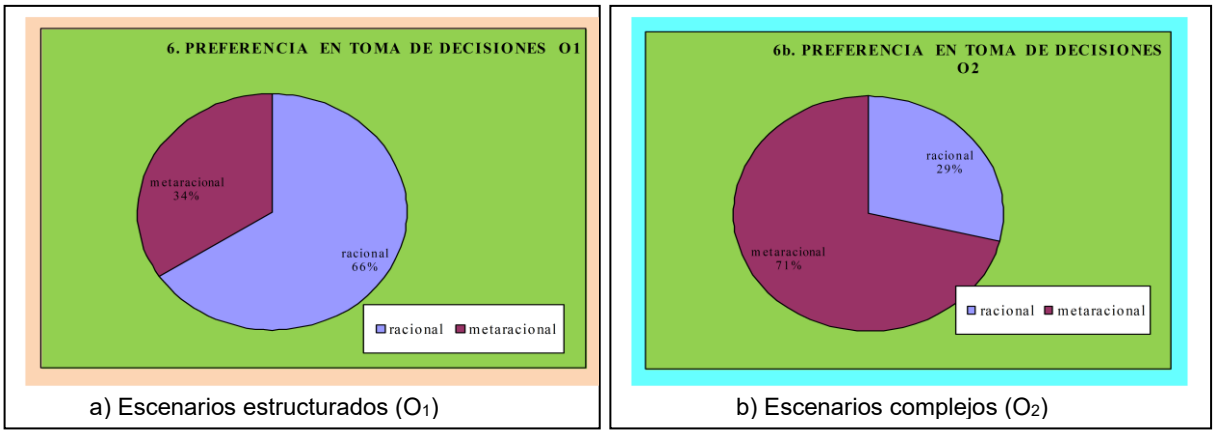
solución. Cuando el escenario es complejo, evolutivo o global, las decisiones son metaracionales y con mayor peso de las emociones.
En la figura 7 se muestra la preferencia de decisiones O_1 es equivalente a la situación académica, donde los problemas y soluciones se encuentran definidos y controlados (tamed problems), O_2 es la situación que presenta los problemas en estado natural (wild problems), con la complejidad, de la realidad, donde los problemas se presentan de manera caótica y enrevesada.



a) Decisiones mas racionales (O_1) b) Decisiones mas emocionales (O_2)

Figura 7. Pareto de las decisiones según el escenario problemático

En los escenarios académicos prevalecen las decisiones racionales con herramientas y técnicas sistemáticas que llevan a resultados previsibles y controlados, en los escenarios narrativos y globales prevalecen las decisiones con criterios emocionales u otros metaracionales. En el primero, los elementos de racionalidad como la rentabilidad, productividad, entre otros, constituyen el 66% de los elementos de elección, en cambio, en el segundo, prevalecen los elementos metaracionales, como emociones, creencias, constituyen el 71 % de los elementos de la elección (ver la figura 8).



a) Escenarios estructurados (O_1) b) Escenarios complejos (O_2)

Figura 8. Composición de las decisiones en problemas controlados y en problemas salvajes

4.3.2. Aporte teórico de la investigación

El aporte teórico se encuentra en el entendimiento que las decisiones, al igual que las situaciones problemáticas, conforman rompecabezas con diferentes partes que se complementan, donde cada dominio de conocimiento enfatiza una posición, considerando un eje racional-emocional y un eje unidisciplinario-transdisciplinario, para investigaciones futuras en el ámbito de la gestión y las decisiones en grupos humanos y organizaciones.

4.3.3. Aporte social de la investigación

El aporte social de la investigación se encuentra en la percepción integral de los modos de decisión, agregando la lógica relacional de las emociones y la lógica tribal de las culturas de los diversos grupos sociales, en la toma de decisiones. El ambiente peruano, donde existen marcadas diferencias entre la modernidad de la capital y el retraso en las provincias, propicia el desarrollo de nuevos estudios para entender los modos de tomar decisiones en las regiones del país.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Dentro de las discusiones, se ha encontrado que el ingeniero varía el criterio de resolución en función a la complejidad percibida del problema, ante nuevas situaciones inventa soluciones con elementos novedosos más cercanos a la emocionalidad que a la racionalidad, aprendidas empíricamente, lo que representa una oportunidad para diseñar nuevas herramientas de decisión.

Las conclusiones preliminares, verificables con una validación del inventario e instrumento de recolección de datos (no incluidos por limitaciones de paginación), son:

- Es poco factible el cumplimiento del paradigma ideal de la decisión racional, que considera que la razón ha de estar liberada de la emoción para la elección de la mejor opción, en la realidad las decisiones comprenden la razón y la emoción. No existe el decisor emocionalmente neutro o puro, no existe el directivo que no incluya una porción emocional en sus decisiones.
- Los modos de decidir son diferentes, según la combinación ratio-emoción del decisor. El desempeño de las personas está determinado por el equilibrio entre sus dos mentes o inteligencias, racional y emocional, donde la emoción es relevante en las decisiones, cuando el escenario es más complejo.
- La creciente complejidad de los problemas de un mundo en cambio y en conflicto permanente, conlleva que las unidisciplinas de conocimiento científico moderno no poseen las herramientas y técnicas para percibir, entender y resolver los problemas de la realidad, de modo que han surgido nuevos enfoques integradores y transdisciplinarios en la dirección con opciones integrales, sistémicas y relativas, para plantear y resolver los problemas en las organizaciones, de manera que se van enriqueciendo las herramientas de dirección y toma de decisiones.
- En un mundo turbulento y en cambio creciente, los dominios de conocimiento especializado resultan insuficientes, de manera que son superados por perspectivas multidisciplinarias y transdisciplinarias novedosas que implican la confrontación dialéctica entre dominios diferentes, que enriquecen la praxis de la dirección científica de las organizaciones. La perspectiva transdisciplinaria enriquece la dirección científica en la gestión de organizaciones.
- En suma, el presente estudio aporta conceptos y nueva forma de entender las decisiones en organizaciones, que contribuyen en la teoría y la praxis de la toma de decisiones para resolver problemas, de manera que se contribuye al desarrollo de herramientas para la dirección.

5.2. Recomendaciones

En la formación profesional del ingeniero industrial se ha de ampliar el rango de metodologías de análisis y solución de problemas, donde, además de gestión de procesos operativos productivos y de servicios con herramientas de toma de decisiones con énfasis cuantitativo, se ha de orientar hacia la gestión de procesos directivos (proceso estratégico, proceso de liderazgo, proceso cultural, proceso de aprendizaje) donde las decisiones asumen un tamiz más intangible y conceptual.

Por todo esto, se recomienda:

- Elaborar estudios de amplio alcance, donde se integre el saber narrativo con el saber científico para desarrollar novedosos modelos de estudio que permitan entender y resolver los problemas complejos y perversos que surgen en el devenir organizacional y que solamente son planteados como escenarios de ficción literaria y no como escenarios de estudio científico sistemático, posibles de analizar y ser resueltos.
- Plantear estudio para el diseño de los procesos de decisión metaracional, a fin de agregar elementos de sistematización científica en la dirección de personas y el sistema sociotécnico de las organizaciones, que complementen la gestión de los sistemas de actividad humana.
- Complementariamente, se recomienda la elaboración de investigaciones empleando diferentes dominios y teorías, con perspectiva interdisciplinaria, multidisciplinaria y transdisciplinaria, para el estudio de los procesos intangibles y los procesos invisibles que existen en las organizaciones.
- Elaborar estudios sobre decisiones en diferentes contextos y en diferentes poblaciones académicas, empresariales, de administración pública, a fin de verificar la universalidad del modelo del puzzle de decisiones y corroborar la validez de las hipótesis formuladas.

6. REFERENCIAS

Acevedo, A., Linares, M., Cachay, O. (2017). *Perspectiva transdisciplinaria del ingeniero industrial para conceptualizar y resolver problemas en contextos sistémicos complejos*. X Congreso Argentino de Ingeniería Industrial COINI 2017. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Argentina. URL: https://www.eumed.net/libros/1740/index.html

Acevedo, A. (2012). El enfoque y rol del ingeniero industrial para la gestión y decisión en el mundo de las organizaciones. *Industrial Data Revista de Investigación, 15*(1), 09-24. https://doi.org/10.15381/idata.v15i1.6236

Acevedo, A. (2016). *Lecturas para la dirección científica en las organizaciones*. Ed. AAB.

Acevedo, A. y Linares M. (2013). Eficacia y Eficiencia de las Decisiones en Entornos Sistémicos Complejos*. Industrial Data Revista de Investigación, 16*(1) 118-128 https://doi.org/10.15381/idata.v16i1.6426

Acuña, E. (2002). Cuentos del trabajo en Chile. Aportes de la literatura para aprender sobre empresas y organizaciones chilenas. Editorial Universitaria.

Bento, J., Quattrone, P. y Llewellyn, N. (2022). Turning to Mystery in Institutional Theory: The Jesuit Spiritual Exercises. Organization Studies 1–22. DOI: https://doi.org/10.1177/01708406221081622

Checkland, P. y Scholes, J. (1994). *La metodología de sistemas suaves en acción*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.

Estrada, F. (2011). Herbert A. Simon y la economía organizacional. *Revista Sociedad y Economía, (11*), 146–174. https://sociedadyeconomia.univalle.edu.co/index.php/sociedad_y_economia/article/ view/4132

Espinosa, C. (2016). ¿Cómo se toman las decisiones organizacionales? Una revisión clásica. *Sociológica 31*(87), 43-78. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305043762002

Farson, R., (1997). *Administración de lo absurdo*. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A.

Flogler, H.S. y LeBlanc, S.E. (2009). *Strategies for creative problem solving* (Second edition). Pearson Education Inc. Stoughton.

Fomin, I. (2019). Memes, genes, and signs: Semiotics in the conceptual interface of evolutionary biology and memetics *en Semiotica 230* 327–340. https://doi.org/10.1515/sem-2018-0016

Goleman, D. (2017). *La inteligencia emocional en la empresa*. Penguin Random House.

Goleman, D. (2018). *La inteligencia emocional*. Penguin Random House, Grupo Editorial.

Hammond, J., Keeney, R., & Raiffa, H. (1999). *Decisiones inteligentes. Guía práctica para tomar mejores decisiones*. Editorial Norma S.A.

Heidegger, M. (2001). Introducción a la Filosofía. España: 2da edición. Ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.).

Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. Prentice Hall.

Hobbes, T. (2004). *Leviatán: O la Materia, Forma y Poder de un Estado Eclesiástico y Civil.* Primera edición tercera reimpresión, Alianza Editorial.

Huber, G. (2012*). Toma de decisiones en la gerencia*. Trillas.

Kahneman; D. (2003). Mapas de racionalidad limitada: Psicología para una economía conductual. Revista Asturiana de Economía 28, 181-225
https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2304896

Kasser, J. (2011). An application of Checkland's soft systems methodology in the context of systems thinking *en 5th Asia-Pacific Conference on Systems Engineering*.

Krogerus. M. y Tschäppeler, R., (2017). *The decision book*. W.W. Norton et Company Ltd.

Lyotard, J (1991). *La condición postmoderna. Informe sobre el saber*. Argentina: Segunda edición Editorial R.E.I. Argentina S.A.

Manrique, H. y De Castro, A. (2019). Toma de decisiones: intuición y deliberación en la experiencia de los decisores. *Innovar, 29(73)*, 149-164.

Raza-Ullah, T., Bengtsson, M. y Gnyawali, D. (2022). The nature, consequences, and management of emotions in interfirm paradoxical relationships-A conceptual framework. *Scandinavian Journal of Management 36 (2020)*. https://doi.org/10.1016/j.scaman.2020.101127

Rodríguez, Y. y Pinto, M. (2018). Modelo de uso de información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información. *Transinformação, 30*(1), 51-64. https://doi.org/10.1590/2318-08892018000100005

Sterman, D. (2017). *Historias de fracasos y fracasados que cambiaron el mundo*. Paidós.

Saifer, A. y Dacin, M. (2022). Data and Organization Studies: Aesthetics, emotions, discourse and our everyday encounters with data*. Organization Studies, 43*(4) 623–636. DOI: https://doi.org/10.1177/01708406211006250

Weihrich, H., Cannice, M. y Koontz, H. (2017). *Administración. Una perspectiva global, empresarial y de innovación.* Décimoquinta edición, MCGraw Hill Education.

LA CONSTRUCCIÓN DE LA REPUTACIÓN PERSONAL DE LOS COLABORADORES EN LAS ORGANIZACIONES

Cabrera-Gala, Ramsés[1,2,3]; Carrillo-Durán, Ma. Victoria[3]; Sánchez-Baltasar, Laura B.[1]; Olivera-Pérez, Emmanuel[1]

[1]Facultad de Ingenierías, UPAEP. [2]Complejo Regional Sur, BUAP.
ramsesgala@gmail.com
[3]Fac. de Ciencias de la Documentación y la Comunicación, UEx.
vicduran@unex.es
[1]Facultad de Ingenierías, UPAEP.
lauraberenice.sanchez@upaep.mx
[1]Facultad de Ingenierías, UPAEP.
emmanuel.olivera@upaep.mx

RESUMEN

En este artículo se desarrolla un modelo conceptual desarrollado a través de una revisión sistemática de la literatura, para investigar el constructo de la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones. Este constructo ha avanzado paulatinamente bajo el estudio del enfoque único (escala unidimensional). Sin embargo, el estudio multidimensional de las variables predictoras y sus dimensiones con los diferentes tipos-dimensiones de la reputación personal en la literatura es casi inexistente. Por ello, aquí se realiza este abordaje de la literatura y se identifica que los predictores tales como la integridad percibida, el desempeño laboral, la habilidad política y sus dimensiones podrían estar asociados particularmente con los tipos-dimensiones de la reputación personal como son la reputación de tareas, la reputación social y la reputación de la integridad. Este artículo pretende pues dar continuidad a los trabajos relacionados con la evaluación de los predictores y la reputación personal a través del análisis de sus dimensiones y también, promover el estudio de la reputación personal mediante el empleo de la escala multidimensional propuesta por Zinko, Gentry y Laird. Por último, este manuscrito afirma que este modelo conceptual requiere análisis y pruebas empíricas.

Palabras Claves: Reputación personal, modelo conceptual, predictores, organizaciones.

ABSTRACT

This article develops a conceptual model developed through a systematic review of the literature to investigate the construct of employees' personal reputation in organizations. This construct has progressively advanced under the study of the single approach (unidimensional scale). However, the multidimensional study of predictor variables and their dimensions with the different types-dimensions of personal reputation in the literature is almost nonexistent. Therefore, this approach to the literature is carried out and it is identified that predictors such as perceived integrity, job performance, political skill and their dimensions could be particularly associated with the types-dimensions of personal reputation such as task reputation, social reputation and integrity reputation. This article thus aims to give continuity to the work related to the assessment of predictors and personal reputation through the analysis of their dimensions and also, to promote the study of personal reputation by using the multidimensional scale proposed by Zinko, Gentry and Laird. Finally, this manuscript states that this conceptual model requires analysis and empirical testing.

Keywords: Personal reputation, conceptual model, predictors, organizations.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el entorno de las organizaciones los colaboradores (entendidos como personas que forman parte de una organización y crean la propia organización) construyen, evalúan, administran y difunden su reputación personal, (véase, p. ej. Hochwarter et al., 2007; Zinko et al., 2016). Por ello, el análisis de este constructo en cada una de sus etapas está atrayendo cada vez con mayor frecuencia la atención de académicos, investigadores, firmas consultoras y empresas. Además, varios estudios han señalado que el análisis de la reputación personal en las organizaciones está en fase de formación, tales como los manuscritos de Zinko & Rubin (2015); Ferris et al., (2003); Zinko et al., (2012a); Zinko et al., (2007).

En este mismo sentido, la conceptualización teórica sobre la reputación ha sido empleada indistintamente, tanto en la literatura como en los medios y se encuentra aún en una etapa incipiente (Zinko et al., 2016). Por lo tanto, la literatura de la reputación personal necesita ser fortalecida. No obstante lo anterior, autores ilustres como Adam Smith y Max Weber ya hacían referencia al estudio de la reputación personal, quienes sugirieron repectivamente que la reputación podría ser construida por medio de la probidad (Shearmur & Klein,1997; Weber, 2013) o que esta última puede considerarse un tipo de reputación en ciertos grupos sociales, como lo podrían ser algunos grupos religiosos (Weber, 2013). Aunado a lo anterior, no fue sino hasta la época contempóranea en que el estudio de la reputación personal se convirtió en una práctica consistente y sistemática.

Para Zinko & Rubin (2015) quizá el artículo pionero en el estudio de la reputación personal en la disciplina organizacional, sea el desarrollado por Tsui (1984). Así, los colaboradores gerencian sus reputaciones personales en las organizaciones, las cuales se caracterizan por ser escenarios políticos, y en las que además se requiere de la habilidad política para obtener éxito a través del uso asertivo del capital social y bajo la consigna del logro de objetivos (Mintzberg, 1983; Mintzberg; 1985; Pfeffer, 1981; Kapoutsis et al., 2015).

Así pues, es menester comprender cómo la reputación personal incide en la reputación de estos escenarios políticos (organizaciones) es decir, está vinculada de forma ineludible con la reputación corporativa (veáse p.ej. Fang & Yasuda, 2009; Ranft et al., 2006). Asimismo, las variables empleadas en la medición de la reputación corporativa pueden emplearse para examinar la reputación personal (van der Waldt, 2017).

En otro sentido, es importante tener en consideración que las organizaciones deben prestar atención tanto al desarrollo de su reputación online como a la administración de la reputación personal online de sus colaboradores, ya que a pesar de existir cierto nivel de concientización en las personas, sobre los potenciales daños a su reputación online, ésta no es lo suficientemente alta (Yang, 2015).

Adicionalmente, las personas están perdiendo conciencia sobre el hecho de que una gran cantidad de información personal se comparte en internet y podría llegar a audiencias más extensas y frecuentemente permanentes (Adee, 2011); lo que al mismo tiempo podría afectar a los intereses y a la reputación de las organizaciones.

En consecuencia, existe la imperiosa necesidad de fortalecer teóricamente el constructo de la reputación personal, la cual es de creciente relevancia para las organizaciones, debido al impacto que puede generar en su reputación corporativa, aunado a las causas y efectos que estas pueden tener con los diferentes grupos de interés.

Así, el objetivo de este trabajo, derivado de la revisión de la literatura presentada en este manuscrito, es desarrollar un marco conceptual que establece las principales asociaciones entre los predictores de la reputación personal (desempeño laboral, habilidad política e integridad percibida) y los diferentes tipos-dimensiones de la reputación personal de los colaboradores.

Para ello, se parte de una revisión de la literatura conocida sobre el tema de la reputación personal, destacando los más importantes hitos alcanzados hasta el momento, situando y aclarando las relaciones entre dimensiones y tratando de proponer una serie de premisas de análisis que podrán ser exploradas en el futuro de forma teórica y, sobre todo, empírica.

Este trabajo pretende así, ser un puente entre el estudio de la reputación personal de forma unidimensional y el estudio más reciente de la reputación personal de forma multidimensional aclarando sus dimensiones y sus relaciones entre ellas.

2. MARCO TEÓRICO

La literatura alrededor de la reputación personal se ha examinado predominantemente desde un enfoque ad hoc e interno dentro de las organizaciones, principalmente a través del empleo de las autoevaluaciones, lo que es correcto realizar (Liu et al., 2007) y en el que también se han utilizado las evaluaciones de los compañeros o superiores (véase p. ej. Blickle et al., 2011; Hochwarter et al., 2007).

No obstante, además de lo anterior, hacen falta estudios que evalúen la reputación externa o la reputación personal más allá de las fronteras de las propias organizaciones individualmente. La literatura existente se concentra principalmente en la reputación del CEO (Zinko & Rubin, 2015) dejando fuera la reputación personal de los proveedores, los clientes corporativos y los socios comerciales, con el fin de evaluar la reputación externa-interna para diferentes niveles jerárquicos de la organización.

No obstante, el constructo reputación personal ha dado los primeros pasos en cuanto al estudio de sus predictores tales como la integridad percibida, el desempeño laboral y la habilidad política (véase p.ej. Laird et al., 2013; Zinko et al., 2016; Tsui, 1984) junto a sus impulsores (véase p.ej. Zinko & Rubin, 2015), así como sus moderadores (véase p.ej. Hochwarter et al., 2007; Tedeschi & Melburg, 1984), junto con sus mediadores (véase p.ej, Laird et al., 2012; Johnson et al., 2002; Blickle et al., 2011), además de sus resultados (véase p.ej. Pfeffer, 1992; Hayward et al., 2004; Ferris et al, 2003; Tsui, 1984) y conjuntamente, con sus antecedentes (véase p.ej. Zinko et al., 2012a; Cavazza et al., 2014) desarrollándose algunos modelos muy interesantes como el de McAbee & Connelly (2016).

Por lo tanto, en este trabajo abundamos en el desarrollo de la escala multidimensional de la reputación personal propuesta por Zinko et al., (2016), en donde se facilita la examinación de los tipos-dimensiones de la reputación y al mismo tiempo, se proporciona una oportunidad para comparar la evidencia empírica existente en la literatura obtenida principalmente por la escala unidimensional de Hochwarter et al., (2007).

La escala de Zinko et al., (2016) propone los siguientes tipos-dimensiones de reputación personal: reputación de tareas, reputación social y reputación de integridad. También con esta escala se pueden promover nuevos paradigmas y el alcance del estudio de los predictores de la reputación personal (la integridad percibida, la habilidad política, el desempeño laboral) en las organizaciones.

Por ejemplo, en el estudio de Fidan & Koç (2020) se aporta que todas las dimensiones de la habilidad política (influencia interpersonal, capacidad para crear redes, sinceridad aparente y astucia social) son predictores significativos de la reputación personal, no obstante, aunque los resultados son interesantes, se empleó en este trabajo la escala única de Hochwarter et al., (2007) limitando con ella el estudio particular de cada una de las dimensiones de la habilidad política con los tipos-dimensiones de la reputación personal.

Simultáneamente, este estudio fue aplicado en el sector educativo y sin embargo, es necesario replicarlo en otro tipo de organizaciones, aunado a examinar de manera extensa y particular las relaciones entre las dimensiones de habilidad política con los tipos-dimensiones de la reputación personal. Adicionalmente, evaluar estas relaciones en diferentes culturas y regiones geográficas para seguir avanzando en la construcción del conocimiento científico de este tema.

De manera similar, otro estudio que analizó las asociaciones entre la habilidad política y la reputación personal fue el de Laird et al., (2013), pero que de igual manera empleó la escala unidimensional para examinar dichas asociaciones; dando consigo un panorama global de entendimiento entre dichas variables.

En este mismo manuscrito, que del mismo modo empleó la escala única de la reputación personal, se examinaron las relaciones entre el desempeño laboral como variable predictora y la reputación personal como variable dependiente. Otros artículos como el de Tsui (1984) examinaron las relaciones entre el desempeño laboral y la reputación laboral, esta última se operativizó por medio de distintas medidas. Por último, con respecto al estudio de la integridad percibida y constructos similares asociados a la reputación personal se pueden consultar las investigaciones de Treviño et al., (2000), Jazaieri et al., (2019), y el de Neves & Story (2015); lo cuales han aperturado el entendimiento entre estas variables.

3. MODELO CONCEPTUAL DE LA REPUTACIÓN PERSONAL

En resumen, podemos decir que hasta el momento, la necesidad de estudiar la dimensionalidad de la reputación se había establecido a través del requerimiento de desarrollar una escala válida que midiera la reputación individual (Zinko et al., 2007). Por ello, se debe expresar la importancia de dos escalas utilizadas principalmente en el constructo de reputación personal hasta la fecha, la primera es la unidimensional o reputación personal única, de Hochwarter et al., (2007), que aborda la posibilidad de pasar de una evaluación única de la reputación personal a una multidimensional, y una segunda escala desarrollada por Zinko et al., (2016) en la que se establecen los tipos-dimensiones de la reputación personal; incluyendo la de tareas, la social y la de integridad.

Los colaboradores en las organizaciones pueden tener múltiples reputaciones entre los diferentes públicos en los distintos niveles jerárquicos de las organizaciones (Zinko et al., 2016; Tsui, 1984; Blass & Ferris, 2007). De hecho, para Zinko et al., (2016), podría ser mejor para un directivo mantener una reputación fuerte por tipo-dimensión específico (tarea, social, integridad) en función del público y del estrato de la organización. Además, para estos autores, los colaboradores en el lugar de trabajo poseen una cantidad limitada de recursos en el proceso de desarrollo de la reputación, por lo que pueden encontrar útil centrarse en dimensiones específicas. Por lo tanto, con la escala desarrollada por Zinko et al., 2016, es posible la evaluación por tipos-dimensiones de la reputación de un colaborador y determinar las más notables, así se permite el examen de las relaciones entre estos tipos-dimensiones y diferentes predictores. En otras palabras, la escala multidimensional para la reputación personal abre las puertas a oportunidades para obtener información más específica sobre qué aspecto de un colaborador está impulsando esa reputación (Zinko et al., 2016).

En consecuencia, se sabe muy poco sobre la construcción y gestión de la reputación personal en las organizaciones (Laird et al., 2012; Laird et al., 2013) desde un enfoque multidimensional, incluido el estudio de las asociaciones entre predictores como la integridad percibida, el desempeño laboral y la habilidad política, con los tipos-dimensiones de la reputación personal como la reputación de integridad, la reputación social y la reputación de tareas. Por ello, es esencial examinar las relaciones entre los predictores de la reputación personal con los tipos-dimensiones de la reputación personal de los colaboradores en el trabajo.

Así, partiendo de la revisión de la literatura anterior, se ha elaborado un modelo teórico que se explicará a continuación en todas sus partes. La Figura 1 muestra, por una parte, el marco conceptual de los predictores de la reputación personal, y por otra parte, los tipos-dimensiones de la reputación personal de los colaboradores. También se presenta la forma en que se construye la reputación personal en las organizaciones. Los siguientes segmentos ilustran las asociaciones entre cada predictor y sus dimensiones con los tipos-dimensiones de la reputación personal. Además, se definen proposiciones con el objetivo de profundizar y explorar nuevos paradigmas en el estudio de la reputación personal en las organizaciones.

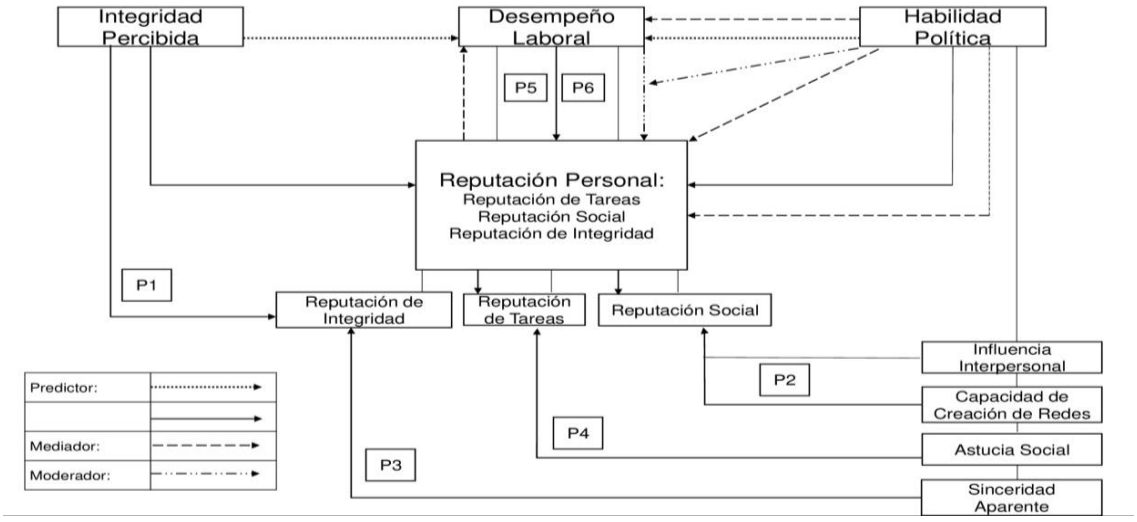


Figura 1 Modelo conceptual de predictores vinculados con los tipos-dimensiones de la reputación personal en las organizaciones.

Como resultado de la explicación de este modelo se plantearán a continuación seis premisas que podrán ser investigadas en el futuro, y sobre las que se permite abundar en el conocimiento de la reputación personal.

3.1 Integridad percibida.

La integridad hace referencia a la plenitud o pureza de una cosa o de las personas, lo cual promulga la calidad de su carácter y se establece en varias partes o en aspectos de la vida de las personas (Cox et al., 2001).

De esta forma, en el manuscrito de Murshed et al., (2015) se destacó la importancia de las relaciones entre la reputación personal y el comportamiento no ético (integridad). Aún más, en el manuscrito de Hurst et al., (2005) se establece que, en caso de dificultades éticas, los especialistas del área de la salud se alejaron de los problemas y buscaron ayuda, lo que contribuyó a proteger o al menos procuró ser un intento por proteger su integridad y reputación. Otro ejemplo es el estudio de Zinko et al., (2012b) quienes determinaron un cambio positivo en la reputación de los directivos, debido a las variaciones en su integridad percibida por parte de sus colaboradores en dos momentos distintos.

Así pues, la integridad es una característica determinante de la confianza (Mayer et al., 1995). Por ello, en el estudio de Ammeter et al., (2002) se sugiere la asociación recíproca entre la confianza y la reputación del líder y más aún; en el modelo de confiabilidad (capacidad, benevolencia e integridad) la reputación honesta, frente a otros tipos de reputación, potencia la confianza basada en la integridad (SimanTov-Nachlieli et al., 2020).

La integridad es un componente fundamental, una dimensión relevante y un tema poco tratado en el estudio de la reputación personal, especialmente en los puestos de liderazgo (Zinko et al., 2007; Zinko et al., 2012a; Zinko et al., 2012b; Zinko et al.,2016; Craig & Gustafson, 1998); como el caso de los directivos.

Además, estudios como el de Ones & Viswesvaran (2007), Murphy & Lee (1994), y Ones et al., (1993) registran que la integridad predice el desempeño laboral. En consecuencia, la adición de ambas abre la posibilidad de analizar sus asociaciones con los tipos-dimensiones de la reputación personal.

Es importante mencionar que no se subestiman los esfuerzos y avances realizados en el constructo reputación personal, sin embargo, es necesaria mayor evidencia empírica, pues el estudio de la reputación personal, aún se encuentra en su inicio (Zinko et al., 2007; Zinko & Rubin, 2015; Laird et al., 2013) especialmente si se considera el uso de la nueva escala desarrollada por Zinko et al., (2016). Asimismo, la integridad percibida es un elemento clave y una dimensión predominante que necesita ser ampliada en su estudio (Zinko et al., 2007; Zinko et al., 2012a), especialmente en los puestos de alta dirección.

Por ello se propone la siguiente premisa para este trabajo:

P1. La asociación entre la integridad percibida de los colaboradores y su reputación de integridad en las organizaciones es positiva.

3.2 Habilidad política.

La habilidad política se define como la capacidad de comprender eficazmente a los demás en el trabajo, y de utilizar ese conocimiento para influir en los demás para que actúen de forma que mejoren los objetivos personales y/o de la organización (Ahearn et al., 2004; Ferris et al., 2005). La habilidad política permite leer y ajustar en el entorno social de la organización, y los colaboradores que la poseen, parecen auto controlados, seguros y genuinos (Kapoutsis et al., 2015). Es más, los líderes como los gerentes con mayores habilidades sociales pueden ser eficaces en la realización de cambios finos en el guión político porque muestra una comprensión de los objetivos (Ammeter et al., 2002). En consecuencia, la habilidad política tiene para los colaboradores implicaciones sociopolíticas dentro de la organización, y por lo tanto, tomando en cuenta el manuscrito de Fiol et al., (2001) los individuos políticamente hábiles gozan de una reputación favorable por parte de los Modelos Mentales de Poder (MMP).

Los individuos políticamente hábiles atraen a los demás y los reconfortan, proporcionándoles una sensación de seguridad personal y confianza en sí mismos, y estos individuos políticamente hábiles no sólo saben exactamente qué hacer en situaciones sociales complejas en el lugar de trabajo, sino que incluso saben cómo actuar de forma que se oculten las intenciones interesadas y se presenten como sinceros (Ferris et al., 2005).

Así pues, la habilidad política se relaciona positivamente con la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones (Laird et al., 2013; Zinko et al., 2012a) o en el caso del manuscrito de Fidan & Koç (2020) todas las dimensiones de la habilidad política del profesor se relacionaron también positivamente con su reputación personal. La escala empleada en las investigaciones de Laird et al., (2013) y de Fidan & Koç (2020) para evaluar la reputación personal fue la escala unidimensional desarrollada por Hochwarter et al., (2007), la cual limita la evaluación de las posibles asociaciones entre las dimensiones de la habilidad política y los tipos-dimensiones de la reputación personal.

Del mismo modo, la habilidad política es un predictor de la gestión de la impresión (entendida como gestión de la impresión generada por el contacto con alguien) (Maher et al., 2018) y esta última potencia la consecución de una reputación consolidada (Diekmann et al., 2015), debido a que los individuos con capacidad de emplear tácticas efectivas de gestión de la impresión para ganar imagen positiva obtienen una elevada reputación personal (Maher et al., 2021). En otras palabras, una persona con habilidades políticas podría utilizar/seleccionar de manera específica las diferentes dimensiones de la habilidad política para desarrollar diferentes reputaciones (es decir, reputación de tareas, reputación social, reputación de integridad) para cada uno de los diferentes grupos de interés o audiencias.

Además, de acuerdo con Ferris et al., (2005) la habilidad política es un constructo multidimensional, que está integrado por la influencia interpersonal, la capacidad de crear redes, la sinceridad aparente y la astucia social.

Así pues, la primera dimensión de Ferris et al, (2005) es la influencia interpersonal que consiste en tener una forma personal delicada y convincente de ejercer influencia sobre las personas cercanas a los individuos con habilidad política. Así, estos individuos con habilidad política modifican y evalúan su comportamiento ante cada situación con el fin de provocar respuestas específicas de los demás (Ferris et al., 2005). Para la dimensión de la capacidad de creación de redes, Ferris et al., (2005) establecen el desarrollo de relaciones constructivas, positivas y útiles con diferentes grupos de personas para conseguir el éxito organizacional y personal.

Es decir, de acuerdo con Maher et al., (2021) una persona con habilidad política construye amistades y conexiones (capacidad de creación de redes) pero además sabe cómo utilizar la información social para obtener los resultados deseados (influencia interpersonal). Por lo tanto, teniendo en cuenta la esencia social de estas dimensiones de habilidad política, se puede sugerir que se asocian con fuerza con la reputación social de la siguiente manera:

P2. La capacidad de creación de redes y la influencia interpersonal de los individuos con habilidad política en las organizaciones están asociadas positivamente con su reputación social.

En cuanto a la segunda dimensión, según Ferris et al. (2005) la sinceridad aparente se define por la integridad, la autenticidad, la genuinidad y la sinceridad en las motivaciones e intenciones de los individuos políticamente hábiles, por lo que podría ganarse la confianza de los demás. Expresado en otros términos, a través de la sinceridad aparente, las personas políticamente hábiles pueden demostrar una autenticidad constante en el proceso (Maher et al., 2021). Por lo tanto, teniendo en cuenta esto y los antecedentes teóricos propuestos en el apartado “Integridad percibida”, se sugiere:

P3. La asociación entre la sinceridad aparente de los individuos políticamente hábiles y su reputación de integridad en las organizaciones es positiva.

En cuanto a la tercera dimensión de Ferris et al. (2005), la astucia social, esta está relacionada con los observadores astutos de los demás, que se adaptan con agudeza a las diferentes circunstancias sociales y que para esta dimensión de habilidad política se espera la asociación más fuerte (de todas las dimensiones) con el desempeño laboral de los colaboradores (Ferris et al., 2005). De forma complementaria, para Maher et al., (2021) un individuo se clasifica como socialmente astuto cuando es capaz de leer y entender a los demás. Por lo tanto, se propone:

P4. La asociación entre la astucia social de los individuos con habilidades políticas y su reputación de tareas en las organizaciones es positiva.

3.3 Desempeño laboral

La relación entre el rendimiento laboral y la reputación personal (Tsui, 1984; Tsui, 1994; Mehra et al., 2006) es manifiesta. Además, la reputación es capaz de mediar entre la relación de la habilidad política y el desempeño laboral (Liu et al., 2007), de hecho, su relevancia dentro del ámbito organizacional es indudable, existiendo así un vínculo entre la habilidad política y el desempeño laboral. Así, en la investigación de Laird et al., (2013) se estableció que la habilidad política modera la relación entre el desempeño laboral de los colaboradores y su reputación personal. En otros términos, el desempeño laboral se vinculó positivamente con la reputación personal para los individuos calificados con alta habilidad política, pero no para los colaboradores evaluados con baja habilidad política. También, en el estudio desarrollado por Liu et al., (2007), se encontró el vínculo entre la habilidad política y el desempeño laboral, en el cual la habilidad política puede servir como predictor del desempeño laboral.

En otras palabras, este resultado permite entender que a través de la reputación personal es posible comprender cómo la habilidad política se relaciona positivamente con el desempeño laboral, es decir; el desempeño laboral es, al menos en parte, una función de construcción social (Liu et al., 2007).

P5. La asociación entre el desempeño laboral de los individuos y su reputación social en las organizaciones es positiva.

En el estudio de Laird et al., (2013) se informó sobre las relaciones positivas entre el desempeño laboral y la reputación personal. Sin embargo, el inventario empleado en este manuscrito para evaluar la reputación personal fue la escala unidimensional de Hochwarter et al., (2007) e incluso, hay otros investigadores que confirman esta relación (Tsui, 1984; Mehra et al., 2006; Hochwarter et al., 2007; Kilduff y Krackhardt, 1994) pero todos ellos proporcionan un enfoque global entre el desempeño laboral y la reputación personal.

Asimismo, Tsui et al., (1997) señalaron la necesidad de incorporar la evaluación de los subordinados hacia los superiores para tener una visión completa en el estudio de las relaciones laborales. Esto es importante destacarlo, porque en la literatura el desempeño laboral está vinculado a la reputación personal a través de las evaluaciones de los supervisores/superiores sobre el desempeño laboral de los subordinados. En consecuencia, es necesario estudiar las relaciones entre el desempeño laboral y los diferentes tipos-dimensiones de reputación personal de forma profunda y extensa; en particular con la reputación de tareas. Por lo tanto, se propone:

P6. La asociación entre el desempeño laboral de los individuos y la reputación personal en las organizaciones es positiva.

Por lo tanto, desde un enfoque organizacional, este modelo podría ser aplicado por los colaboradores en los diferentes niveles jerárquicos, con el fin de mejorar la forma en que son percibidos por los demás y así, promover relaciones benéficas que permitan el logro de sus objetivos en todas las direcciones, pero también para fortalecer relaciones que permitan el logro de los objetivos organizacionales. El propósito supremo será que los colaboradores deben gestionar sus esfuerzos, junto con la construcción y desarrollo de la reputación personal, en beneficio de la organización, tanto con los grupos de interés internos como externos, y entonces, no sólo ganará una mejor reputación como organización sino también potenciará su ventaja competitiva.

4. CONCLUSIONES.

Tras una revisión de la literatura, este artículo ha propuesto un marco conceptual para el estudio multidimensional de la reputación personal, que sirve para explicar los vínculos entre algunas de las variables predictoras (con sus respectivas dimensiones) y los tipos-dimensiones de la reputación personal. En concreto, este artículo ha evaluado la interacción entre la habilidad política, el desempeño laboral y la integridad percibida con la reputación de tareas, la reputación social y la reputación de integridad. Además, este artículo define las posibles relaciones entre las dimensiones de la habilidad política (influencia interpersonal, capacidad de creación de redes, sinceridad aparente y astucia social) con los diferentes tipos-dimensiones de la reputación personal.

El modelo conceptual propuesto tiene el potencial de ayudar a los investigadores, académicos, estudiantes, empresas de consultoría y organizaciones a tener una visión más clara de cómo se desarrolla y gestiona la reputación personal en las organizaciones, pero también permite definir estrategias que contribuyan al desarrollo de la reputación personal de forma eficaz. Además, este

marco conceptual puede actuar como mecanismo para establecer preguntas de investigación que permitan conocer con detalle las relaciones más estrechas entre los predictores y la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones.

Para avanzar en el estudio de la reputación personal y sus predictores, se proponen los siguientes pasos en la ejecución de futuras investigaciones. En primer lugar, es necesario evaluar las relaciones entre cada uno de los predictores y cada uno de los tipos-dimensiones de la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones. A continuación, es pertinente examinar las dimensiones de habilidad política con los tipos-dimensiones de la reputación personal. En tercer lugar, aunque no se propone en este modelo conceptual, se pueden incluir evaluaciones de las dimensiones de desempeño laboral y/o integridad con las diferentes tipos-dimensiones de reputación personal.

Asimismo, se propone para estas tres sugerencias de investigación futura la realización de estudios transversales, longitudinales con diferentes enfoques metodológicos, en diferentes tipos de organizaciones como Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) u Organizaciones No Gubernamentales (ONG's), en diferentes niveles jerárquicos de mando y cargos intermedios, que incluyan la evaluación de la reputación personal dentro de la organización (interna) pero también la externa, que incluye a otros grupos de interés como clientes, socios comerciales o proveedores.

Además, pueden existir otras variables predictoras, mediadoras y moderadoras en la construcción y desarrollo de la reputación personal. Por ejemplo, el estudio de la confianza o de la hipocresía en el constructo de la reputación personal, que representan una oportunidad para futuras investigaciones, así como los posibles vínculos entre la integridad percibida, la confianza y la reputación personal. Del mismo modo, otras posibles áreas de interés para futuras investigaciones pueden ser la inclusión del estudio de la psicodinámica del trabajo con la reputación personal.

Por tanto, este modelo conceptual que vincula algunos de los predictores y sus dimensiones con las tipos-dimensiones de la reputación personal de los colaboradores en las organizaciones es un comienzo para el largo camino que debe recorrer este constructo en su evolución.

5. REFERENCIAS.

Adee, S. (2011). Personal PR: how to have sparkling reputation online. *New Scientist*, *209*(2800), 46-49. https://doi.org/10.1016/s0262-4079(11)60399-0

Ahearn, K., Ferris, G., Hochwarter, W., Douglas, C., & Ammeter, A. (2004). Leader Political Skill and Team Performance. *Journal Of Management*, *30*(3), 309-327. https://doi.org/10.1016/j.jm.2003.01.004

Ammeter, A., Douglas, C., Gardner, W., Hochwarter, W., & Ferris, G. (2002). Toward a political theory of leadership. *The Leadership Quarterly*, *13*(6), 751-796. https://doi.org/10.1016/s1048-9843(02)00157-1

Blass, F.R., & Ferris, G.R. (2007). Leader reputation: the role of mentoring, political skill, contextual learning, and adaptation. *Human Resource Management*, *46*(1), 5-19. https://doi.org/10.1002/hrm.20142

Blickle, G., Schneider, P. B., Liu, Y., & Ferris, G. R. (2011). A predictive investigation of reputation as mediator of the political-skill/career-success Relationship1: Political skill and career success. *Journal of Applied Social Psychology*, *41*(12), 3026–3048. https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2011.00862.x

Cavazza, N., Pagliaro, S., & Guidetti, M. (2014). Antecedents of Concern for Personal Reputation: The Role of Group Entitativity and Fear of Social Exclusion. *Basic And Applied Social Psychology*, *36*(4), 365-376. https://doi.org/10.1080/01973533.2014.925453

Cambridge Dictionary (2022). *Reputación*. https://dictionary.cambridge.org/es/diccionario/espanol-ingles/reputacion?q=REPUTACI%C3%93N

Cox, D., La Caze, M., & Levine, M. (2001). *Integrity (Stanford Encyclopedia of Philosophy/Summer 2001 Edition)*. Plato.stanford.edu. Retrieved 15 June 2021, from https://plato.stanford.edu/archives/sum2001/entries/integrity/

Craig, S., & Gustafson, S. (1998). Perceived leader integrity scale: An instrument for assessing employee perceptions of leader integrity. *The Leadership Quarterly, 9*(2), 127-145. https://doi.org/10.1016/s1048-9843(98)90001-7

Diekmann, C., Blickle, G., Hafner, K., & Peters, L. (2015). Trick or trait? The combined effects of employee impression management modesty and trait modesty on supervisor evaluations. *Journal of Vocational Behavior, 89,* 120–129. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2015.05.002

Fang, L., & Yasuda, A. (2009). The Effectiveness of Reputation as a Disciplinary Mechanism in Sell-Side Research. *Review Of Financial Studies*, *22*(9), 3735-3777. https://doi.org/ 10.1093/rfs/hhn116

Ferris, G. R., Blass, F. R., Douglas, C., Kolodinsky, R. W., & Treadway, D. C. (2003). Personal reputation in organizations. In J. Greenberg (Ed.), *Organizational behavior: The state of the science* (2nd ed., pp. 211–246). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

Ferris, G. R., Treadway, D. C., Kolodinsky, R. W., Hochwarter, W. A., Kacmar, C. J., Douglas, C., & Frink, D. D. (2005). Development and Validation of the Political Skill Inventory. *Journal of Management, 31*(1), 126–152. https://doi.org/10.1177/0149206304271386

Fidan, T. & Koç, M.H. (2020). The relationship of high school teachers political skills to their career satisfaction: the mediating role of personal reputation. *KEDI Journal of Educational Policy, 17*(2), 247-271. https://doi.org/10.22804/kjep.2020.17.2.005

Fiol, C., O'Connor, E., & Aguinis, H. (2001). All for One and One for All? the Development and Transfer of Power Across Organizational Levels. *Academy Of Management Review*, *26*(2), 224-242. https://doi.org/10.5465/amr.2001.4378017

Hayward, M., Rindova, V., & Pollock, T. (2004). Believing one's own press: The causes and consequences of CEO celebrity. *Strategic Management Journal*, *25*(7), 637-653. https://doi.org/10.1002/smj.405

Hochwarter, W. A., Ferris, G. R., Zinko, R., Arnell, B., & James, M. (2007). Reputation as a moderator of political behavior-work outcomes relationships: A two-study investigation with convergent results. *Journal of Applied Psychology, 92*(2), 567 576. https://doi.org/10.1037/0021-9010.92.2.567

Hurst, S. A., Hull, S. C., DuVal, G., & Danis, M. (2005). How physicians face ethical difficulties: a qualitative analysis. *Journal of Medical Ethics*, *31*(1), 7–14. https://doi.org/10.1136/jme.2003.005835

Jazaieri, H., Allison, M.L., Campos, B., Young, R., & Keltner, D. (2019). Content, structure, and dynamics of personal reputation: The role of trust and status potential within social networks. *Group Processes & Intergroup Relations*, *22*(7), 964-983. https://doi.org/10.1177/1368430218806056

Johnson, D., Erez, A., Kiker, D., & Motowidlo, S. (2002). Liking and attributions of motives as mediators of the relationships between individuals' reputations, helpful behaviors and raters' reward decisions. *Journal Of Applied Psychology*, *87*(4), 808-815. https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.4.808

Kapoutsis, I., Papalexandris, A., Treadway, D., & Bentley, J. (2015). Measuring Political Will in Organizations: Theoretical Construct Development and Empirical Validation. *Journal Of Management*, *43*(7), 2252-2280. https://doi.org/10.1177/0149206314566460

Kilduff, M., & Krackhardt, D. (1994). Bringing the Individual Back in: A Structural Analysis of the Internal Market for Reputation in Organizations. *Academy Of Management Journal*, *37*(1), 87-108. https://doi.org/10.2307/256771

Laird, M.D., Zboja, J., & Ferris, G. (2012). Partial mediation of the political skill-reputation relationship. *Career Development International*, *17*(6), 557-582. https://doi.org/10.1108/13620431211280132

Laird, M.D., Zboja, J., Martinez, A., & Ferris, G. (2013). Performance and political skill in personal reputation assessments. *Journal Of Managerial Psychology*, *28*(6), 661–676. https://doi.org/10.1108/jpm-10-2011-0097

Liu, Y., Ferris, G., Zinko, R., Perrewé, P., Weitz, B., & Xu, J. (2007). Dispositional antecedents and outcomes of political skill in organizations: A four-study investigation with convergence. *Journal Of Vocational Behavior*, *71*(1), 146-165. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2007.04.003

Maher, L., Ejaz, A., Nguyen, C., & Ferris, G. (2021). Forty years of political skill and will in organizations: a review, meta-theoretical framework and directions for future research. *Career Development International*, *27*(1), 5-35. https://doi.org/10.1108/cdi-07-2021-0191

Maher, L., Gallagher, V., Rossi, A., Ferris, G., & Perrewé, P. (2018). Political skill and will as predictors of impression management frequency and style: A three-study investigation. *Journal Of Vocational Behavior*, *107*, 276-294. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2018.05.004

Mayer, R., Davis, J., & Schoorman, F. (1995). An Integrative Model Of Organizational Trust. *Academy Of Management Review*, *20*(3), 709-734. https://doi.org/10.5465/amr.1995.9508080335

Mehra, A., Dixon, A., Brass, D., & Robertson, B. (2006). The Social Network Ties of Group Leaders: Implications for Group Performance and Leader Reputation. *Organization Science*, *17*(1), 64-79. https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0158

McAbee, S., & Connelly, B. (2016). A multi-rater framework for studying personality: The trait-reputation-identity model. *Psychological Review*, *123*(5), 569-591. https://doi.org/10.1037/rev0000035

Mintzberg, H. 1983. *Power in and around organizations*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Mintzberg, H. (1985). The organization as a political arena. *Journal Of Management Studies*, *22*(2), 133-154. https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.1985.tb00069.x

Murphy, K., & Lee, S. (1994). Does Conscientiousness Explain the Relationship Between Integrity and Job Performance?. *International Journal Of Selection And Assessment*, *2*(4), 226-233. https://doi.org/10.1111/j.1468-2389.1994.tb00144.x

Murshed, S., Uddin, S., & Hossain, L. (2015). Transitivity, hierarchy and reciprocity of organizational communication network during crisis. *International Journal Of Organizational Analysis*, *23*(1), 2-20. https://doi.org/10.1108/ijoa-04-2012-0584

Neves, P., & Story, J. (2015). Ethical Leadership and Reputation: Combined Indirect Effects on Employee Organizational Deviance. *Journal of Business Ethics*, *127*(1), 165-176. https://doi.org/10.1007/s10551-013-1997-3

Ones, D., & Viswesvaran, C. (2007). A Research Note on the Incremental Validity of Job Knowledge and Integrity Tests for Predicting Maximal Performance. *Human Performance*, *20*(3), 293-303. https://doi.org/10.1080/08959280701333461

Ones, D., Viswesvaran, C., & Schmidt, F. (1993). Comprehensive meta-analysis of integrity test validities: Findings and implications for personnel selection and theories of job performance. *Journal Of Applied Psychology*, *78*(4), 679-703. https://doi.org/10.1037/0021-9010.78.4.679

Pfeffer, J. 1981. *Power in organizations*. Boston: Pitman.

Pfeffer, J. (1992). *Managing with power: Politics and influence in organizations*. Boston: Harvard Business Review Press.

Ranft, A., Zinko R., Ferris G.R., & Buckley M.R. (2006). Marketing the image of management: The costs and benefits of CEO reputation. *Human Resource Management International Digest*, *15*(1). https://doi.org/10.1108/hrmid.2007.04415aad.001

Real Academia de la Lengua Española. (2022). *Reputación*. https://dle.rae.es/reputaci%C3%B3n

Shearmur, J., & Klein, D. B. (1997). Good conduct in the great society: Adam Smith and the role of reputation. In: D. B. Klein (Ed.), *Reputation: Studies in the voluntary elicitation of good conduct* (pp. 29–45). Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.

SimanTov-Nachlieli, I., Har-Vardi, L., & Moran, S. (2020). When negotiators with honest reputations are less (and more) likely to be deceived. Organizational Behavior And Human Decision Processes, 157, 68-84. https://doi.org/10.1016/j.obhdp.2019.11.006

Tedeschi, J. T., & Melburg, V. (1984). Impression management in the organization. In S. B. Bacharach & E. J. Lawler (Eds.), *Research in the sociology of organizations* (Vol. 3, pp. 3158). Greenwich, CT: JAI Press.

Treviño, L., Hartman, L., & Brown, M. (2000). Moral Person and Moral Manager: How Executives Develop a Reputation for Ethical Leadership. *California Management Review*, *42*(4), 128-142. https://doi.org/10.2307/41166057

Tsui, A.S. (1984). A role set analysis of managerial reputation. *Organizational Behavior and Human Performance, 34*, 64-96. https://doi.org/10.1016/0030-5073(84)90037-0

Tsui, A.S. (1994). Reputational effectiveness: toward a mutual responsiveness framework. In Staw, B.M. and Cummings, L.L. (Eds), *Research in Organizational Behavior* (Vol. 16, pp.257-307). Greenwich, CT: JAI Press.

Tsui, A., Pearce, J., Porter, L., & Tripoli, A. (1997). Alternative Approaches to the Employee-Organization Relationship: Does Investment in Employees Pay Off?. *Academy Of Management Journal*, *40*(5), 1089-1121. https://doi.org/10.5465/256928

van der Waldt, D.L.R. (2017). Exploring corporate reputation variables to measure personal reputations. *Communicare*, *36* (2), 75-93.

Weber, M. (2013). The Protestant Ethic and the Spirit of Capitalism (S. Kalberg, Ed. & Trans.). Routledge. (Original work published in 2001). https://doi.org/10.4324/9781315063645

Yang, S. (2015). Understanding Personal Online Reputation Management: A Grounded Theory Study. *PACIS 2015 Proceedings*. 66.

Zinko, R., Ferris, G., Blass, F., & Laird, M. (2007). Toward a Theory of Reputation in Organizations. *Research In Personnel And Human Resources Management*, *26*, 163-204. https://doi.org/10.1016/s0742-7301(07)26004-9

Zinko, R., Ferris, G.R., Humphrey, S.E., Meyer, C.J. and Aime, F. (2012a). Personal reputation in organizations: two-study constructive replication and extension of antecedents and consequences. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, *85*(1), 156-180. https://doi.org/10.1111/j.2044-8325.2010.02017.x

Zinko, R., Gentry, W.A., Hall, A. and Grant, G.L. (2012b). Reputational change among managers. *Journal of Managerial Issues*, *24*, 9-26.

Zinko, R., Gentry, W., & Laird, M. (2016). A development of the dimensions of personal reputation in organizations. *International Journal of Organizational Analysis, 24*(4), 634 649. https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2015-0854

Zinko, R., & Rubin, M. (2015). Personal reputation and the organization. *Journal of Management & Organization, 21*(2), 217-236. https://doi.org/10.1017/jmo.2014.76

Agradecimientos

Financiado por la Junta de Extremadura (Consejería de Economía, Ciencia y Agenda Digital) y la Unión Europea "Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Una forma de hacer Europa". GR21028.

JUNTA DE EXTREMADURA
Consejería de Economía e Infraestructuras

Unión Europea
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Área C

Gestión de Operaciones y Logística

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área C
Mejora en la gestión de inventarios y distribución de planta para empresa de producción tipo batch	CO22-C02
Aplicando el enfoque sistémico en el diseño de un prototipo de una aplicación móvil para registro y conteo de artículos en la gestión de inventarios	CO22-C04
¿Cómo ayudamos al medio ambiente desde la cadena de suministro?	CO22-C05
Determinación del parámetro OEE en líneas de producción de una fábrica de levadura	CO22-C06
Modelado del proceso de obtención de carbonato de litio a partir de salmueras del NOA mediante redes neuronales artificiales. Factores influyentes.	CO22-C07
Modelos Productivos de Agricultura Protegida desde la Agricultura Familiar	CO22-C09
Aplicación de la herramienta Análisis de Modo de fallas y efectos en la etapa de verificación del Modelo de Gestión de Redes de Suministro agroindustriales de sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino	CO22-C10
Alternativas para la localización de estaciones de clasificación de RSU en la provincia de Misiones: clusterización por k-means, aplicación de factores ponderados y jerarquización analítica para la toma de decisiones	CO22-C11
Evaluación de los factores principales del desgrane en la cosecha de girasol utilizando AHP.	CO22-C12
Aplicación de plan maestro de producción en empresa de producción de alimentos	CO22-C13
Diseño de cadena de suministros y de instalación de supermercado cero desperdicios	CO22-C17
Análisis de la situación actual y diseño de almacén para una PYME de venta minorista de artículos para el hogar	CO22-C18
Cadena de suministro de ciclo cerrado: diseño de una red logístico para una plaza de mercado	CO22-C21
Una metaheurística biobjetivo para el problema de secuenciación de trabajos repetitivos en una configuración productiva flowshop heijunka	CO22-C23
Aplicación de un modelo de ruteo con límite de tiempo para la recolección de RSU	CO22-C24
Aplicación de los estudios de ingeniería de métodos en la planeación de la conducción administrativa y operativa de la planta de producción	CO22-C25
Propuesta de ruta de recolección de residuos sólidos urbanos en una zona de la ciudad de Trenque Lauquen mediante el uso de herramientas libres y gratuitas	CO22-C26
Reingeniería en el diseño de una distribución de planta de una Bodega de Pisco Artesanal con denominación de origen Layout of an Artisan Pisco Winery with denomination of origin.	CO22-C32
Las curvas de experiencia como contenido macro de las curvas de aprendizaje, los tiempos de proceso y la aplicación de prueba de hipótesis en la planeación empresarial	CO22-C33

Área C: Gestión Operaciones y Logística

Prólogo del Eje por:
Alejandra Esteban, Claudia Zárate y Adolfo Onaine

En esta sección se han presentado 19 trabajos, de los cuales 6 son de Latinoamérica (México, Colombia y Perú) y el resto de distintos puntos del país: 2 de la Universidad Tecnológica Nacional de Trenque Lauquen, 2 de la Universidad Nacional del Sur, 3 de la Universidad Nacional de Mar del Plata, 2 de la Universidad Nacional de Misiones, de los cuales 1 es compartido con la Universidad Nacional de Salta, 1 de la Universidad Nacional de Tucumán, 1 de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires y 1 de la Universidad de Palermo Buenos Aires.

Se agruparon en función de las temáticas que abordan. De esta forma se han presentado trabajos vinculados a agroindustria, a recolección de Residuos Sólidos Urbanos RSU, al diseño de Plantas ya sea de manufactura o de servicios, a la mejora de los procesos, a la gestión de inventarios, a planificación de la producción, a cadena de suministros y a curva de aprendizaje.

Se presenta una breve reseña de los 3 trabajos vinculados a la agroindustria:

El primero que mencionamos, “Aplicación de la herramienta análisis de modo de fallas y efectos en la etapa de verificación del modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de sectores rurales de pequeña escala del noroeste argentino” realizado por Silvana Elizabet Castillo de la Facultades de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta y Juan Carlos Michalus de la Facultad de Ingeniería la Universidad Nacional de Misiones. El trabajo muestra el empleo de la metodología como instrumento de verificación de cada una de las fases de un modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino para verificar e identificar ex ante las fallas potenciales y efectos, y proponer medidas de mitigación. Los resultados permiten predecir de forma anticipada sus efectos para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de las redes de suministro antes de su aplicación. Desde el Tecnológico Nacional de México se presenta el trabajo “Modelos Productivos de Agricultura Protegida desde la Agricultura Familiar” cuyos autores Nayeli Montalvo-Romero, Aarón Montiel-Rosales, Gregorio Fernández-Lambert y Luis Enrique García-Santamaria, pertenecen al Instituto Tecnológico Superior de Misantla y Alberto A. Aguilar-Lasserre al Instituto Tecnológico de Orizaba, ambos en el estado de Veracruz. Este documento analiza y discute el sistema de producción Agrícola Protegida desarrollada desde la Agricultura Familiar, como esquema que permite la producción y disponibilidad de frutas y verduras durante todo el año, para autoconsumo y/o comercialización, mediante los modelos: microtúnel, macrotúnel, mallas sombra, mallas anti-insectos, mallas antipájaros, e invernaderos. Desde la Facultad regional Trenque Lauquen de la Universidad Tecnológica Nacional, Daniel Xodo, Luca Mavolo, Marcelo Lasca, Joaquín Splandiani, proponen el estudio Evaluación de los principales factores del desgrane en la cosecha de girasol utilizando AHP. En este trabajo se determinó cuál es la variable que más influye al momento de evitar el desgrane del girasol en la cosecha. Se valoraron las distintas variables empleando el proceso de análisis jerárquico (AHP). La variable de resiliencia fue la más importante al momento de cosechar, seguida por la variable de velocidad y por último el peso del propio material.

Respecto de la Recolección de Residuos Urbanos, también se presentaron 3 trabajos:

Franco Bautista Heine, Diego Gabriel Rossit, Adrián Andrés Toncovich, de la Universidad Nacional del Sur, presentan el trabajo “Aplicación de un modelo de ruteo con límite de tiempo para la recolección de RSU”. Se abordó un caso de la ciudad de Bahía Blanca, se propuso un modelo de programación matemática mixta-entera para determinar las mejores rutas de recolección considerando restricciones de tiempo de servicio y de capacidad, con el objetivo de minimizar la distancia recorrida. Este modelo fue capaz de resolver instancias completas que corresponden a barrios de la ciudad en tiempos razonables. De la Universidad Nacional de Misiones, Sonia Romina Niezwida, Juan Carlos Michalus, Graciela Beatriz Gavazzo, plantean el trabajo “Alternativas para la localización de estaciones de clasificación de residuos sólidos urbanos en la provincia de Misiones”. Donde evaluaron las alternativas para la localización de estaciones de clasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la provincia de Misiones, a partir de la cantidad de habitantes de cada departamento como variable principal. Posteriormente determinaron las posibles localizaciones a través de k-means, elaboraron criterios para evaluar las mismas y aplicaron los métodos de factores ponderados y el proceso de jerarquización analítica (AHP) para su clasificación. El departamento

capital resultó ser la mejor opción y se estableció un orden de prioridad para las otras propuestas. Finalmente, de la Facultad Regional Trenque Lauquen de la Universidad Tecnológica Nacional, Carlos Eduardo Marcos, Fernanda Martínez Micakoski, Adhemar Enrietti y Emanuel Arqué, exponen un estudio llamado "Propuesta de ruta de recolección de residuos sólidos urbanos en una zona de la ciudad de Trenque Lauquen mediante el uso de herramientas libres y gratuitas". El objetivo fue optimizar el recorrido que realiza el camión recolector de residuos sólidos urbanos en una zona de la ciudad de Trenque Lauquen. Para ello se utilizaron herramientas de código abierto, como Open Street Map y R, se trabajó con el algoritmo del cartero chino. Si bien se pudo minimizar la distancia total recorrida, en la práctica se deben incluir otros aspectos como por ejemplo la reducción en la cantidad de giros, para evitar el desgaste que se produce en los camiones.

El diseño de la distribución en planta motivó la presentación de 3 trabajos:

Jorge Paucar Luna, Katherine Santiago Vidal, Airthon Raúl Malaca Valencia, Anahí Antuanette Valladares Reyes Inca y Walter Andia Valencia de Facultad de Ingeniería Industrial Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú, proponen un modelo de distribución en planta para la elaboración Pisco de forma artesanal con estándares de calidad e inocuidad que la normatividad peruana y el mercado internacional exigen. Como parte de las herramientas del modelo se utilizó el diagrama de Muther a fin de establecer la relación entre procesos y actividades. Desarrollan un plano 2D y otro 3D de la propuesta. De la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata se acercan dos propuestas de Distribución en Planta, ambas para el sector de servicios. Por un lado, Agostina Real, Daniela Synek y Claudia Zárate presentan el rediseño del almacén de una importante PyME de venta de electrodomésticos de la ciudad que debe suministrar productos a las 11 sucursales que posee. El nuevo almacén posee una capacidad superior al actual con una superficie de 32,9 % menor. Por otra parte, Eugenia Leone, Claudia Zárate y Mariela Ambrústolo presentan el diseño del salón de ventas de un supermercado "cero desperdicio". Los supermercados "cero desperdicio" surgen como alternativa para mitigar el impacto generado por los plásticos de un solo uso que producen millones de toneladas de desechos al año. También proponen un canal de venta online, aspecto tenido en cuenta en el diseño de la instalación. Resaltan los beneficios de la minimización de aspectos e impactos ambientales. En ambos casos, en el rediseño del almacén y el del salón de ventas del supermercado, se aplica la metodología de diseño de instalaciones de manufactura adaptada a procesos de servicios, relacionando la demanda de artículos con el espacio requerido.

La temática de los procesos se manifiesta a través de 2 trabajos:

De la Universidad Nacional de Salta, Martin Thames Cantolla, Silvana Karina Valdez y Agustina Orce Schwarz, presentan el trabajo "Modelado del proceso de obtención de carbonato de litio a partir de salmueras del NOA mediante redes neuronales artificiales. Factores influyentes". El objetivo fue analizar y determinar la influencia de las variables intervinientes. Para ello se realizó una simulación de un proceso típico, para la obtención de Li2CO3, se utilizó el simulador Aspen Plus v11. Los datos obtenidos se modelaron con redes neuronales artificiales a través del software MATLAB. El modelo obtenido mostró la influencia de los parámetros principales del proceso y el grado de interacción entre ellos y permitió a partir de valores de entrada predecir el rendimiento. Por otro lado, Marcos Gabriel Estapé, Nancy Alves, Julieta Migliavacca y Benjamín Miguel Molina Apud de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán presentaron "Determinación del parámetro OEE en líneas de producción de una fábrica de levadura". El trabajo surge de una PPS en la principal productora de levadura del país en la que se calcula y mide el OEE para las líneas de producción de Levadura Prensada Familiar, Levadura Prensada Industrial y Levadura Seca. La incorporación del cálculo del OEE permitió una detección rápida de cualquier inconveniente que pueda estar ocasionando un bajo rendimiento en la línea y la verificación del correcto funcionamiento del sistema

Abordando la gestión de inventarios, se presentaron 2 trabajos:

Desde México proviene el aporte de Francisco Javier León-Moreno, Rafael Hernández-León, Jesús Martín Cadena-Badilla y Joaquín Vásquez Quiroga del Departamento de Física, Matemáticas e Ingeniería de la Universidad de Sonora titulado "Aplicando el enfoque sistémico en el diseño de un prototipo de una aplicación móvil para registro y conteo de artículos en la gestión de inventarios". Proponen la aplicación de la metodología de análisis y diseño de sistemas (ADS) dentro del marco del enfoque sistémico de la teoría general de sistemas (TGS), manteniendo en forma consensuada un enfoque multi e interdisciplinario que involucre todas las áreas de influencia tanto de recursos humanos, como conocimiento en aplicación de la tecnología informática, diseño de procesos, así

como evaluación de alternativas que brinden la mejor solución. Aplicado en un estudio de caso en una PYME del sector comercio se concluye que la aplicación del enfoque sistémico brinda un ambiente propicio de colaboración entre las áreas involucradas de diferentes disciplinas logrando obtener mejores resultados en la implementación de las TIC. La Facultad de Ingeniería de Universidad de Palermo, a través de Juan Francisco Pavese y Gastón Matías Golini presenta "Mejora en la gestión de inventarios y distribución de planta para empresa de producción tipo batch". En el mismo se exponen los resultados de una práctica realizada en una PyME en la cual relevaron los procesos, los simularon y diseñaron una planilla para una eficiente gestión de inventarios. También proponen mejoras en seguridad e higiene en el trabajo

Los aportes de la investigación para la planificación de la producción provienen de dos trabajos:

Por un lado, de Ignacio Daniel Boloquy y Adolfo Eduardo Onaine, que pertenecen a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata, en su trabajo "Aplicación de Plan Maestro de Producción en empresa de producción de alimentos". El trabajo plantea el abordaje de un Plan Maestro de producción para una empresa del rubro alimenticio localizada en la Provincia de Buenos Aires. El Plan Maestro es desarrollado en una planilla de cálculo automatizada por macros y funciones debido a que la empresa no cuenta con un Enterprise Resource Planning, y resulta la herramienta más accesible para todas las partes involucradas. Por el otro, "Una metaheurística biobjetivo para el problema de secuenciación de trabajos repetitivos en una configuración productiva flowshop heijunka" es presentado por Valentina Zalba y Adrián Andrés Toncovich, pertenecientes al Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina. En este trabajo se abordó el problema de secuenciación en un ambiente flowshop, teniendo en cuenta demandas no unitarias para los trabajos, buscando minimizar el tiempo total de finalización de todos los trabajos a la vez que se persigue mantener una mezcla de producción adecuada a lo largo de la secuencia. A través del enfoque de solución adoptado, aplicado al caso de estudio analizado, se pueden seleccionar secuencias que representen un compromiso adecuado entre los tiempos de suministro de producción y el establecimiento de un flujo uniforme de trabajo en la instalación. Cabe destacar que este trabajo fue merecedor del premio al "Mejor Trabajo del COINI 2023", galardón otorgado por el Comité Académico del encuentro.

La cadena de suministros también recibió el aporte de dos trabajos:

Ortiz González, Yenith Cristina presenta "Diseño de una cadena de suministro de ciclo cerrado para una plaza de mercado". El trabajo tiene como objetivo general diseñar una cadena de suministros de ciclo cerrado para la plaza de mercado del municipio de Facatativá, y objetivos específicos son dos elaborar un diagnóstico de los procesos actuales y los actores que intervienen en la red de valor de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Analiza los impactos económicos y sociales de su implementación. Desde la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires Daniela Arriolou propone el trabajo "¿Cómo ayudamos al medio ambiente desde la cadena de suministro?". Dicho estudio surge de una beca de estímulo a las vocaciones científicas 2021 otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional (CIN). Se utilizó un diseño descriptivo de una empresa dedicada a la construcción y metalúrgica de Olavarría, se determinaron las prácticas logísticas que aportan integración a la cadena de suministro de manera sustentable en la construcción modular en seco. Se evalúo el proceso desde el pedido hasta la entrega del mismo a partir de la relación con proveedores, compras, almacenamiento y proceso de construcción modular, donde en cada etapa se identificaron acciones sustentables que potencian la integración de toda la cadena. Para este caso particular se concluyó que la cadena se encuentra en niveles de integración medios.

Finalmente, de la Facultades de Ingenierías de la Universidad de Córdoba, Colombia, proponen 2 trabajos vinculados a curva de aprendizaje:

Luis Alfonso Garzón Aguirre, María José Fernández Miranda, Hernando Hernández Reyes y Amelia Margarita Corrales Buelvas, de la Universidad de Córdoba de Colombia proponen el trabajo "Las curvas de experiencia como contenido macro de las curvas de aprendizaje, los tiempos de proceso y la aplicación de prueba de hipótesis en la planeación empresarial". El presente estudio nace de la premisa "Para competir eficientemente es indispensable acumular experiencia" por lo cual, aborda la conceptualización y el modelo matemático de la curva de experiencia. El objetivo es explicar porque en las mismas condiciones de mercado y dificultad, para algunas empresas llegar tarde al mercado carece de importancia cuando se dispone de la estrategia competitiva referente a la aplicación de la curva de experiencia. Por otra parte, Garzon Aguirre, Luis Alfonso, Hernández Reyes, Hernando, Fernández Miranda, María José Corrales Buelvas y Amelia Margarita proponen

utilizar los estudios de tiempos y movimientos, más allá del solo cálculo del tiempo estándar, es decir, la utilización de los estudios de las curvas de aprendizaje como herramienta de diagnóstico y mejora del proceso. La investigación alienta a cerrar la brecha entre la academia, las empresas y el ser humano.

Mejora en la gestión de inventarios y distribución de planta para empresa de producción tipo batch

Pavese, Juan Francisco; Golini, Gastón Matías
Universidad de Palermo, Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina.
pavese.juan@gmail.com

RESUMEN
La empresa se contactó con el equipo para solventar ineficiencias en la gestión de inventarios y distribución de la planta. En la primera instancia el equipo se acercó a la planta matriz para conocer el grado del problema y diagnosticar cuáles eran los núcleos a atacar para resolver el problema.
Debido a un fenómeno habitual en pymes productoras de artículos de consumo masivo, en donde por un alza de mercado, se levanta excesivamente la producción y se abandona o presta poca atención a otros campos de la organización; tales como, orden, seguridad y espacio. Generando así un exceso de producto almacenado, tanto en estado intermedio como de producto final (en este caso, la materia prima, no era una problemática, ya que contaba con un sistema semiautomático, en un espacio aislado al resto de la planta.
Finalmente, el proyecto fue aceptado por el equipo, se realizarían en el plazo de 2 meses:

- Relevamiento completo de la planta matriz y la planta secundaria más aledaña a la misma
- Cálculos de producción, ingreso y egreso de mercadería.
- Simulación de procesos y flujo en la planta.
- Centralización de toda la información en forma de planilla automatizada, para una más eficiente gestión de inventarios.
- Recomendaciones en conceptos de seguridad e higiene.

Una vez realizadas estas tareas, se propondrían una serie de alternativas, con distintas características, para solventar el inconveniente.

Palabras Claves: Pyme, Flujo, Batch, Seguridad, Relevamiento.

ABSTRACT
The company contacted the team to solve inefficiencies in inventory management and plant distribution. In the first instance, the team approached the main plant to find out the degree of the problem and diagnose which cores to attack to solve the problem.
Due to a common phenomenon in Pymes that produce mass consumption items, where due to a rise in their sales, production is raised excessively and other fields of the organization are abandoned or given little attention; such as, order, security and space. Thus, generating an excess of stored product, both in the intermediate stage and as a final product (in this case, the raw material) was not a problem, since it had a semi-automatic system, in a space isolated from the rest of the plant.
Finally, the project was accepted by the team, they would be carried out within 2 months:

- • Complete survey of the parent plant and the secondary plant closest to it
- • Calculations of production, entry and exit of merchandise.
- • Simulation of processes and flow in the plant.
- • Centralization of all the information in the form of an automated spreadsheet, for a more efficient inventory management.
- • Recommendations on safety and hygiene concepts.

Once these tasks were completed, a series of alternatives would be proposed, with different characteristics, to solve the problem.

Keywords: Pyme, Flow, Batch, Safety, Survey

1. INTRODUCCIÓN

Para el análisis de las alternativas, partiendo del plano actual de planta, en base a lo entregado en el primer informe entregado, se optaron por estudiar 3 alternativas de redistribución de LayOut de planta.

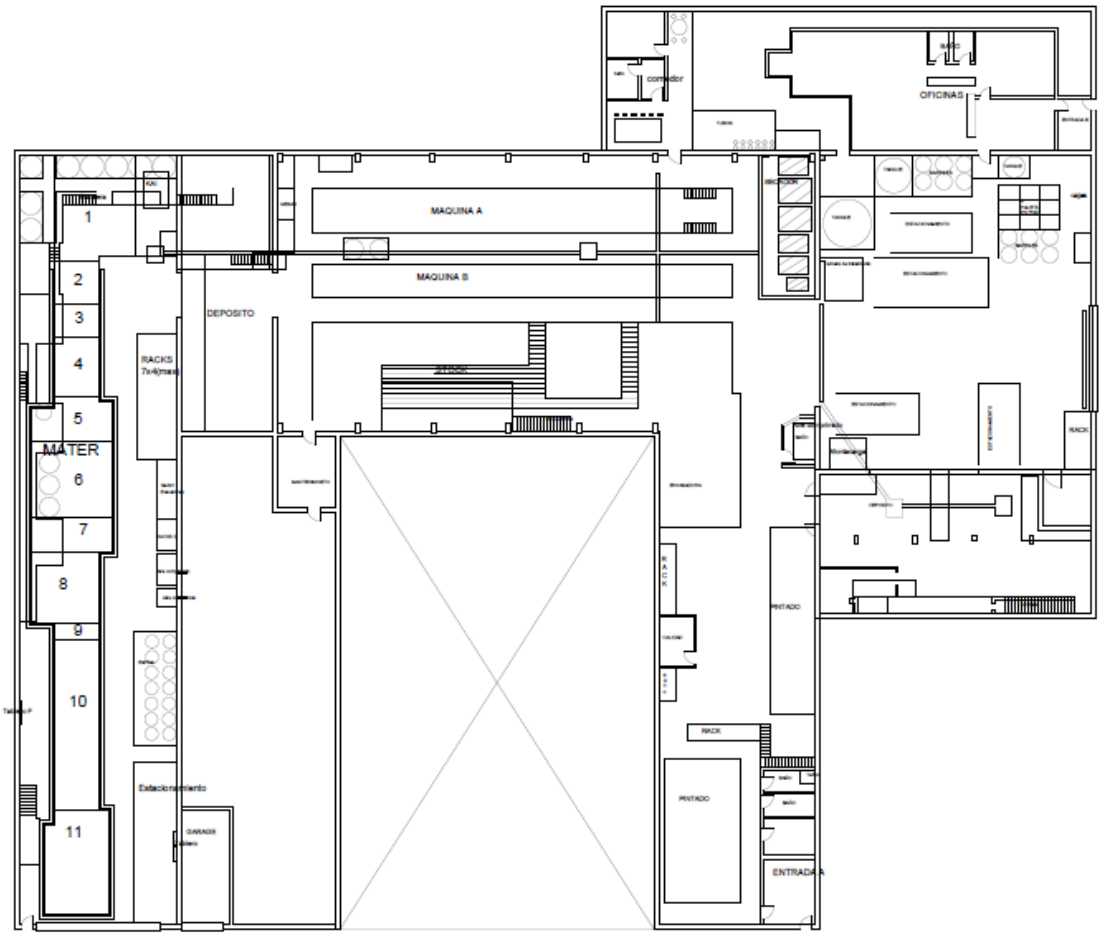


Figura 1: Plano planta

Explicada cada una a grandes rasgos, la primera alternativa se basa en realizar un entrepiso sobre la “Mater”, en donde se dispondrá impresión (2A) y deposito intermedio de productos. Algo importante a tomar en cuenta que se debe realizar una ampliación del galpón, al lado del pañol, para que puede llevarse productos a este entrepiso sin interrumpir el flujo.

La segunda y tercera alternativa de trabajo, sigue la misma premisa de mejora, que es poner un entrepiso donde actualmente es la zona de depósito, siguiendo con una L hacia el centro de la planta. Cabe destacar que, para las tres alternativas, todo el depósito y expedición estaría donde actualmente se encuentra la zona de envasado y pintado.

Estas 2 últimas alternativas tienen que ser validadas por profesionales idóneos y certificados en Seguridad & Higiene, ya que las temperaturas y atmosfera gaseosa deberá ser tomada en cuenta. Deberá tomarse muestreo de temperaturas y concentración de gases por un profesional certificados antes de tomar cualquier tipo de decisión sobre esta alternativa.

Asimismo, notamos que, desde el punto de vista tiempos y distancias dentro de la fábrica, es **la primera alternativa la más conveniente.**

Debe tomarse en cuenta que los tiempos de actividad son similares para cada una de las alternativas, ya que tomamos como premisa no modificar la estructura de flujo de actividades, por lo tanto, nos concentraremos en logística interna e interferencias dentro de la fábrica. Otro dato a tener en cuenta que, si bien nos basamos en tecnología ya probada, a las mismas las suponemos con una eficiencia del 80%, si bien en el presente informe no incluimos el tema de Mantenimiento preventivo y predictivo de equipos, recomendamos como actividad critica la implementación de un programa de estas características.

2 Modalidad de análisis de las alternativas

La modalidad el estudio de alternativas, serán bajo 4 premisas:

- Estudio de métodos y tiempos en base a relevamientos de ingeniería.
- Programación y corrida de alternativas 3 alternativas (y diagramado original) en programa Flexsim. Si bien los resultados que arroja el programa no son determinantes, sirven como herramientas de análisis a la hora de calcular el movimiento del personal dentro de la fábrica.
- Consideraciones en base a facilidad de modificación edilicia y de procesos.
- No se analizará factibilidad tecnológica, solo métodos, tiempos y logística interna.

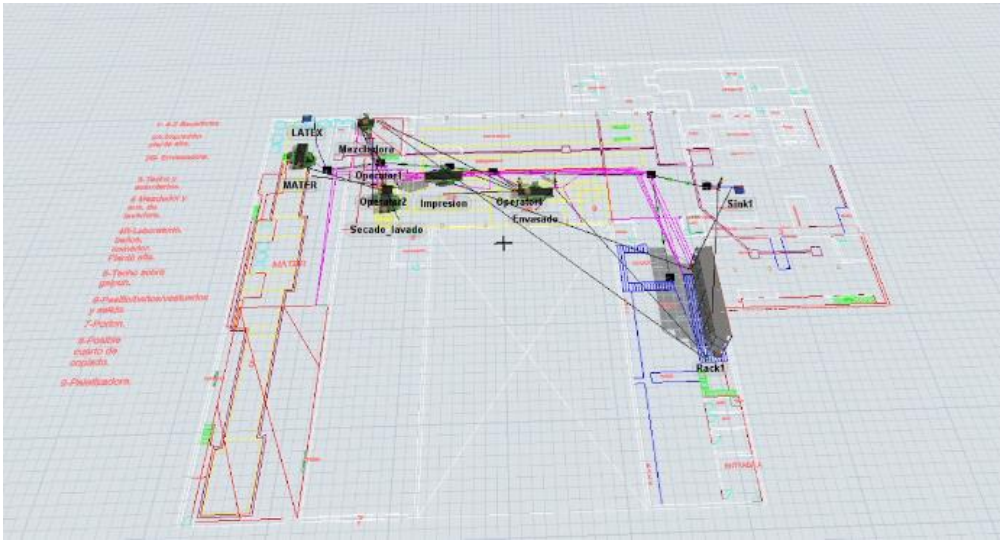


Figura 2: Análisis en Flexsim de Interferencias en alternativa 2

En los planos de las alternativas se marca también los flujos internos de mercadería que hay dentro de la planta, si bien puede parecer confuso, los mismos ya son computados en los datos finales a presentar más adelante en el informe, y evidencia en el plano cuales son las áreas de mayor tránsito, como se evidencia en las alternativas de 2 y 3 (entrepisos).

Este análisis nos lleva no solo a recomendar un Lay Out determinado en base a las premisas de estudios, sino a recomendar un nuevo paradigma en las operaciones de logística interna dentro de la fábrica, porque como se trabaja en Lote, debe tomarse en cuenta este proceso desde una óptica determinada y particular integrando procesos, recursos y organización.

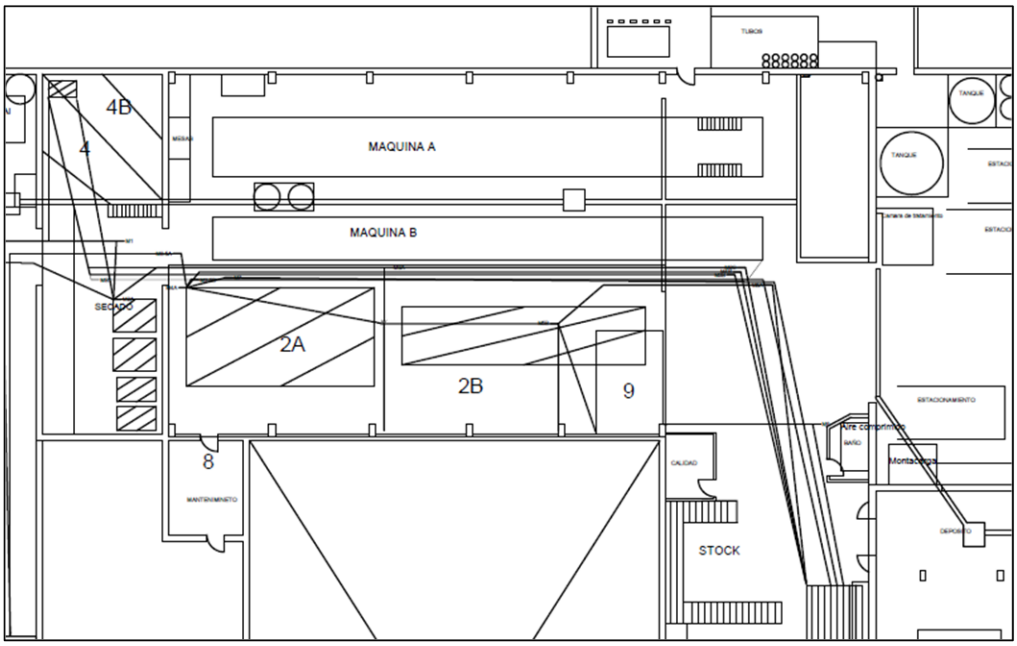


Figura 3: Interferencias en alternativa 2

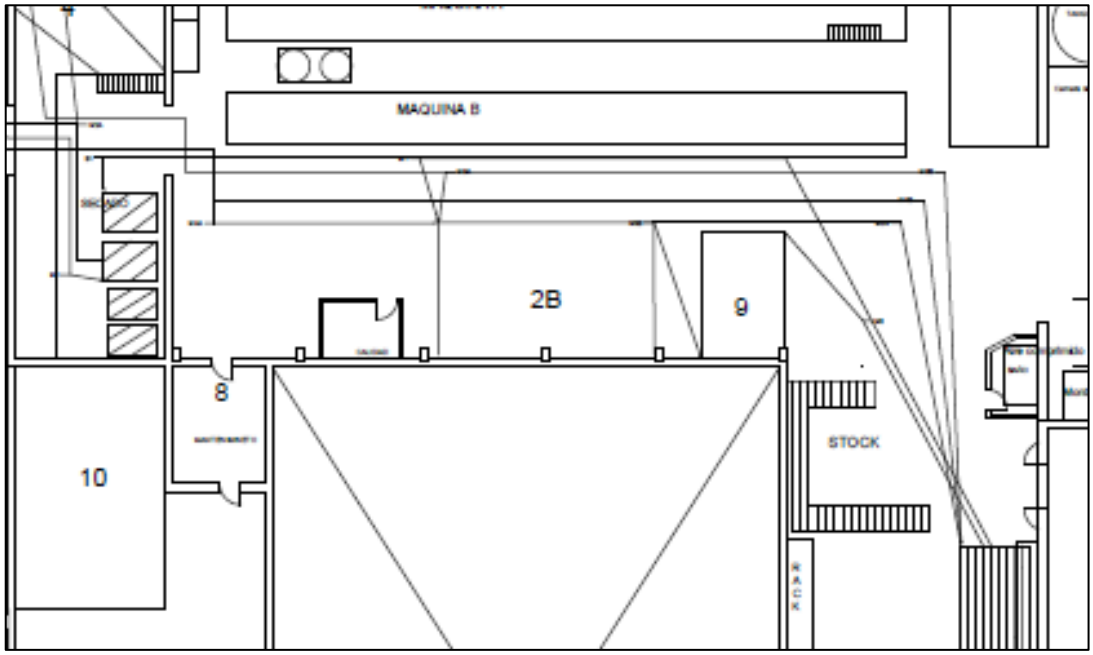


Figura 4: Interferencias en alternativa 1

Si bien se puede recomendar que se sigan implementando soluciones en base a un Software, es un factor crítico de éxito para estas implementaciones un Lay Out ordenado para poder implementar metodologías de impacto visual significativo comprobado, como ser Kaizen, Método Toyota o Kanban; pero no desde el punto de vista teórico, sino desde la implementación práctica de algunas de las metodologías que desarrollan estos sistemas, como identificación por colores en base a requerimientos o matrices de decisión para cálculo de camino crítico. Ambas prácticas son fácilmente implementables en la fábrica.

2.1. Cuantificación de alternativas

2.1.1 Alternativa 1

Introducción: El cuadro de MATER y MAQUINA B, hacen referencia a las distancias en metros que recorre el producto intermedio a lo largo de su evolución en la planta. **Esta es la alternativa recomienda ya que es la que menor tránsito, movimiento y tiempo de proceso se emplea.**

Consideran no solo el camino de la materia hasta los racks de stock, sino que también a la misma post expedición.

Para este estudio se considera el volumen de producto interno como constante, ya que solo se busca interpretar la distancia y la practicidad del recorrido en planta.

Aspectos importantes:

- Los trazados son dibujados en CAD y simulados en Flexsim, incluyen ciertos traslados que pueden ocurrir con menos frecuencia que otros, pero que son posibles.

- Nótese que los cuadros MATER y MAQUINA B, difieren solo en el primer traslado, esto es debido a la unificación (en logística) del producto interno a partir del proceso de Lavado/Secado.

Referencias:

- "Nombre": Codificación del camino directamente relacionada en el plano.
- "Estado": Referencia a la condición del producto intermedio en el momento de cada traslado.
- "Desde/Hasta": Referencia el input y output de cada traslado.
- "Distancia": Referencia a la distancia en metros del traslado.
- "P y NP": Materia pintada y no pintada.

*Las distancias están calculadas tal y como se ve en el CAD, podrían tener una cierta varianza si se estableciera un orden de recorrido en la planta (por ejemplo, carriles pintados en el piso).

DISTANCIA TOTAL FLUJO: MATER Y MAQUINA B: 671,22 METROS

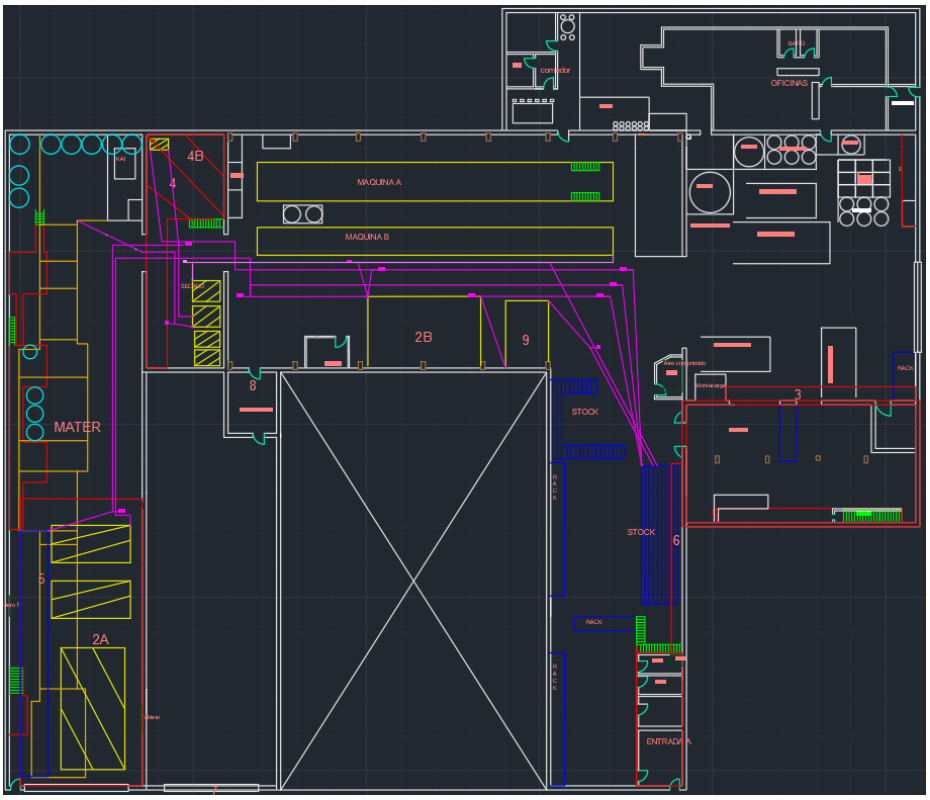


Figura 5: Flujo de movimiento en alternativa 1

2.1.2 Alternativa 2

Introducción: El cuadro de MATER y MAQUINA B, hacen referencia a las distancias en metros que recorre el producto intermedio a lo largo de su evolución en la planta.

Consideran no solo el camino de la materia hasta los racks de stock, sino que también a la misma post expedición.

Para este estudio se considera el volumen de producto interno como constante, ya que solo se busca interpretar la distancia y la practicidad del recorrido en planta.

Aspectos importantes:

- Los trazados son dibujados en CAD y simulados en Flexsim, incluyen ciertos traslados que pueden ocurrir con menos frecuencia que otros, pero que son posibles.

- Nótese que los cuadros MATER y MAQUINA B, difieren solo en el primer traslado, esto es debido a la unificación (en logística) del producto interno a partir del proceso de Lavado/Secado.

Referencias:

- "Nombre": Codificación del camino directamente relacionada en el plano.
- "Estado": Referencia a la condición del producto intermedio en el momento de cada traslado.
- "Desde/Hasta": Referencia el input y output de cada traslado.
- "Distancia": Referencia a la distancia en metros del traslado.
- "P y NP": Materia pintada y no pintada.

*Las distancias están calculadas tal y como se ve en el CAD, podrían tener una cierta varianza si se estableciera un orden de recorrido en la planta (por ejemplo, carriles pintados en el piso).

DISTANCIA TOTAL FLUJO: MATER Y MAQUINA B: 806,4 METROS

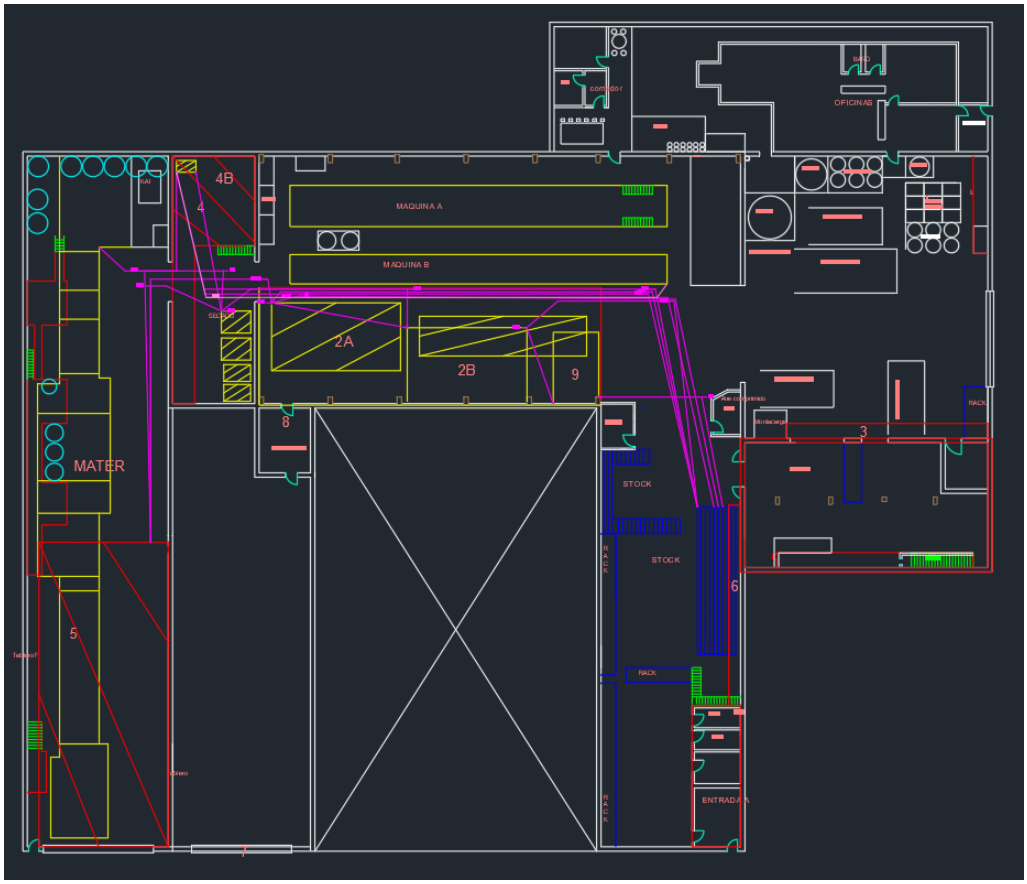


Figura 6: Flujo de movimiento en alternativa 2

2.1.3 Alternativa 3

Introducción: El cuadro de MATER y MAQUINA B, hacen referencia a las distancias en metros que recorre el producto intermedio a lo largo de su evolución en la planta.

Consideran no solo el camino de la materia hasta los racks de stock, sino que también a la misma post expedición.

Para este estudio se considera el volumen de producto interno como constante, ya que solo se busca interpretar la distancia y la practicidad del recorrido en planta.

Aspectos importantes:

- Los trazados son dibujados en CAD y simulados en Flexsim, incluyen ciertos traslados que pueden ocurrir con menos frecuencia que otros, pero que son posibles.

- Nótese que los cuadros MATER y MAQUINA B, difieren solo en el primer traslado, esto es debido a la unificación (en logística) del producto interno a partir del proceso de Lavado/Secado.

Referencias:

- "Nombre": Codificación del camino directamente relacionada en el plano.
- "Estado": Referencia a la condición del producto intermedio en el momento de cada traslado.
- "Desde/Hasta": Referencia el input y output de cada traslado.
- "Distancia": Referencia a la distancia en metros del traslado.
- "P y NP": Materia pintada y no pintada.

*Las distancias están calculadas tal y como se ve en el CAD, podrían tener una cierta varianza si se estableciera un orden de recorrido en la planta (por ejemplo, carriles pintados en el piso).

DISTANCIA TOTAL FLUJO: MATER Y MAQUINA B: 806,4 METROS

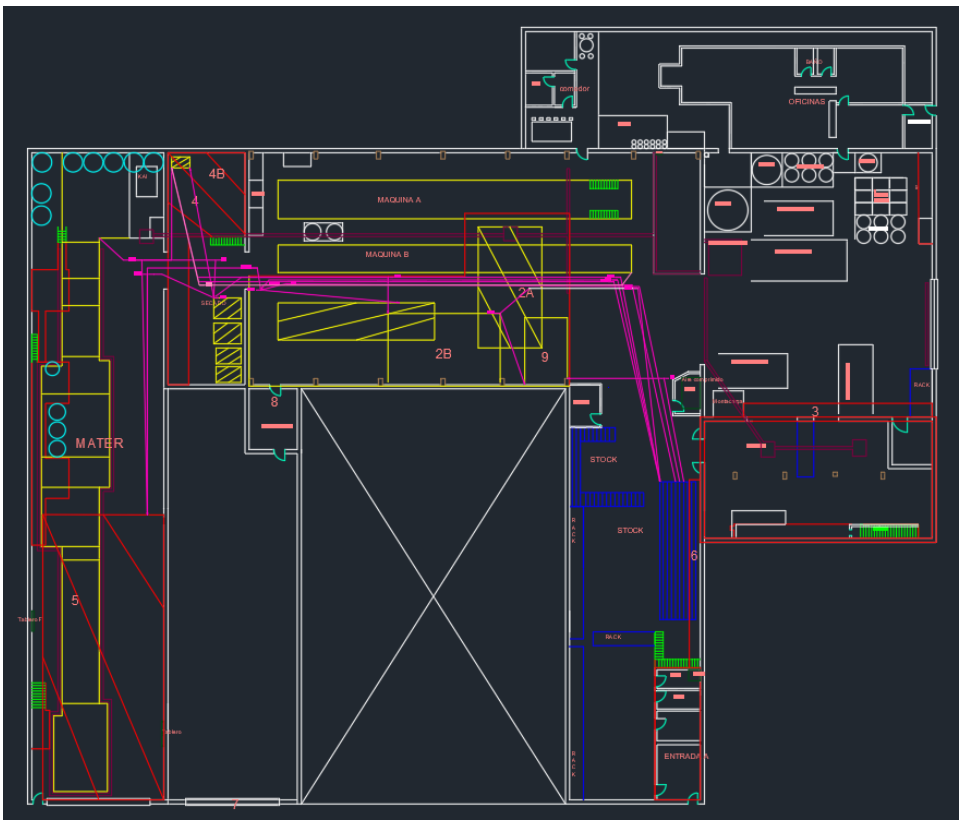


Figura 7: Flujo de movimiento en alternativa 3

3 RECOMENDACIONES Y MEJORAS

- Mala disposición de maquinarias lo que hace que se produzca desorden, mal aprovechamiento de tiempos, caminatas largas. Se recomienda alternativas de redistribución de las mismas, de nuestra parte recomendamos la **Alternativa 1.**
- Notamos que en algunos momentos se realizaba la inspección al 100% del lote y una vez se realizaba el sacado/lavado, esto lleva mucho tiempo y se puede reemplazar por una inspección de muestreo en el cual se controle solo una porción del lote, se recomienda la implementación de un sistema de gestión de la calidad basado en muestreos.
- Ruido excesivo en zonas donde no todo el personal contaba con protección auditiva.
- Mal aprovechamiento de espacios, como puede ser la Maquina A que se encuentra en desuso, zona del patio ocupado por hojalatería, camioneta estacionada en zona de Mater sin funcionar.
- Movimientos peligrosos del clark por lugares donde operarios transitaban al mismo tiempo que se operaba este. Se recomendaría tomar más precaución como puede ser señalización la zona en la que este va a operar para que el resto de operario no se cruce, desarrollado en el apartado a continuación.
- Falta de iluminación en algunas zonas de la fábrica. Un simple estudio lumínico nos dio las zonas de tránsito por debajo de lo establecido por normativa (IRAM-AADL J 20-06), desarrollado en el apartado a continuación.

3.1 Conflictos observados

Deficiencia en la logística interna (personal) y (auto elevador)

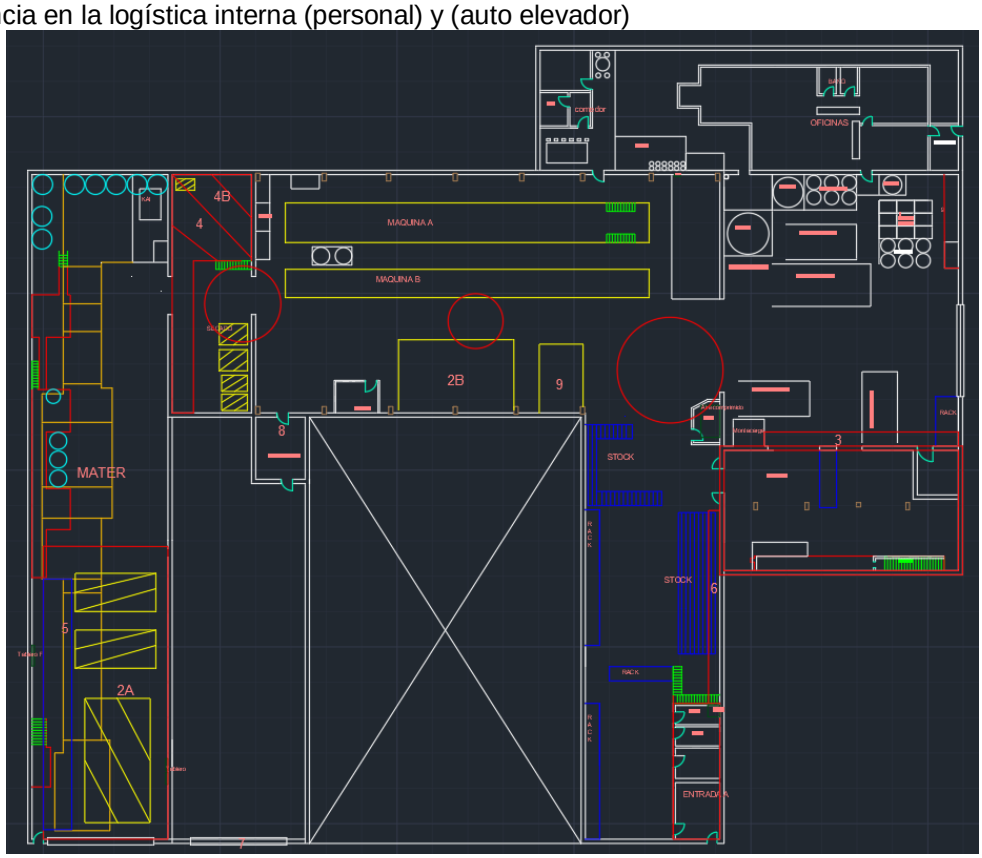


Figura 8: Deficiencia en la logística interna

Personal: Mas allá de la reorganización del Layout, aconsejamos la utilización de carriles de circulación pintados en el piso de la planta, para prevenir entorpecimientos en los traslados, lo cual es recurrente en la planta y que se incrementa en ciertos **espacios críticos (Indicados con círculos en la figura anterior).**

Auto elevador: Otro conflicto en la logística interna se aprecia cuando el auto elevador debe recorrer largas distancias o realizar maniobras para carga y descarga en espacios donde hay una gran

circulación de personal. Esto entorpece y hace insegura su operación. Particularmente los días de carga de pedidos mayoristas (**círculo rojo a la derecha**) esto se incrementa.

Aconsejamos trazar carriles específicos para el auto elevador (considerando las maniobras habituales y necesarias), además de aislar su recorrido respecto de la circulación de personal, por ejemplo, teniendo un camino alternativo para el personal en los momentos de carga.

3.2 Deficiencia en la iluminación

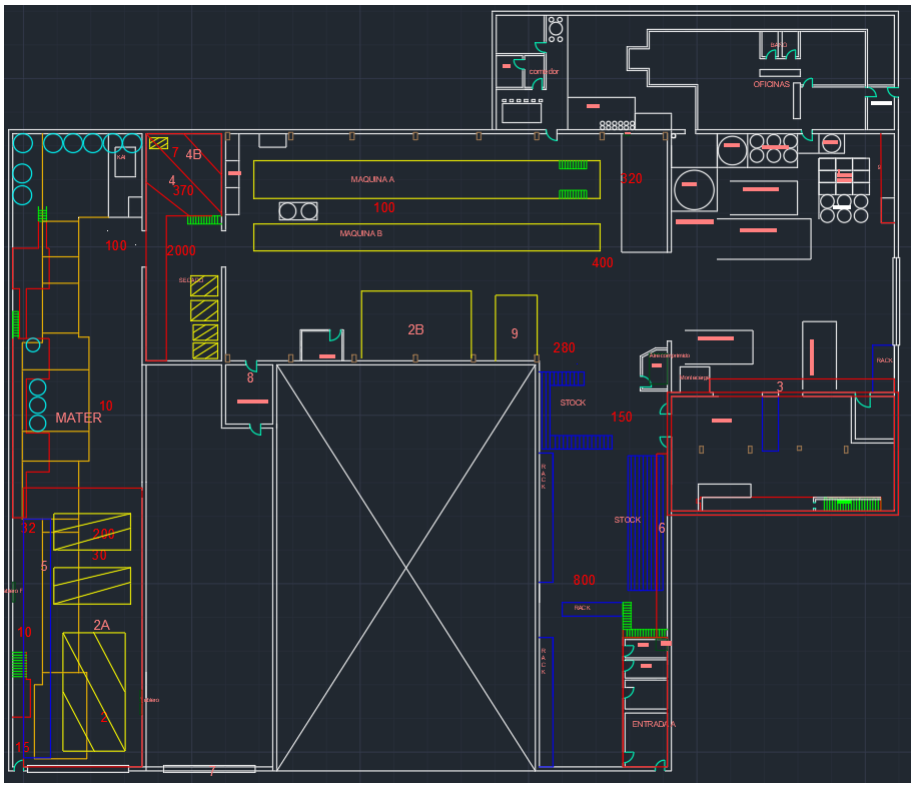


Figura 9: (medidas de lux) – Horario de medición 15:00 hs

En ciertas áreas de la planta hay deficiencias en la iluminación, lo cual tienen un impacto en el rendimiento, calidad y seguridad de los procesos afectados.

Valores requeridos legalmente Según Anexo IV Dec. 351/79

- Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes. (100 – 300 lux)
- Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos (300 – 750 lux)

Apartado industria química

- Escaleras y pasarelas 200 lux
- Expedición de mercaderías 300 lux
- Mezcla de pinturas 600 lux

Alta exposición a carga sonora

1. En el área de la eyección de los productos de Mater (aprox. 97 dB)
2. En el área de pintado (aprox. 94 dB)

Notamos personal sin protección auditiva en estas zonas, por lo que me parece sensato tener un mayor control en este aspecto, así mismo como también en el factor de tiempo de exposición (independientemente de la protección)

4 CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN

Se desarrollaron formulas específicas para cada maquinaria, considerando:

- Tiempos
- Rendimientos
- Disposición de moldes

$$\frac{3600\ s}{x_1} * x_2 * x_3 \quad \mathbf{P} \quad lobos\ diarios\ tamaño\ [X"]$$

$$x_1: Secuencia\ [s]$$
$$x_2: Turnos\ [h]$$
$$x_3: Moldes\ X"\ [q]$$
$$R: Rendimiento$$

$$x_1 * x_2 * x_3 * 1440\ min = \quad \mathbf{P} \quad diarios\ tamaño\ [X"]$$

$$x_1 = \frac{1}{\frac{\left(\frac{Moldes}{Densidad\ de\ moldes}\right)}{Velocidad}} = RPM$$

$$x_2 = Moldes\ X"\ totales\ o\ por\ lado\ (afecta\ el\ resultado)\ [q]$$

$$x_3 = Rendimiento\ [r]\ total\ o\ por\ lado\ (afecta\ el\ resultado)$$

---

5 CONCLUSIONES.

Retomando los objetivos principales del proyecto abracado, constaba solventar la ineficiencia de inventarios y distribución de planta, siendo el resto de trabajos realizados objetivos de carácter secundario, el estudio indico:

La alternativa 1, es la más eficaz debido a que presenta una reducción de distancia de flujo productivo de un 23,8%, valor al cual se llegó mediante extensivas simulaciones de personal en planta. No obstante, esta mejoría, requerirá del trazado de carriles de circulación, para evitar congestión en las áreas más concurridas de la planta.

Sea cual fuere la alternativa seleccionada, el análisis remarcó la importancia de los aspectos de seguridad e higiene de iluminación y presión sonora, aspectos que tienen que ser abarcados con igual o mayor importancia que la productividad y eficiencia de la alternativa definida.

APLICANDO EL ENFOQUE SISTEMICO EN EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UNA APLICACIÓN MOVIL PARA REGISTRO Y CONTEO DE ARTICULOS EN LA GESTION DE INVENTARIOS.

León-Moreno Francisco Javier [1], Hernández-León Rafael [2], Cadena-Badilla Jesús Martín [3], Vásquez Quiroga Joaquín[4]

[1] *Departamento de FMI. Universidad de Sonora.*

javier.leon@unison.mx rafael.hernandez@unison.mx mcadena@guaymas.uson.mx

joaquin.vasquez@unison.mx

RESUMEN

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) influyen directamente sobre el mejoramiento continuo de los procesos de negocio, por lo que su implementación debe ser analizada y evaluada en un amplio contexto para lograr obtener el mejor aprovechamiento. Por tal motivo, es necesario aplicar una metodología que sostenga un enfoque integral sobre el panorama global de cualquier problemática organizacional. El objetivo de este trabajo de investigación, es proponer la aplicación de la metodología de análisis y diseño de sistemas (ADS) dentro del marco del enfoque sistémico de la teoría general de sistemas (TGS), manteniendo en forma consensuada un enfoque multi e interdisciplinario que involucre todas las áreas de influencia tanto de recursos humanos, como conocimiento en aplicación de la tecnología informática, diseño de procesos, así como evaluación de alternativas que brinden la mejor solución. La metodología propuesta ADS se aplicó en un estudio de caso en una PYME del sector comercio, con el fin de diseñar un prototipo para una aplicación móvil como apoyo en la gestión de inventarios, con la cual se realiza el registro del conteo y la ubicación de artículos dentro de la administración del almacén. Con el desarrollo de este trabajo, se concluye que la aplicación del enfoque sistémico brinda un ambiente propicio de colaboración entre las áreas involucradas de diferentes disciplinas logrando obtener mejores resultados en la implementación de las TIC.

Palabras Claves: TIC, Enfoque sistémico, Aplicación móvil, Inventario.

ABSTRACT

Information and Communication Technologies (ICT) directly influence the continuous improvement of business processes, so their implementation must be analyzed and evaluated in a broad context in order to obtain the best use. For this reason, it is necessary to apply a methodology that supports a comprehensive approach to the global panorama of any organizational problem. The objective of this research work is to propose the application of the analysis and design of systems (ADS) methodology within the framework of the systemic approach of the general theory of systems (TGS), maintaining in a consensual way a multi and interdisciplinary approach that involve all areas of influence, both human resources and knowledge in the application of computer technology, process design, as well as evaluation of alternatives that provide the best solution. The proposed ADS methodology was applied in a case study in an SME in the commerce sector, in order to design a prototype for a mobile application to support inventory management, with which the counting and location of goods are recorded. items within warehouse management. With the development of this work, it is concluded that the application of the systemic approach provides a favorable environment for collaboration between the areas involved from different disciplines, achieving better results in the implementation of ICT.

Keywords: ICT, Systemic Approach, Mobile Application, Inventory.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

Para el desarrollo de los procesos de negocio de una organización, es necesario tener el conocimiento del saber cómo, así como también comprender el porqué del diseño de los procesos. Esto implica poner en práctica un nivel de pensamiento, que incluya elementos que permitan pensar los procesos de negocio de manera innovadora, diferente y sistémica. El enfoque sistémico, integra una nueva forma de ver los procesos y presenta perspectivas integradoras para la solución de problemas y la estructuración de procesos de valor [1]. El enfoque sistémico, también llamado pensamiento sistémico, se define como la capacidad de comprender las relaciones entre los diversos componentes de un sistema organizacional que obtiene resultados en base a la ejecución de ciertos procesos interrelacionados [2]. En el contexto de la organización empresarial, el enfoque sistémico la redefine a partir de los cambios que se presentan en la actualidad, en aspectos como tecnología de la información y la comunicación (TIC) y en mercados globales, en aplicación del conocimiento, la innovación y el aprendizaje organizacional. La organización empresarial se enmarca como un sistema que intercambia energía, materia, información y todo tipo de recursos, con sus relaciones de entradas (insumos), salidas (productos o servicios) y retroalimentación, con el fin de propiciar condiciones para crear nuevos sistemas o para modificar los sistemas existentes [3]. Como referente a las PYMES mexicanas y su relación con las aplicaciones informáticas, se ha encontrado que la mayoría de las PYMES no están aprovechando al máximo el potencial de las TIC [4], por lo tanto, se debe recalcar que la mera aplicación de las TIC en los procesos productivos no produce una mejora de la productividad, ya que se debe considerar dos aspectos principales que fomentan la productividad en las empresas: en primer lugar, la inversión en TIC, y segundo, la inversión en el factor humano. Esto pone de manifiesto la necesidad de una metodología de análisis y diseño de sistemas (ADS) que considere un enfoque sistémico integrador, que contemple al mismo tiempo decisiones con respecto a la tecnología, el desarrollo de aplicaciones de software, así como las habilidades del personal en relación con las TIC, con el fin de lograr un uso adecuado de los recursos orientados a los procesos de negocio [5]. Estableciendo como marco de referencia las PYMES del sector comercio, se tiene que dentro de los diversos procesos de negocios que se realizan se encuentra la gestión del inventario. Se definen los inventarios de una empresa como las compras de artículos en condiciones para la venta. Los inventarios de mercancía se encuentran en los negocios que tienen ventas al por mayor y al detalle [6]. Otra definición de inventario es la brindada por Chase (2009) que define inventario a las unidades de un bien como la materia prima, producto en proceso y producto terminado de la organización, y se encuentran disponibles para su uso en el almacén o en la planta de producción [7]. En ese sentido, los inventarios son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. Asimismo, señalan que un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles de inventario que se deben mantener, así como saber el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos [8]. Como se puede observar, en la gestión de inventarios intervienen varios procesos, como son compras, ventas, políticas de control de abastecimiento y existencias, entre algunos otros, cada uno con su función para lograr mantener un funcionamiento óptimo del inventario. La gestión del inventario se puede volver tan compleja en proporción al número de entidades que se involucren para tal fin. Por ejemplo, el simple hecho de no contar con un proceso de asignación de ubicaciones para los productos puede afectar la eficiencia al momento de localizar un producto y eso a su vez afectar el tiempo de atención a los clientes, lo cual puede repercutir negativamente en la calidad del servicio, así sucesivamente puede llegar a generar una avalancha de situaciones no deseadas para la organización. No se puede negar que la gestión de inventarios es un escenario complejo que involucra la interrelación de eventos causa-efecto que influyen directamente en el rendimiento total del sistema. Por tal motivo, el propósito de esta investigación es poner en práctica la aplicación del enfoque sistémico para proponer una solución adecuada que integre la aplicación de las TIC a la problemática que generan algunos procesos involucrados en la gestión de inventarios.

1.2. Objetivo.

El objetivo de este trabajo es proponer una metodología, que ponga en práctica la aplicación del enfoque sistémico en el diseño de un prototipo de un software de una aplicación móvil como apoyo en la gestión de inventarios, para realizar el registro del conteo y la ubicación de artículos dentro de la administración del almacén de una empresa del sector comercio.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Acerca de la empresa para el caso de estudio.

Primeramente se da a conocer la situación actual de la empresa para el caso de estudio. El trabajo de investigación se llevó a cabo en una empresa del sector comercial del ramo ferretero denominada “FERRELECTRICA DE CABORCA”, ubicada en la ciudad de Caborca, Sonora, México. Se cuenta con un total de 30 empleados, quienes realizan las operaciones y actividades necesarias tanto operativas como administrativas. El catálogo de venta lo conforman un total de 21,780 productos, clasificados en 25 líneas o familias y abarca 680 marcas de varios proveedores. La empresa cumple una función comercial muy importante en la región de Caborca, Sonora, ya que forma parte de la cadena de suministros del sector minero y agropecuario, así como también atiende el rubro de la construcción, eléctrico y plomería tanto a nivel industrial como residencial.

2.2. Situación actual del proceso de venta.

La empresa cuenta con un sistema propio ERP (Enterprise Resource Planning, Planeación de Recursos Empresariales, por sus siglas en inglés) que utiliza en sus operaciones diarias de ventas para atender a sus clientes. Este sistema informático se basa en la tecnología cliente-servidor instalado sobre un sistema operativo en red. El área de ventas es atendida por siete usuarios en mostrador y un usuario en el área de caja de cobro. Se cuenta con área para la entrega de la mercancía al cliente, esta actividad consiste en cotejar los artículos descritos en el documento de venta con los artículos disponibles listos para ser entregados al cliente.

En relación con la aplicación de la metodología propuesta, mas adelante se describe la situación actual de la problemática del proceso del levantamiento de inventario.

2.3. Situación actual del área de exhibición de ventas y organización del almacén.

Para la ubicación de la mercancía tanto en el área de ventas como en el almacén se utilizan diferentes tipos de estantería. En el caso del área de ventas de atención a clientes se utilizan exhibidores de panel ranurado, los cuales se encuentran instalados sobre los muros. En el área de piso de ventas se utilizan góndolas, las cuales están distribuidas formando pasillos entre ellas que facilitan el tránsito de la gente. De igual manera en el área del almacén se utilizan racks industriales, los cuales son de estructura más robusta (Ver figura 1).

Figura 1. Diferentes tipos de estantería para organización y ubicación de mercancía.

2.4. Marco teórico: el enfoque de sistemas y la gestión de inventarios.

El objetivo del enfoque de sistemas es lograr una comprensión más completa de los elementos del sistema en conjunto, es decir, determinando sus conexiones e identificando las sinergias que de ellas resultan [9]. La aplicación del enfoque sistémico comienza a cobrar importancia debido a la necesidad de estudiar a las organizaciones empresariales como un sistema abierto, tomando en cuenta que existen entradas de información (input) la cual es transformada por medio de ciertos procesos y luego se convertirá en información de salida (output), manteniendo un intercambio de información con el entorno y ejerciendo su propia retroalimentación para conservar o mejorar su desempeño [10]. En relación con la gestión de inventarios, su objetivo es apoyar a que se realicen las ventas contando con la disponibilidad de mercancías, logrando que los vendedores tengan información oportuna referente a las existencias y ubicación de los artículos en los respectivos lugares de almacenamiento. La gestión de inventarios involucra dos partes básicas muy importantes: la administración de inventarios y el control de inventarios (Ver figura 2). La administración de inventarios se refiere a la adquisición de mercancías tomando como base el stock

mínimo y máximo, así como las estadísticas entradas y salidas para generar órdenes de compras a los proveedores. Así mismo tiene el objetivo de minimizar los costos del mantenimiento del inventario. La otra parte referente al control de inventarios tiene que ver con la relación directa con la organización del almacén para la ubicación de la mercancía, así como el conteo y registro de las existencias de los productos [11].

Tomando en cuenta la aplicación del enfoque sistémico y la necesidad de resolver las desventajas del control de inventarios del sistema actual, se plantea una metodología de análisis y diseño de sistemas (ADS) orientado al análisis de requerimientos, aprovechando las TIC con el uso de Internet como medio comunicación y el desarrollo de un software de aplicación móvil que registre en tiempo real la captura de datos en el sistema ERP actual por medio de teléfonos inteligentes (también llamados smartphone, teléfonos celular o teléfono móvil).

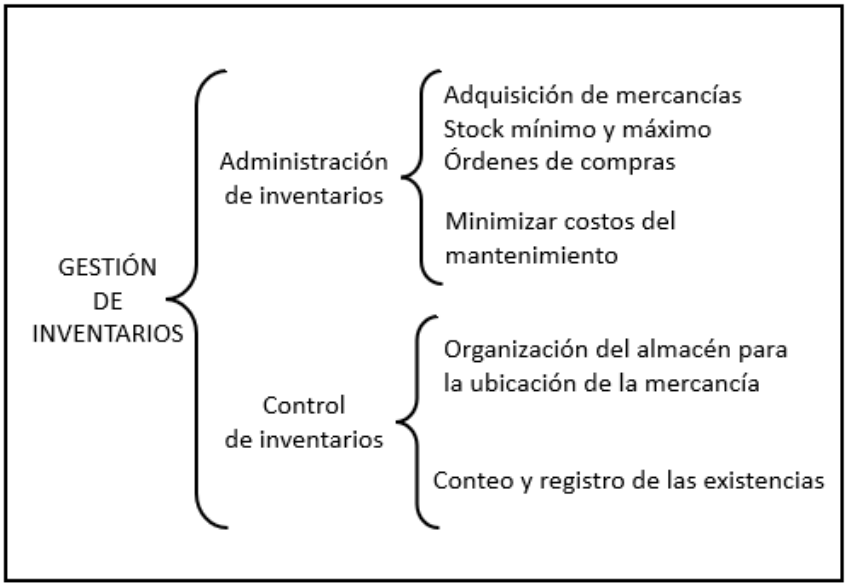


Figura 2. Las dos partes básicas de la gestión de inventarios.

3. METODOLOGÍA.

La metodología propuesta se basa en el enfoque sistémico aplicado al análisis y diseño de sistemas. Consiste en cinco etapas, las cuales se enuncian a continuación:

Etapa 1: Conocer la situación actual de la problemática.

Etapa 2: Análisis de requerimientos.

Etapa 3: Diseño de la solución.

Etapa 4: Implementación de la solución.

Etapa 5: Retroalimentación.

Cada una de las etapas se retroalimentan entre ellas durante la aplicación de la metodología, contemplando en forma conjunta todas las actividades relacionadas con los procesos, las personas y el uso de las TIC.

3.1. Desglose de la metodología.

Etapa 1: Conocer la situación actual de la problemática.

Para lograr el cumplimiento de esta etapa, se formó un equipo de trabajo integrado por el siguiente personal: gerente de la empresa, encargados del almacén, vendedores y analista de sistemas. Se realizó un consenso en referencia al área de estudio para la elaboración de este trabajo, describiendo algunos puntos relacionados con el proceso de la gestión de inventarios:

a) El sistema ERP cuenta con un proceso de exportación de la información en formato de hoja electrónica de Excel.

b) Se imprime la información exportada y se entrega a las personas encargadas del levantamiento del inventario. Se trabaja en equipo de dos personas para llevar el registro del conteo y la verificación de los datos capturados manualmente sobre las hojas impresas.
c) Los datos capturados manualmente del conteo son registrados en las computadoras en el archivo de Excel. Una vez que se ha completado el conteo del total de artículos, el archivo de Excel es importado por medio de un proceso propio del sistema ERP.
d) Este método de levantamiento del inventario presenta algunas desventajas considerables: se presentan errores frecuentes de escritura por parte del personal durante el conteo físico y el registro de los datos. Es un proceso muy lento, ya que toma hasta cuatro días en completar el conteo de todos los productos. Ese tiempo de demora representa pérdidas cuantiosas para le empresa, ya que no se realizan ventas por estar cerrado al público.
e) No se cuenta con una estructura definida para la ubicación de los artículos en el almacén ni en al área de ventas.

Una vez realizado el estudio de la situación de la problemática actual de la empresa, se procedió pasar a la siguiente etapa.

Etapa 2: Análisis de requerimientos.

Tomando como base el análisis de requerimientos para cumplir el objetivo planteado, y haciendo énfasis en la aplicación de enfoque sistémico en todos los aspectos involucrados para dar solución a la problemática presentada, se contempló como solución que se debe contar con una aplicación móvil aprovechando el uso de las TIC para lograr la conexión con el sistema ERP actual. Se realizó el análisis de requerimientos previos necesarios para el diseño de un prototipo e implementación de un software de aplicación móvil como apoyo en la gestión de inventarios, para realizar el registro del conteo y la ubicación de artículos dentro de la administración del almacén. Los requerimientos establecidos en base al análisis son los siguientes:

a) Definición de una estructura de ubicación de artículos.
b) Agregar modificaciones al sistema actual en los campos requeridos para captura de datos relacionados con el control de inventarios.

a) Definición de una estructura de ubicación de artículos.

Se realizaron reuniones de trabajo con el personal del área de control de almacén y del área de ventas para analizar y definir una estructura de ubicación de artículos, para esto se tomó como referencia la estantería del rack industrial que se utiliza en el almacén. La estructura propuesta fue la siguiente:

a.1).- Se asigna un número consecutivo a cada rack del almacén, iniciando con la letra R y un número. Por ejemplo: R1, R2, R3…

a.2).- Se divide el rack en secciones numeradas: Sección1, Sección2, Sección3…

a.3).- Se divide cada sección en diferentes niveles de altura, iniciando con la letra “A” y consecutivamente con las letras del alfabeto hasta cubrir los niveles necesarios que se hayan establecido en ese rack (Ver figura 3).

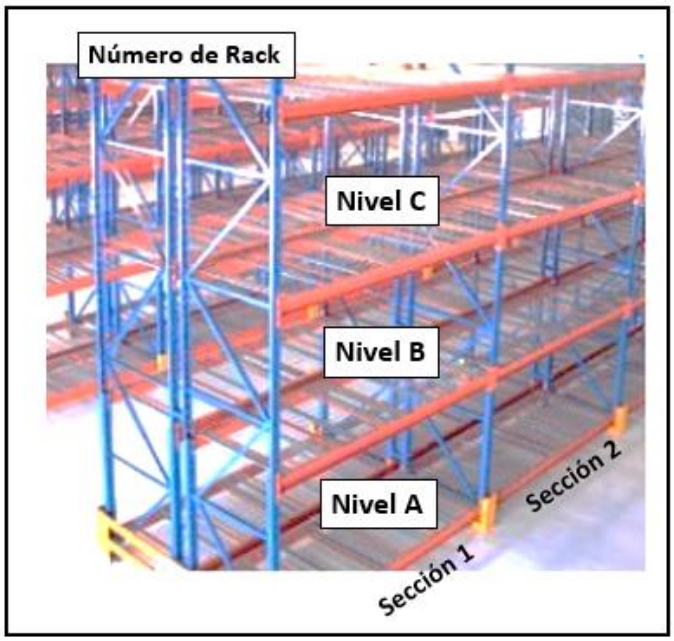


Figura 3. Estructura de ubicación.

Por ejemplo, cierto artículo ubicado en un rack del almacén puede llevar la siguiente estructura de ubicación: R2-1B. Esto significa que el artículo se encuentra ubicado en el rack número 2, en la sección 1 en el nivel B. La misma estructura definida para el rack, se aplicó para los exhibidores y las góndolas del área de ventas. En este caso, la estructura de ubicación para los exhibidores inicia con la letra E y un número, también se dividen en secciones y niveles. Por ejemplo: E5-1A, lo cual significa que el artículo se encuentra ubicado en el exhibidor 5 en la sección1 nivel A. De igual manera así funciona para las góndolas, iniciando con la letra G. Por ejemplo: G3-2A.

A continuación se presenta una distribución gráfica de área de almacén y del área de ventas con la representación de los racks, exhibidores y góndolas.

Figura 4. Sección del área de ventas y almacén.

b) Agregar modificaciones al sistema actual en los campos requeridos para captura de datos relacionados con el control de inventarios.

Una vez definida la estructura de ubicación de artículos, se solicitó al programador de software realizar los cambios necesarios en el sistema actual para contar con el registro de los datos de la ubicación, así como la definición de un campo tipo imagen para agregar una imagen del artículo registrado como apoyo visual con la identificación del artículo (Ver figura 5).

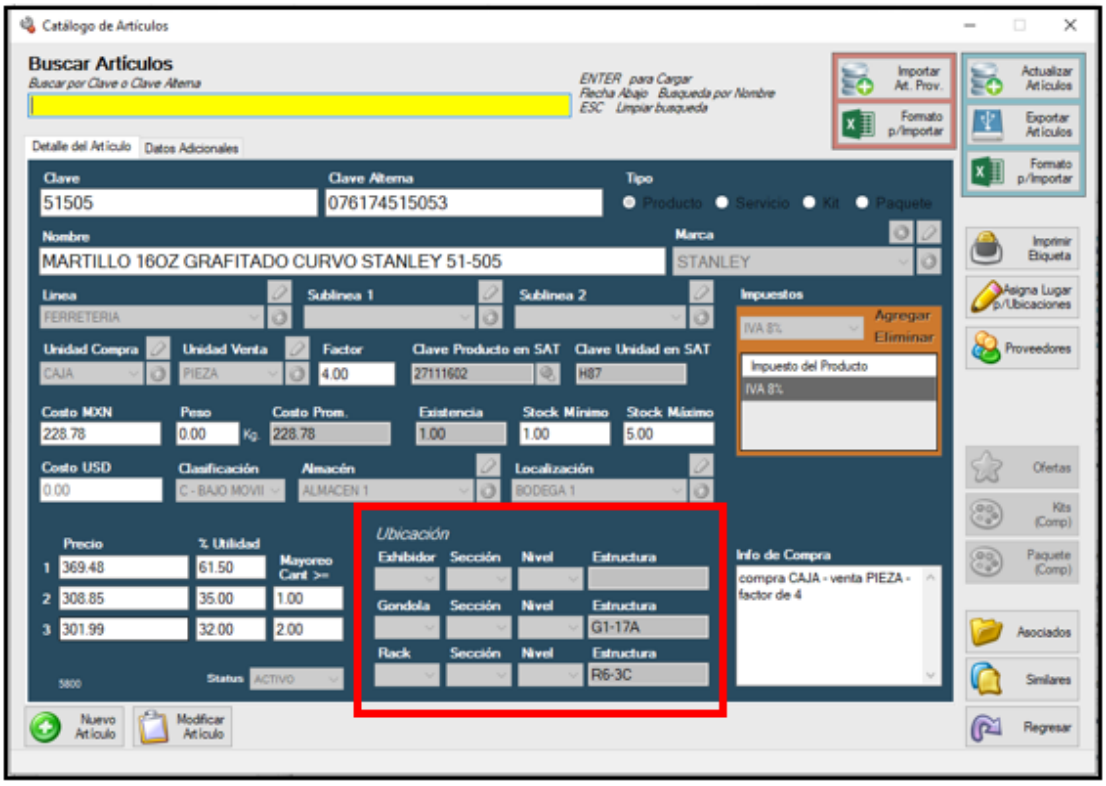


Figura 5. La información del artículo muestra la estructura de ubicación.

Etapa 3: Diseño de la solución.

Diseño de la interface de la aplicación móvil.

Una vez completado el análisis de los campos de datos requeridos en la base de datos del sistema actual, se procedió a configurar los protocolos de comunicación necesarios para lograr que la aplicación móvil interactuara en tiempo real con el sistema. Para la captura de los datos por medio del teléfono móvil, se diseñó una interface gráfica que contemplara el registro del usuario con su respectiva clave de acceso previamente definida desde el sistema principal, así como el tipo de operación que realiza el usuario, la cual puede ser actualizar ubicaciones o iniciar conteo (Ver figura 6).

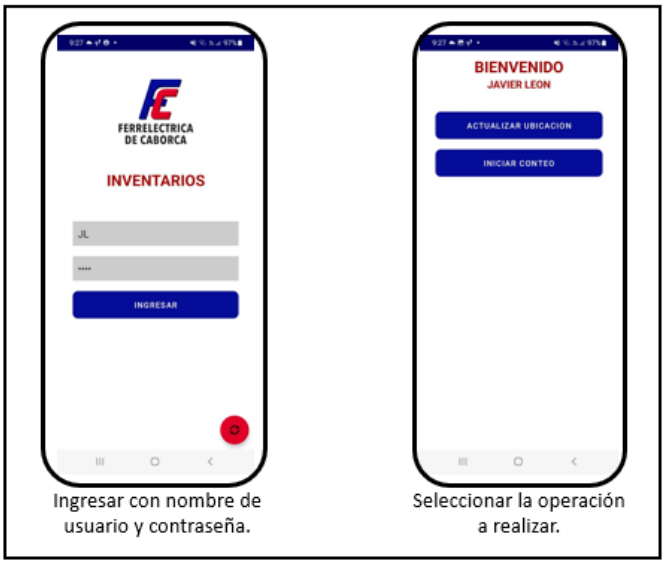


Figura 6. Pantalla principal de la aplicación móvil.

Si el usuario selecciona actualización de ubicaciones, aparece una nueva pantalla con el nombre de “UBICACIONES”. En esta pantalla el usuario puede escribir la clave de un artículo y buscarlo en la base de datos del catálogo de artículos (ver figura 7), si lo encuentra le mostrará la información relacionada con ese artículo como son su imagen, su descripción y la estructura de la ubicación donde se encuentra el articulo ya sea en el área de ventas o en el almacén. También esta sección, se puede leer el código de barras o código QR del artículo y se mostrará de igual manera la información relacionada con el artículo. En esta misma sección se puede editar, borrar o agregar una nueva ubicación para el artículo y al guardar las ubicaciones automáticamente se actualiza en tiempo real la base de datos del sistema.

Figura 7. Descripción de la pantalla de UBICACIONES.

En el sistema principal se deben de asignar las ubicaciones para realizar el conteo, se pueden asignar una o más ubicaciones, de tal manera que se lleva un registro y un control sobre cuales ubicaciones un determinado usuario realizó el conteo (ver figura 8). Si el usuario selecciona “INICIAR CONTEO” y no se le ha asignado previamente una ubicación no podrá realizar el conteo. Esto permite conocer cual ubicación se está llevando el conteo y quien lo está realizando.

Figura 8. Asignación de UBICACIONES para conteo.

Si el usuario selecciona “INICIAR CONTEO” y si tiene asignado una ubicación para conteo aparecerá la siguiente pantalla (ver figura 9). Donde solo podrá seleccionar la ubicación que le ha sido asignada para el conteo y solo aparecerán artículos que pertenezcan a esa ubicación. En esta pantalla se utiliza la cámara del teléfono para leer la etiqueta del código del artículo, se cuenta físicamente la cantidad del artículo y se captura en el campo correspondiente. Se guarda la cantidad registrada y se procede con otro artículo. Cuando ya se finalice el conteo de las ochenta partidas, automáticamente se detiene el conteo y se registra en tiempo real en la base de datos del sistema, o también se puede finalizar el conteo de forma manual tocando el botón finalizar conteo.

Figura 9. Pantalla para realizar el CONTEO.

Etapa 4: Implementación de la solución.

Implementación de la aplicación móvil en el levantamiento del inventario.

Una vez realizadas las pruebas previas de la aplicación móvil y la correspondiente capacitación y entrenamiento a los usuarios, se procedió a realizar el levantamiento físico del inventario. El procedimiento del levantamiento del inventario fue el siguiente:

a) Primeramente se dividieron las áreas de trabajo por secciones, así como las ubicaciones que cada usuario tendría asignada para su conteo.
b) Se registraron los 30 empleados de la empresa para realizar el levantamiento de inventario. Previamente se tomó en cuenta que cada persona tuviera un teléfono móvil donde se le instaló el software de aplicación.
c) Se estableció la hora de inicio a las 7:00 am en la fecha indicada.
d) Cada vez que un usuario finalizaba el conteo de un área asignada tenía que avisar a un supervisor para que imprimiera su reporte de conteo y asignarle una nueva ubicación para un siguiente conteo.

Etapa 5: Retroalimentación.

Desde el inicio de la aplicación de la metodología de análisis y diseño de sistemas, se mantiene un nivel de retroalimentación entre todas las personas involucradas, se establecen y se ponen de manifiesto las relaciones entre las actividades que conforman los procesos y se tiene una relación estrecha con el conocimiento y la aplicación de la tecnología. Si bien es cierto que se menciona como una etapa final de la metodología, en realidad es una acción que está presente durante todo el proceso, desde el estudio de la situación actual de la problemática hasta la implementación de la propuesta de solución. Esta acción de retroalimentación es lo que mantiene la sinergia entre todos los elementos que componen el sistema.

4. RESULTADOS.

De acuerdo con la cantidad total de artículos que se deben contar que fueron de 21,780 se calculó que entre los 30 usuarios cada usuario debería de contar 726 artículos. Cada conteo fue de 80 partidas, obteniendo como resultado que cada usuario tenía que realizar aproximadamente 9 conteos de 80 partidas cada uno. El tiempo para la realización del conteo por cada usuario fue variable, ya que algunos usuarios presentaron mayor habilidad en el manejo de la aplicación, y también este tiempo se vio afectado por el tipo de producto que lo fue asignado para el conteo, ya que no es lo mismo contar artículos pequeños poco asibles como tuercas o tornillos en comparación con artículos más grandes o de más volumen como pinzas, martillos u otras herramientas.

4.1. Inicio y finalización del levantamiento del inventario.

El levantamiento del inventario inició a las 7:00 am y se continuó trabajando hasta las 13:00 horas. Se tomó un tiempo de receso de 1 hora en el lapso de 13:00 a 14:00. Se reanudó de nuevo el conteo a las 14:00 horas y se continuó trabajando hasta las 21:00 horas, que fue cuando se registró el último conteo del inventario. En total fueron 13 horas lo que tomó realizar el levantamiento del inventario. Convertido este tiempo en minutos se tiene un total de 780 minutos. Comparando este tiempo con el tiempo que llevaba la manera anterior en el levantamiento del inventario se tiene lo siguiente:

Tiempo anterior de levantamiento = 4 días por 10 horas diarias = 40 horas.
Tiempo actual de levantamiento = 1 día por 13 horas = 13 horas

Analizando los datos del tiempo obtenido, se presenta una diferencia muy significativa de 27 horas menos en el levantamiento del inventario. Esto es prácticamente son 3 días de trabajo en jornadas de 8 horas, lo cual representa un ahorro muy significativo para la empresa, ya que durante esos 3 días se mantiene abierta la empresa y no se pierden ventas. Con esto se presenta una reducción aproximada del 68% del tiempo para realizar el levantamiento del inventario. Además, también se evitó la duplicidad de captura de datos, así como también la impresión de hojas para su llenado manual del conteo.

4.2. Otros beneficios de aprovechar la información.

Los cambios efectuados en la base de datos del sistema principal para la integración de la aplicación móvil, permite obtener informes detallados con aplicación de filtros que facilitan el monitoreo de los usuarios que utilizan el sistema (ver figura 10). Entre los datos más relevantes se puedo obtener la fecha y hora en que el usuario realizó con el conteo, así como el dispositivo utilizado y en que ubicación hizo el conteo. Otro aspecto importante es la información que aparece en la pantalla del punto de venta cuando los vendedores están atendiendo un cliente, ya que se muestra información referente a la ubicación del artículo, lo cual facilita la localización tanto en el área de ventas como en el almacén reduciendo el tiempo de atención al cliente (ver figura 11).

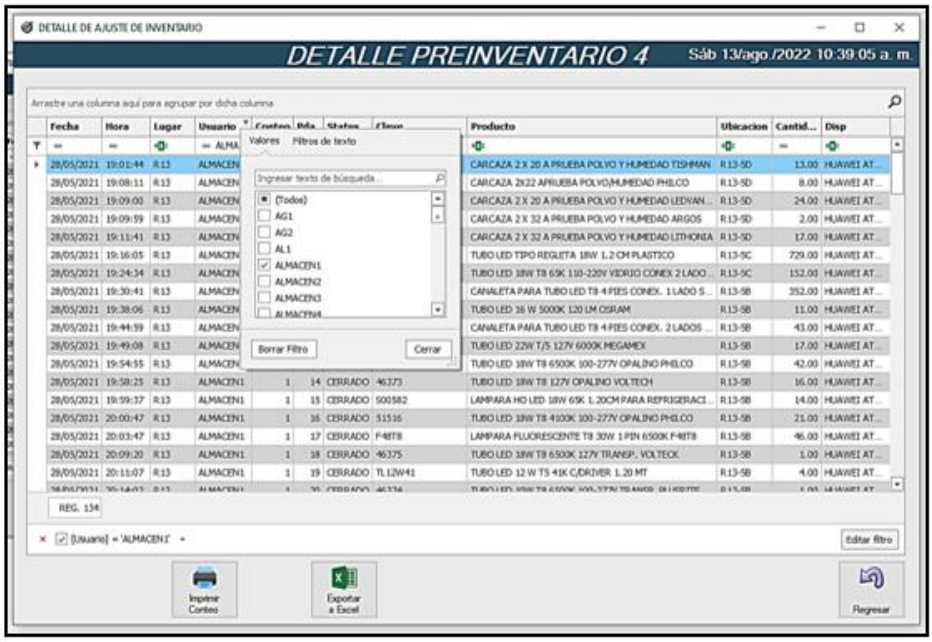


Figura 10. Detalle de la información del levantamiento del inventario.

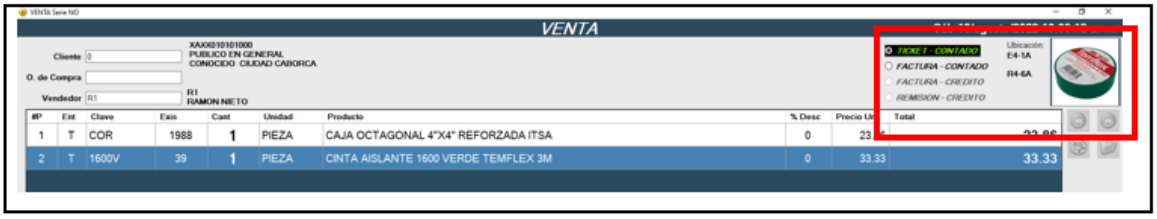


Figura 11. Pantalla de punto de venta mostrando la ubicación de los artículos.

5. CONCLUSIONES.

La metodología del enfoque sistémico abarca el estudio de cualquier tipo de problemática con el fin de encontrar la solución por medio del trabajo de equipos multidisciplinarios. Con la aplicación del enfoque sistémico se puede ver la adaptabilidad en diferentes procesos de negocio para analizar y evaluar las necesidades de requerimientos y obtener con ello el mayor aprovechamiento de su implementación. En este caso de estudio, se podría haber pensado “dejar en manos” todo el trabajo en los programadores de software, y pensar que por ser una implementación informática solo ellos tendrían que hacerse cargo. Pero en realidad la aplicación del enfoque sistémico permite ver mucho más allá que una solución informática. Hay otros aspectos muy importantes como el conocimiento y el desarrollo de habilidades del factor humano que se deben tomar en cuenta. Aspectos relacionados con el conocimiento de la tecnología y las capacidades que se pueden aprovechar con la implementación de las TIC, así como cuestiones de costos en la adquisición de equipos y accesorio para el manejo de la información. Por dar un ejemplo, en este caso se consideró aprovechar las ventajas del uso del smartphone (teléfono móvil o celular) y el uso de Internet como medio de enlace en tiempo real con el sistema principal, se aprovechó también el uso de la cámara digital del teléfono como lector de código de barras para lectura y registro de los datos del conteo físico de los artículos, con lo cual se benefició a la empresa con grandes ahorros en cuestión de tiempo, ejecución de trabajo más preciso con menos errores y otros aspectos económicos. En consecuencia, se puede observar con la metodología del enfoque sistémico se desarrollan nuevas competencias de trabajo en equipo y se tiene una visión más amplia para proponer soluciones que impacten positivamente en el mejoramiento de los procesos.

6. REFERENCIAS.

[1] Nieto Licht, C. (2016). Enfoque sistémico en los procesos de gestión humana/Systemic approach in human resources management processes.

[2] León, J. A. (2007). Pensamiento sistémico: la clave para la creación de futuros realmente deseados.

[3] Mendoza Meza, C. O. (2018). Pensamiento sistémico en la administración de organizaciones.
[4] León-Moreno, F. J., Cadena-Badilla, J. M., & Vega-Robles, R. A. (2018). A knowledge management-based conceptual model to improve the level of utilization of ICTs in Mexican SMEs. International Journal of Advanced Engineering, Management and Science, 4(2), 239967.
[5] Builes, A. P. (2015). Tendencias tecnológicas que influyen en el aumento de la productividad empresarial. INGE CUC, 11(2).
[6] Posada, J. C. (2014). Elementos básicos del control, la auditoría y la revisoría fiscal. Distribuidos por Autores Independientes.
[7] Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). administración de Operaciones producción y cadena de suministros. Punta Santa Fe: McGraw-Hill.
[8] Chavez, J., y Torres-Rebello. (2012). Supply Chain Management. Santiago: Ril Editores.
[9] Yuan W. (2007). Knowledge management from Theory to Practice. A road map for small and medium sized enterprises. School of Mathematics and Systems Engineering. Reports from MSI. Växjö University.
[10] Wilfredo Bohorquez Lopez, V., & Esteves, J. (2013). Acquiring external knowledge to avoid wheel re-invention. Journal of Knowledge Management, 17(1), 87-105.
[11] García Cantú, Alfonso (2012). Almacenes: planeación, organización y control. Editorial Trillas.

¿Cómo ayudamos al medio ambiente desde la cadena de suministro?

Arriolou, Daniela

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
dani.arriolou@gmail.com

RESUMEN

La importancia de la sustentabilidad en procesos logísticos más la coordinación de la cadena de suministro elevan la madurez de integración mediante flujos de materiales e información de manera conjunta. La diferencia radica en el conjunto de prácticas entre proveedores, empresa y clientes con el fin de integrarla con un elevado grado de madurez y evaluar acciones amigables ambientalmente.

La investigación se basa en anexar sustentabilidad en cada proceso al mismo tiempo que sube el nivel de integración de la cadena de suministro; aplicándolo a un caso de estudio con un diseño descriptivo donde se diagnostica la mencionada cadena de una empresa dedicada a la construcción y metalúrgica de Olavarría. Los procesos revelados son relación con proveedores, compras, almacenamiento y proceso de construcción modular.

El objetivo es determinar las practicas logísticas que aportan integración a la cadena de suministro de manera sustentable en la construcción modular en seco.

Durante el desarrollo se pudo evaluar el proceso desde el pedido, considerando las necesidades propias de cada cliente, hasta la entrega al mismo. Al pasar por cada etapa se identificaron acciones sustentables que potencian la integración de toda la cadena.

Los resultados indican que las prácticas logísticas integradas pueden realizarse de forma sustentable, desde las compras con una relación estratégica con proveedores, hasta un diseño diferenciado para una entrega múltiple eficientizando la entrega de hasta cuatro productos con un mismo transporte.

Palabras Claves: Sustentabilidad; Cadena de suministro (CS); Integración; Madurez; Ambiente.

ABSTRACT

The importance of sustainability in logistics processes plus the coordination of the supply chain raise the maturity of integration through flows of materials and information together. The difference lies in the set of practices between suppliers, companies and clients in order to integrate SC with a high degree of maturity and evaluate environmentally friendly actions.

The research is based on adding sustainability to each process while raising the level of integration of SC; applying it to a case study with a descriptive design where SC of a company dedicated to the construction and metallurgical of Olavarría is diagnosed. The revealed processes are relationship with suppliers, purchases, storage and modular construction process.

The objective is to determine the logistics practices that provide integration to the supply chain in a sustainable way to dry modular construction.

During the development, it was possible to evaluate the process from the order, considering the specific needs of each client, until the delivery to the same. Going through each stage, sustainable actions were identified that enhance the integration of the entire chain.

The results indicate that integrated logistics practices can be carried out in a sustainable way, from purchases with a strategic relationship with suppliers, to a differentiated design for multiple delivery, making the delivery of up to four products with the same transport more efficient.

Keywords: Sustainability; Supply Chain (SC); Integration; Maturity; Environment

1. INTRODUCCIÓN

La logística es la esencia de las relaciones comerciales, aumenta el estándar económico en la vida de todas las partes de la sociedad siendo el puente entre la ubicación de producciones y mercados considerando el tiempo y la distancia cruzados por la economía. Con esto entendemos que la logística involucra todas las operaciones de movimiento que se realizan en la cotidianeidad. La administración coordinada de esta serie de operaciones es denominada Cadena de Suministro.

La cadena de suministro (CS) abarca todas las actividades de flujo y transformación de materiales/bienes, desde el abastecimiento de materias hasta la distribución de los mismos, en otras palabras, todas las acciones que se realizan desde la extracción de la materia prima hasta la disposición en el usuario o cliente final. Para que su eficiencia sea máxima, se debe incluir la mayor cantidad de movimientos posibles, con la coordinación y colaboración de los miembros (Ballou, 2004) (Chopra, 2020). Frente a esto se podría pensar en la disposición final, es decir plantear una cadena de suministro que abarque todo el ciclo de vida completo.

Desde la década de 1980, la CS viene siendo estudiada sin lograr un buen entendimiento; motivo por el cual, se cuenta con diferentes conceptos sobre la misma entendiendo que la CS es una red de organizaciones que al realizar diversos procesos y actividades generan valor sobre los productos y servicios para el cliente final (Christopher, 1998), además se resalta que el desarrollo científico de una disciplina de administración de CS coherente requiere hacer avances en el desarrollo de modelos teóricos para mejorar la comprensión de sus fenómenos (Croom, 2000). En varias publicaciones se reconoce que la CS debe ser vista como la unidad central del análisis competitivo (Cox, 1997 en Croom, 2000); entendiendo como ventaja competitiva la “capacidad de crear una posición diferenciada frente a sus oponentes” (Li, 2006); es decir las competencias que ubican a la organización por sobre los competidores (Tracey, 1999).

Así como cuenta con diferentes definiciones, la CS cuenta con variedad de propósitos. De acuerdo con Li (2006) el doble propósito de la gestión de cadena de suministro es mejorar el desempeño de una organización individual tanto como el de la CS. Bowersox and Closs (1996) sostienen que, para contrarrestar el ambiente competitivo de hoy, las empresas deben integrarse incorporando a los clientes y proveedores. Esta extensión mediante la integración externa, es denominada por ellos, gestión de la cadena de suministro. Y Chopra (2020) hace referencia al propósito del crecimiento del superávit (valor-costo), solo considerando la rentabilidad de la misma.

Por otra parte, sabemos que el medio ambiente está siendo afectado bajo el modelo de producción basado en el rendimiento económico. Por tal motivo, consideramos la sustentabilidad como el conjunto de decisiones y procedimientos que se deben realizar sin perjudicar el ecosistema ni sus recursos, respetando la vida en todas sus formas para asegurar el bienestar del futuro de la sociedad, sopesando que la población aumenta mientras los recursos disminuyen. (Panceri, 2021).

Enlazado a esto, se encuentran las buenas prácticas ambientales, acciones que colaboran a reducir el impacto negativo que los procesos provocan al medio ambiente, por ejemplo: reciclado, ahorro de papel y cartón, uso consciente del agua y la energía, etc. Una CS integrada teniendo en cuenta el ambiente, no solo será de ganancia para sus actores, sino también para el planeta y las futuras generaciones.

Frente a estas dos grandes problemáticas diferenciadas, la pregunta incipiente es: ¿la realización de buenas prácticas logísticas se complementa con una mirada ambiental, preocupada por lograr la mejora del rendimiento de la CS tanto como por el impacto sobre el medio ambiente? Y de ella se desprenden: ¿Cómo pueden trabajar en conjunto? ¿Cómo la sustentabilidad puede aportar en la integración de la cadena de suministro? ¿Cómo la cadena de suministro puede estar integrada y servir de manera sustentable? Y siendo más específica ¿Qué actividades sustentables conviven con una cadena integrada?

Actualmente, se cuenta con diversos estudios sobre la gestión, la administración y la mejora de la cadena de suministro; con diversas metodologías que pueden aplicarse dando resultados de integración beneficiosos para las cadenas logísticas. El uso de modelos de madurez brinda una herramienta para el seguimiento cuando se toman acciones y se deciden mejoras permitiendo evaluar habilidades, capacidades y competencias de todos los actores, y define etapa de avance hacia el aumento de la integración de los diferentes actores que componen una cadena de suministro (Röglinger, 2012).

Pese a que se han realizado muchos estudios en estas temáticas, se vislumbra una carencia en modelos de investigación que consideren simultáneamente el desempeño efectivo de una cadena

de suministro con bajo impacto en el ambiente, es decir, con integración sustentable. Frente a esto, surgen los siguientes interrogantes ¿Cómo reconocer y tener en cuenta los impactos que se van generando en cada etapa de la CS?, ¿Cómo disminuir los mismos?

La creciente preocupación sobre las diferentes afecciones ambientales, abren un panorama en el cual se considera que la mirada sobre la integración de la CS debe anexar, de forma transversal, los ejes económicos, social y ambiental; garantizando que la acción que se lleve adelante responda de la mejor manera a los tres ejes en simultáneo; sin olvidar los diferentes participantes afectados por mantener relaciones con la CS de manera directa o indirectas.

Adicionalmente, es importante tener presente la agenda de aspiraciones globales de las Naciones Unidas y las adaptaciones que el Gobierno argentino presentó frente a las metas de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. El presente trabajo tiene sus cimientos de aporte a 5 Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Conjuntamente, existe una necesidad de hacer que el mundo sea más sustentable, de manera que el futuro pueda tener más oportunidades frente al crecimiento social, los escasos recursos y las afecciones del medio ambiente. Por tanto, ampliar las planificaciones a largo plazo, de manera que se puedan visualizar las ganancias de los esfuerzos que hoy debemos realizar (Chopra, 2020).

Con este sustento, el presente trabajo, tiene como objetivo reconocer las prácticas logísticas que aportan en el nivel de madurez de integración de la cadena de suministro desde un enfoque ambientalmente sustentable.

2. **PROCEDIMIENTO**

El presente trabajo de investigación expone un enfoque de conceptos metodológicos de la investigación científica cualitativa (Sampieri, 2014), implicando un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos para obtener un estado de situación más completo del fenómeno en estudio.

El diseño de la investigación es explicativo secuencial, caracterizado por una etapa en la cual se recogen y evalúan datos cualitativos. La información obtenida se lleva a resultados cuantitativos para un futuro análisis de comparación entre situaciones. Posteriormente, los descubrimientos recolectados se integran en la interpretación y elaboración del reporte final del estudio.

En primera instancia se realiza una exhaustiva revisión del estado del arte correspondiente a la temática abordada en diferentes fuentes de información, acompañado con la búsqueda en bases de datos reconocidas.

A continuación, mediante el uso de modelos de madurez de la CS se aborda la investigación de manera descriptiva, a fin de especificar características importantes detectadas en el diagnóstico de una organización seleccionada como caso de estudio de la ciudad de Olavarría y la zona, en relación con los procesos de la CS y su nivel de integración ambientalmente sustentable.

La metodología que se utiliza para realizar dicha investigación consiste en el estudio de caso propuesto por Yin (2014), donde se estudia un fenómeno organizacional que involucra diversas variables que no son sencillas de analizar y este enfoque ayuda a utilizar la experiencia para la transmisión del conocimiento. Con base en la definición de Yin (2014) sobre un estudio de caso, se realiza una investigación empírica que estudia la integración de la CS y el impacto de sus actividades en el medio ambiente. Se trata su situación involucrando más de una variable de interés y basándose en múltiples fuentes de evidencia, con el beneficio del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos que convergen en un estilo de triangulación.

Para efectuar la elección de la unidad de análisis se definen como principales criterios: el tipo de organización, su tamaño, el tipo de actividad y el grado de accesibilidad a la misma para el desarrollo de la investigación.

En este sentido, se abordará el estudio en una empresa con inicios en el año 2006 dedicada a realizar obras civiles y metálicas con sede en el Parque Industrial de Olavarría. Sus socios aportan experiencia anterior en los rubros por separado y, gracias a la labor conjunta, ampliaron las prestaciones de sus servicios, así como la cartera de clientes. Con visión, desde los inicios, a la constante mejora, amplían el abanico de productos ofrecidos e incorporan equipamiento e infraestructura.

La recolección de datos surge de fuentes primarias mediante la realización de una entrevista cualitativa introductoria con personal de jerarquía superior y utilizando un instrumento de preguntas con respuestas para cuantificar con personal de jerarquía media, que contempla enfoques cualitativos respecto a las distintas variables o características que se pretenden estudiar a fin de obtener información adicional relevante para el análisis. Además, se cuenta con gran acceso a la institución a través de visitas y recorridos por la misma.

Para analizar la información se recurre al uso de tablas y gráficos.

En esta oportunidad, se acotará el estudio a construcciones modulares, haciendo foco en los procesos de relación con proveedores principales, almacenamiento de materiales y desechos del proceso de fabricación. Adicionalmente, se avalúa de modo transversal a los tres procesos con la variable sustentabilidad. Se utilizará un instrumento que consta de preguntas cerradas, cuyas respuestas se valorarán con el fin de obtener indicadores para comparaciones a futuro. La escala a utilizar se graduará entre 0 y 2 con las siguientes asignaciones:

- 0: Malo, No, respuestas de negatividad
- 1: Bueno, Si y respuestas de positividad
- 2: Indistinto y respuestas que no encuadren en las opciones anteriores

Se realiza la suma de las valoraciones correspondientes a cada asignación y se considera que un 70% de respuestas valoradas en 1, indican que la cadena de suministro está integrada entre empresa y proveedor. Esto es considerando que mas de la mitad de buenas respuestas ya aporta una integración básica, con un 20% mas se considera que la integración es alcanzada pero aun puede mejorar.

Tabla 1 - Tabla de proveedores - Creación propia en Excel

	Proveedores	*Respuesta*	*Valoración*
a	¿Cuán importante es el material brindado por el proveedor?		
b	¿Hoy otro proveedor que venda lo mismo?		
c	¿Hay sustituto de los productos principales?		
d	¿Tienen contrato con algún proveedor?		
e	¿Hay algún aporte del proveedor en el diseño?		
f	¿Los materiales son recibidos en tiempo y forma?		
g	¿Tienen gran cantidad de devoluciones o atrasos por mala calidad de los materiales?		
h	¿Evalúan el desempeño de los proveedores?		
i	En caso de hacer evaluación, ¿se la comunican a los proveedores?		
j	¿Cuánto se transportan los productos para llegar a la empresa?		
k	¿Son reciclados los materiales?		

l	¿Se aprovecha al máximo cada material?		
m	¿Cómo califica la atención del vendedor?		
n	Comentarios		

Tabla 2 - Tabla de almacenes - Creación propia en Excel

	Almacenes de MP principales	*Respuesta*	*Valoración*
a	Los paneles pre armados, ¿Qué importancia tienen en el proceso?		
b	¿Cuántos proveedores las realizan?		
c	¿Hay sustituto de ellas?		
d	¿Cómo califica los despachos de materiales?		
e	¿Cómo califican los tiempos de entrega?		
f	¿Cómo califica la calidad de las diferentes tandas de materiales recibidos?		
g	Las chapas dobladas para abulonamiento, ¿Qué importancia tienen en el proceso?		
h	¿Cuántos proveedores las realizan?		
i	¿Hay sustituto de ellas?		
j	¿Cómo califica los despachos de materiales?		
k	¿Cómo califican los tiempos de entrega?		
l	¿Cómo califica la calidad de las diferentes tandas de materiales recibidos?		
m	¿Cómo calificaría el orden y limpieza de sus almacenes?		
n	¿Cuánto material reciclado usan para su proceso?		
o	Comentarios		

Tabla 3 - Tabla de desechos - Creación propia en Excel

	Residuos del proceso	*Respuesta*	*Valoración*
a	¿Cuán eficiente crees que es el uso de materiales?		
b	¿Cuánta cantidad de materiales desechan?		
c	¿Cuán peligrosos son sus desechos de proceso?		
d	¿Cómo califica los desechos de residuos de producción?		
E	Comentarios:		

Para conocer la integración de la cadena frente a las tablas 1,2 y 3 se utiliza la ecuación:

$$Grado\ de\ integración = \frac{Cantidad\ de\ respuestas\ valoradas\ en\ 1}{31 - Cantidad\ de\ valoradas\ en\ 2} * 100\%$$

Ecuación 1

Considerando integración alcanzada con resultados mayores al 70%.

Se finaliza en análisis con la matriz de sustentabilidad propuesta por Pancieri (2021), en la cual se tienen en cuenta los cuatro ejes que la sostienen:

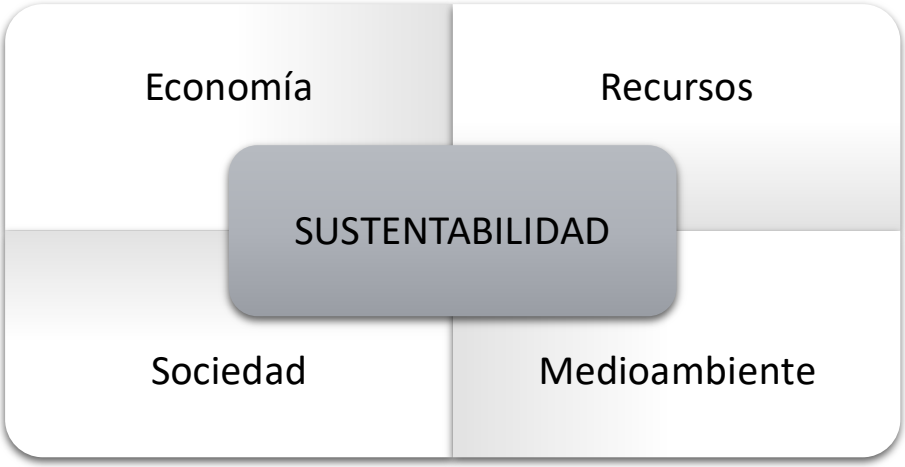


Figura 1 – Matriz de Sustentabilidad - Creación propia en SmartArt a partir de Pancieri (2021)

Para hacer la correspondiente evaluación en cada uno de los pilares, se tendrá en cuenta que:

- Economía: se relaciona con el objetivo individual o colectivo de las partes. Se basa en pilares como producción, innovación, tecnología y consumo; este es el punto que más se ha desarrollado a lo largo de la historia, ahora se debería comenzar a pensar en rutas alternativas, modificando los hábitos y considerando el crecimiento de la población junto con el límite de los recursos.
- Recursos: hace referencia a los naturales: tierra, agua, flora, fauna, hidrocarburos, etc. los recursos naturales son finitos y de lucro para quien tiene su propiedad, por este motivo se deben satisfacer las necesidades considerando que estos bienes económicos se están acabando.
- Sociedad: para este punto, se debe tener en cuenta que la población mundial crece a diferentes porcentajes según cada país y está segmentada por demografía y economía. Sus pilares son educación, trabajo, y mejora de recursos desde la niñez, con el fin de correr el eje productivo y de consumo a un modelo más equitativo y con correspondencia en un mundo posible de sostener.
- Medioambiente: este punto se basa en preservar el medio ambiente de la degradación y contaminación constante. Se considera “la gran falla del mercado” no tener en cuenta los efectos de los procesos de producción y consumo. Se debe incorporar al razonamiento la idea de un modelo que no haga peligrar la existencia de las distintas especies del planeta.

En base a los resultados obtenidos, se describen y analizan los procesos seleccionados de la CS del caso de estudio de referencia y se detectan puntos potenciales de mejora.

3. DESARROLLO

Como se mencionó anteriormente, este trabajo se acotará al estudio de tres procesos de la construcción modular: compras/aprovisionamiento, almacenamiento y fabricación. Dentro de cada uno se hará foco en aspectos más relevantes para la integración de madurez de la Cadena de suministro y la sustentabilidad.

3.1. Compras/Aprovisionamiento: relación con proveedores.

El proceso de compras consta de una serie de pasos que deben llevarse a cabo para adquirir un producto o servicio necesario. El corriente hace foco en la relación con los proveedores, es decir con el inicio de este proceso.

Los proveedores son quienes abastecen las materias primas necesarias para el proceso de construcción modular, la buena relación con estos permite aumentar o disminuir drásticamente la integración de madurez de la cadena de suministro. Bajo este predicamento, los procesos de aprovisionamiento incluyen la selección de los proveedores, el diseño de contratos (cuando son necesarios), la colaboración en el diseño de producto, el abastecimiento de materiales y la evaluación de desempeño (Chopra, 2020).

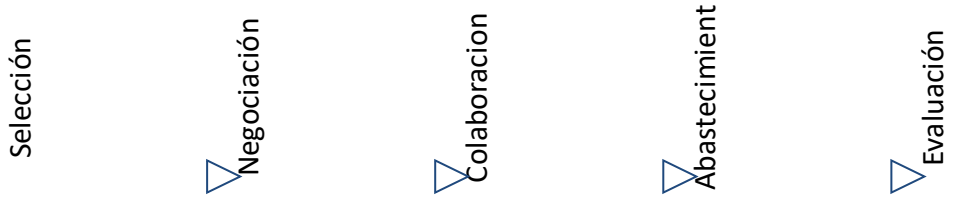


Figura 2 – Procesos claves de aprovisionamiento - Creación propia en SmartArt a partir de Chopra (2020)

Cada proveedor debe llevar un seguimiento de su desempeño en todas las dimensiones mencionadas previamente, además del precio por el que cobra por unidad. El impacto de cada factor en el costo total se resume en los factores calidad, atención, logística y medio ambiente. Estos permiten calificar y comparar entre diversos proveedores con diferentes desempeños en cada dimensión (Mora, 2016) (Chopra, 2020).

Para esta evaluación se completó la tabla de proveedores (*Tabla1*) con la arquitecta a cargo del proceso, haciendo foco en los materiales de estructura de las construcciones modulares, chapas con aislación y molduras de unión.

Tabla 4 - Tabla de proveedores contestada - Creación propia en Excel

	Proveedores	*Respuesta*	*Valoración*
a	¿Cuán importante es el material brindado por el proveedor?	Los proveedores de las chapas y las molduras son dos diferentes, uno de cada material, y lo que nos traen es muy específico. Asique es muy importante.	1
b	¿Hoy otro proveedor que venda lo mismo?	No, como el material es específico tenemos una serie de especificaciones que ellos cumplen para entregarnos los materiales, como medidas, calidades, etc.	0
c	¿Hay sustituto de los productos principales?	Puede llegar a haber sustituto, en nuestro caso no lo consideramos.	2
d	¿Tienen contrato con algún proveedor?	Sí, tenemos contrato con los dos proveedores.	1
e	¿Hay algún aporte del proveedor en el diseño?	Si. Con el proveedor de las chapas trabajamos lo correspondiente a medidas y aislación; y con el de las molduras se trabajó en la elección del material de las mismas y los mejores lugares para hacer los abulonamientos.	1
f	¿Los materiales son recibidos en tiempo y forma?	Sí. Ambos proveedores cumplen desde su lugar, a veces hay retrasos por falta de materias primas de sus propios proveedores o por transporte. Pero nos avisan.	1

g	¿Tienen gran cantidad de devoluciones o atrasos por mala calidad de los materiales?	No. Nos ha pasado pocas veces de enderezar algún reborde de las chapas, porque suponemos que en el traslado paso algo.	1
h	¿Evalúan el desempeño de los proveedores?	No. Se tiene conversación con ambos para comentar lo que va pasando.	0
i	En caso de hacer evaluación, ¿se la comunican a los proveedores?	No la estamos haciendo, pero de hacerla sería una opción.	2
j	¿Cuánto se transportan los productos para llegar a la empresa?	Ambos materiales vienen de Buenos Aires. No trabajamos con proveedores locales.	0
k	¿Son reciclados los materiales?	No, son materiales nuevos con los que trabajamos.	0
l	¿Se aprovecha al máximo cada material?	Sí. Realizamos un cambio en el diseño para no realizar cortes de chapas y las molduras ya las recibimos a medida.	1
m	¿Cómo califica la atención del vendedor?	Ambos clientes dan buena atención.	1
n	Comentarios		

3.2. Almacenamiento de materias primas.

Se habla de almacenar haciendo referencia a guardar objetos en lugares específicos. Dentro de una organización, el almacenamiento se puede dar en las materias primas, los semi producidos, los productos terminados, entre otros.

El área de almacenamiento requiere de una gestión funcional interrelacionada con las áreas financiera, producción compras y ventas, ya que cada área asume los almacenes según sus intereses y se debe hacer en conjunto (Mora, 2016). Es fundamental en este proceso el trabajo en conjunto, como primera instancia de integración interna para llegar a un grado de madurez en la integración de la cadena de suministro con actores externos.

Como este trabajo se trata de construcción modular se acotará a las materias primas principales del proceso, como lo son paneles pre armados de pared y techo y las uniones de chapa doblada para abulonamiento. Esta decisión se basa en la criticidad de los materiales, a criterio del personal entrevistado, específicos para la construcción con características y medidas especiales para llevar a cabo la producción. Bajo estas restricciones, se completó la tabla de almacenes (*Tabla2*) con la arquitecta a cargo del proceso.

Tabla 5 - Tabla de almacenes contestada - Creación propia en Excel

Almacenes de MP principales		*Respuesta*	*Valoración*
a	Los paneles pre armados, ¿Qué importancia tienen en el proceso?	Son primordiales, sin ellos no se puede comenzar las paredes ni el techo.	1
b	¿Cuántos proveedores las realizan?	Hay varios proveedores que fabrican chapas pre armadas, pero pocos dan lugar a modificaciones de aislación como el nuestro.	1
c	¿Hay sustituto de ellas?	Sí. Pero no es la idea trabajar con otro material.	0
d	¿Cómo califica los despachos de materiales?	Los despachos se realizan comúnmente en tiempo y forma, llegando el camión a nuestro galpón y se descarga entre el viajante y los operarios.	1

e	¿Cómo califican los tiempos de entrega?	Ver respuesta anterior	1
f	¿Cómo califica la calidad de las diferentes tandas de materiales recibidos?	Es acorde a lo que necesitamos.	1
g	Las chapas dobladas para soldadura, ¿Qué importancia tienen en el proceso?	Es lo que usamos para hacer las uniones piso y pared, pared y techo y entre las mismas paredes. No comenzamos hasta no tener todo.	1
h	¿Cuántos proveedores las realizan?	Al ser una pieza mecanizada, la puede realizar cualquiera. Nosotros elegimos hacerla con uno de Buenos Aires por razones de políticas de empresa.	0
i	¿Hay sustituto de ellas?	No, es una pieza hecha a medida.	0
j	¿Cómo califica los despachos de materiales?	Nos mandan las piezas por un tercerizado de logística y las recibimos en el galpón.	1
k	¿Cómo califican los tiempos de entrega?	El proveedor suele despachar en tiempo, es común tener algunos retrasos por la logística tercerizada.	1
l	¿Cómo califica la calidad de las diferentes tandas de materiales recibidos?	Buena, nunca tuvimos problemas de medidas o de no cumplimiento con algún requisito importante.	1
m	¿Cómo calificaría el orden y limpieza de sus almacenes?	Nuestros almacenes son muy pequeños, están al aire libre como pueden ver y no se tienen grandes cuidados o atenciones.	0
n	¿Cuánto material reciclado usan para su proceso?	No se usan reciclados.	0
o	Comentarios		

3.3. Fabricación: Residuos.

En la industria, se llama residuo al resultante sólido, liquido o gaseoso de los procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo, limpieza o mantenimiento generados por la actividad, en este caso la construcción modular (Lopez Perez, 2017).

Existe una gran variedad de residuos industriales que puede clasificarse en asimilables a urbanos, inertes o peligrosos. En la construcción modular se cuenta con muy poco de residuos peligrosos, entre los que encontramos cartuchos de siliconas de 300ml y latas de pinturas. Con los asimilables a urbanos e inertes se completó la tabla correspondiente (*Tabla3*).

Tabla 6 - Tabla de desechos contestada - Creación propia en Excel

	Residuos del proceso	*Respuesta*	*Valoración*
a	¿Cuán eficiente crees que es el uso de materiales?	Se hace el uso los más eficiente que podemos. Como comenté antes, hicimos una modificación en el diseño para no realizar cortes en las chapas, las molduras vienen a medida y los demás es mínimo que se utiliza por unidad (bulones, clavos, siliconas, etc.). Casi no tenemos desperdicios, se puede ver que solo se cortan las placas de revestimiento, o cuando se coloca alguna canaleta en las chapas; pero no es de volumen significativo.	1

b	¿Cuánta cantidad de materiales desechan?	Ver respuesta anterior	1
c	¿Cuán peligrosos son sus desechos de proceso?	Los desechos peligrosos son los cartuchos de silicona, los tarros de pintura y los elementos para pintar, tipo pinceles, rodillos, solventes. Pero no tenemos residuos peligrosos en sí, solo algún recorte pequeño de chapa o revestimiento. Bueno también están los elementos de herramientas como discos, lijas. Pero no peligrosos.	1
d	¿Cómo califica los desechos de residuos de producción?	Ver respuesta anterior	1
	Comentarios:		

Para conocer la integración de la cadena frente a las tablas antes vistas se utiliza la ecuación:

$$Grado\ de\ integración = \frac{21}{31-2} * 100\% = 72{,}4\%$$

Ecuación 2

3.4. Matriz de sustentabilidad.

Para finalizar este análisis, se añade una mirada desde la sustentabilidad. Teniendo en cuenta la descripción de cada eje antes detallada, se creó la matriz con asistencia de la arquitecta Leiva de la siguiente manera:

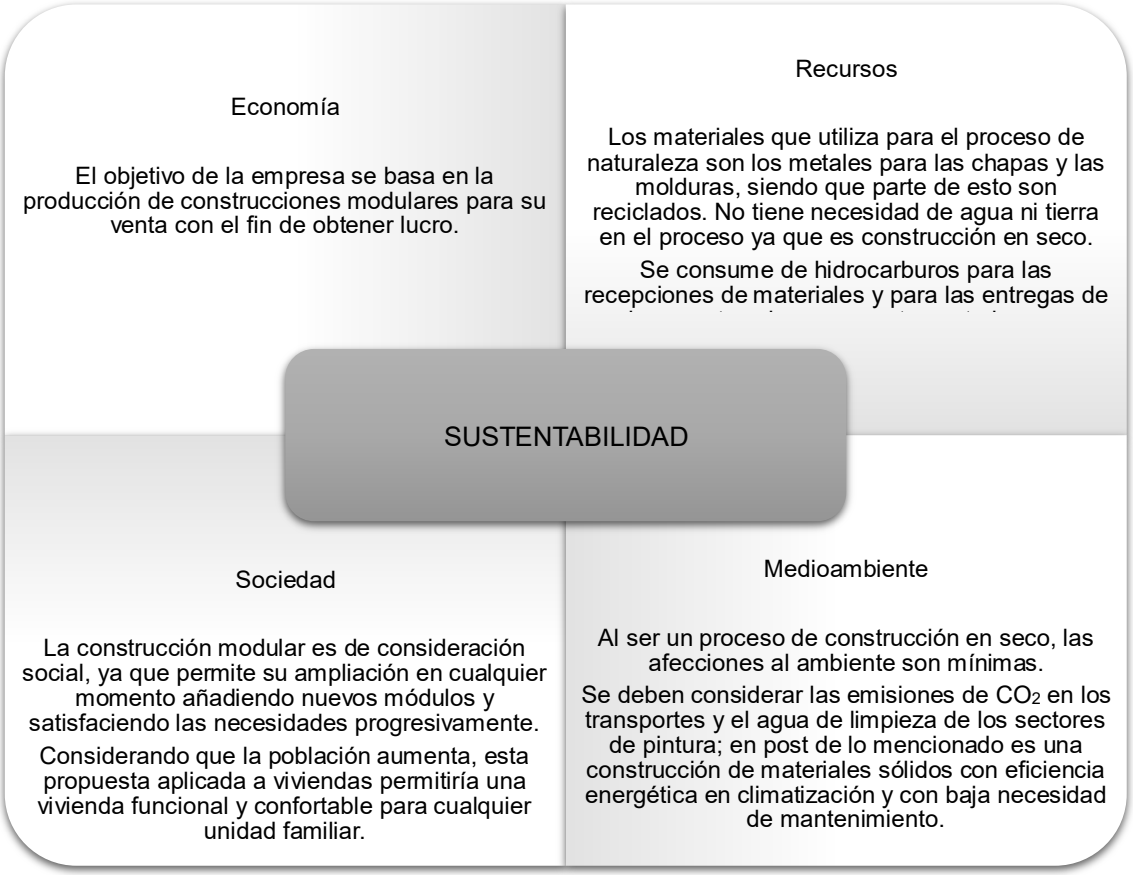


Figura 3 – Matriz de Sustentabilidad de la construcción modular - Creación propia en SmartArt

Para mejorar aún más el proceso, se propone la evaluación de implementar otras prácticas como:

- la posibilidad de trabajar con proveedores locales para la fabricación de molduras o chapas dobladas para soldadura, agregando cláusulas de confidencialidad en el contrato y evitando los traslados de larga distancia y las demoras de las logísticas tercerizadas.
- cambiar a materiales con origen en reciclados, como lo son chapas ecológicas de tetra pack.
- considerar un sistema eléctrico a base de energía renovable, ya sea solar o eólica según la zona, para suministro propio.

Para finalizar, se considera de valor el estudio, desde la empresa, de un nuevo diseño donde las construcciones se trasladan de manera plegada y se despliegan en el lugar de necesidad solicitada. Es decir, la empresa actualmente transporta 1 unidad modular por transporte, lo que busca es transportar 4 unidades por transporte

Actualidad	*Modificación*
$1\ unidad - 1\ emisión\ CO_2(transporte)$	$4\ unidad \\ -\ 1\ emisión\ CO_2(transporte)$
$4\ unidad - 4\ emisión\ CO_2(transporte)$	$1\ unidad \\ -\ 0.25\ emisión\ CO_2(transporte)$

Con esta modificación, se utilizaría solo los recursos de un transporte y se tendrían 4 módulos, con lo cual se emitirían un 75% menos de CO_2 al ambiente, generando un nuevo punto de aporte a la sustentabilidad.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con el abordaje de la investigación, se puede decir que los sectores acotados de la cadena de suministro de una empresa de construcción en seco deben considerar acciones en su cotidianeidad para aportar tanto a la integración como a la sustentabilidad ambiental.

En las respuestas de los tres procesos estudiados, se puede evidenciar una relación entre los mismos. Por ejemplo: en aprovisionamiento de destaca el trabajo con proveedores para disminuir las tareas de fabricación dando menos residuos, también allí se puede ver como la realización de contratos y el cumplimiento de las partes haciendo que los stocks sean mínimos, se encuentran al aire libre, lo que disminuye costos económicos de mantener material inmovilizado y posibilidades de agrupamiento de roedores y otros insectos que contraigan enfermedades al recurso humano. Con esto se tiene un primer indicio que la cadena de suministro se encuentra integrada a nivel interno, siendo este el primer paso a considerar.

En el proceso de aprovisionamiento se evidencia que la relación con proveedores analizados es de carácter de socio, ya que su material es indispensable para el avance de la producción. Se considera favorable la realización de contratos y el trabajo en conjunto al diseñar los productos, estas acciones aportan a la madurez del sistema, espejando sus consecuencias en la fabricación y la economía de los actores, y a la sustentabilidad ya que los residuos se reducen al máximo por no realizar cortes ni uniones innecesarias. Con esto se tiene a primer indicio que la cadena de suministro se encuentra a niveles de integración medios, ya que tiene valiosos vínculos no contando con evaluación de proveedores.

5. AGRADECIMIENTOS

La autora de este trabajo desea agradecer a l Consejo Interuniversitario Nacional (CIN) por su beca de estímulo a las vocaciones científicas 2021, a la Facultad de Ingeniería de la ciudad de Olavarría por su aporte académico, a la docente Claudia Rohvein por su tutela en esta investigación y a la docente Geraldina Roark por su aporte al trabajo. Agradece también a la empresa y sus profesionales por el recibimiento y el aporte de información para poder avanzar.

Habiendo logrado una meta personal, la autora desea destacar el agradecimiento a su familia que acompañó y dio ánimos durante todo el proceso; destacando el valor de que con esfuerzo se puede llegar lejos. Gracias por la confianza.

"Las raíces de los verdaderos logros, residen en la voluntad de convertirse en lo mejor que puedas llegar a ser"

Harold Taylor

6. Referencias

Bowersox, D. J. (1996). *Logistical management: The integrated supply chain process.* McGraw-Hill.

Chopra, S. (2020). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación.* Ecodiseño.

Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management. Strategies for reducing cost and improving service, 2nd ed.* London: London et al.

Croom Simon, R. P. (2000). *Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. European Journal of Purchasing & Supply Management 6.* 67-83.

L.A, M. G. (2011). *Gestión de Logística Integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento.* Starbook Editorial.

Li, S. R.-N.-N. (2006). *The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance.* Omega.

Lopez Perez, M. D. (2017). *Identificación de residuos industriales: UF0287.* Madrid, Spain: CEP, S.L.

Panceri, J. (2021). *Sustentabilidad: economía, desarrollo sustentable y medioambiente.* Editorial Biblos.

R., B. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro.* Mexico: Pearson Educación.

R., Y. (2014). *Case study research: design and methods. 5th ed. Thousand Oaks.* US: Sage Publication.

Röglinger M., P. J. (n.d.). *Maturity models in business process management.* Management Journal.

Sampieri Hernandez, R. (2014). *Metodología de la investigación.* Mc Graw Hill Education.

Tracey, M. V. (1999). *Manufacturing technology and strategy formulation: Keys to enhancing competitiveness and improving performance.* Operations Management.

DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO OEE EN LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE UNA FÁBRICA DE LEVADURA

Estapé, Marcos Gabriel; Alves, Nancy; Migliavacca, Julieta; Molina Apud, Benjamín Miguel

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
mgestape@gmail.com
nalves@herrera.unt.edu.ar
jmigliavacca@herrera.unt.edu.ar
bmolina@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

El **Overall Equipment Effectiveness** OEE (**Eficacia global de equipos productivos),** es un indicador **que mide el nivel de eficacia de las máquinas** en la industria y es fundamental para controlar si las herramientas de mejora continua que se aplican en una empresa son eficaces.
El presente trabajo se desarrolló en una fábrica de levadura como parte de la Práctica Profesional Supervisada de un alumno de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología -Universidad Nacional de Tucumán.
La empresa es la principal productora de levadura del país y produce levadura fresca prensada, fluida, seca Instantánea y seca inactiva.
El objetivo de la PPS fue el cálculo y medición del OEE para las líneas de producción de Levadura Prensada Familiar, Levadura Prensada Industrial y Levadura Seca de la planta.
Para el logro del objetivo se determinaron tres etapas. En la primera se realizó un relevamiento y análisis de datos disponibles de producciones históricas en las líneas de producción, de paradas programadas e imprevistas y la confección del balance (Budget) para las líneas.
En la segunda se confeccionaron planillas digitales, se capacitó al personal y se elaboraron instructivos. En la tercera etapa se determinó el OEE para las líneas mencionadas.
La incorporación del cálculo del OEE permitió una detección rápida de cualquier inconveniente que pueda estar ocasionando un bajo rendimiento en la línea y la verificación del correcto funcionamiento del sistema.
Palabras Claves: eficiencia global de los equipos, estandarización, digitalización de planillas de control, paradas de equipos.

ABSTRACT

The Overall Equipment Effectiveness OEE is an indicator that measures the level of efficiency of the machines in the industry and is essential to control whether the continuous improvement tools applied in a company are effective.
This work was developed in a yeast factory as part of the Supervised Professional Practice of an Industrial Engineering student of the Faculty of Exact Sciences and Technology - National University of Tucumán.
The company is the main yeast producer in the country and produces fresh pressed, fluid, instant dry and inactive dry yeast.
The objective of the PPS was to calculate and measure the OEE for the production lines of Family Pressed Yeast, Industrial Pressed Yeast and Dry Yeast of the plant.
To achieve the objective, three stages were determined. In the first stage, a survey and analysis of available data on historical production in the production lines, scheduled and unplanned shutdowns and the preparation of the Budget for the lines were carried out.
In the second stage, digital spreadsheets were prepared, personnel were trained and instructions were prepared. In the third stage, the OEE was determined for the aforementioned lines.
The incorporation of the OEE calculation allowed a quick detection of any inconvenience that may be causing a low performance in the line and the verification of the correct operation of the system.
Keywords: Overall Equipment Effectiveness, standardization, digitalization of control sheets, equipment shutdowns

1. INTRODUCCIÓN

El OEE -Efectividad Global del Equipo- es un indicador de gestión que se relaciona con la efectividad y permite ver el comportamiento global de los equipos, mediante su Disponibilidad, Eficiencia de Desempeño y la Calidad de los trabajos. El OEE, que es el único índice de clase mundial usado por el Mantenimiento Productivo Total (TPM), se mide mediante la determinación del producto de los tres factores mencionados. (García Palencia, 2012)
Esta herramienta es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo. Este es un factor clave, para poder identificar y paliar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación.
La empresa donde se realizó el trabajo está ubicada en la provincia de Tucumán; es la principal productora de levadura del país y distribuye sus distintos productos a Argentina, Chile, Perú, Colombia y Uruguay.
Las áreas que presenta la empresa son: Administración y Logística, Ingeniería y Mantenimiento, Planeamiento de la producción, Seguridad y Medio Ambiente, Gestión de Calidad que incluye Control de Calidad de Proceso, Materia prima y envasado, Asistencia al cliente, Microbiología y Seguridad Alimentaria y Producción.
Los productos que se elaboran son: Levadura Fresca Prensada, Levadura Fresca Fluida, Levadura Seca Instantánea y Levadura Seca Inactiva.
El objetivo del trabajo es mostrar el desarrollo de una Práctica Profesional Supervisada realizada en la empresa cuya necesidad fue el cálculo y medición del parámetro de eficiencia global OEE% en forma automatizada y estandarizada para las líneas de producción de LPF (Levadura Prensada Familiar), LPI (Levadura Prensada Industrial) y Levadura Seca.
Para cumplir con este objetivo general se dividió el trabajo realizado en tres etapas, las cuales contaron con diferentes objetivos específicos.

2.DESARROLLO

2.1 Primera Etapa: Estandarización de Paradas y Presentación del Balance (Budget)

En primera instancia se procedió a recolectar y digitalizar toda la información disponible relacionada con la cantidad y los tiempos de producción de cada una de las líneas de la planta correspondiente a los periodos fiscales 2020-2021 y 2021-2022.
En base a la información relevada, se confeccionó el balance o Budget, ver Tabla 1, donde se incluye una lista estandarizada tanto de las paradas programadas como no programadas (imprevistas) de cada una de las líneas. La primera columna del balance, 2021, corresponde a los datos relevados en el período fiscal 2020-2021 desde el 01/09/2020 al 31/08/2021; la segunda columna YTD 21-22 (Year Today) se usa para completar con los datos correspondientes al año fiscal 2021-2022, del 01/09/2021 al 01/05/2022; la tercera YTG 21-22 (Year To Go) para completar por personal del área de Logística en conjunto con el sector de Producción y Mantenimiento, se trata de una estimación para lo que resta del año fiscal 2021-22 (del 01/05/2022 al 31/08/2022) y la cuarta BUD 22-23 (Budget) se utiliza para completar por personal del Área de Logística en conjunto con el Sector de producción y Mantenimiento y se trata de una estimación para el año fiscal 2022-23 (del 01/09/2022 al 31/08/2023).

Tabla 1 Balance o Budget

Línea
Capacidad Nominal Tn/h
Horas de funcionamiento de línea

Imprevistas	**2021**	**YTD 21-22**	**YTG 21-22**	**BUD 22-23**
Falta de Personal Covid 19				
Falta de Personal				
Falla Mecánica				
Falla Eléctrica				
Falta Insumo				

Falta Intermedio				
Servicios				
Regulación de Parámetros por Crema				
Limpieza				
Insumo fuera de especificación				
Medida sindical				
PT fuera de especificación				
Otros				
Total Imprevistas (%)				

Programadas	**2021**	**YTD 21-22**	**YTG 21-22**	**BUD 22-23**
Comedor				
Cambio de bobina				
Cambio de producto				
Cambio de Termo				
Arranque y Parada				
Precapa				
Mantenimiento Programado/ Limpieza				
Prueba/Ensayo				
Capacitación/Reunión jefe de turno				
Otros				
Total Programadas (h)				

.

Para completar el balance de la Línea LPI (Levadura Prensada Industrial), en primer lugar, se realizó la estandarización de las paradas que presenta la línea (Tabla 2). Esto quiere decir que se agruparon los diferentes motivos de paradas en categorías más generales, por ejemplo: Limpieza de Boquilla Teflón, Limpieza de Máquina/Sector, CIP y CIP Línea de Crema se clasificaron o estandarizaron en la categoría Limpieza (CIP- Cleaning in Place).

Tabla 2. Clasificación y Estandarización Paradas Programadas LPI.

Parada Programada	**Motivo de Parada**
Comedor	Comedor
Cambio de Presentación	Cambio de formato
Cambio de Termo	Cambio de Silo/Termo
Arranque y Parada	Arranque de Línea
Precapa	Precapa
Mantenimiento Programado/ Limpieza	Cambio de bobina
	Mantenimiento Programado
	Lubricación
Limpieza (CIP)	Limpieza boquilla teflón
	Limpieza de máquina /sector
	CIP
	CIP Línea de crema
Prueba/Ensayo	Ensayo
Capacitación/Reunión jefe de turno	Capacitación
Otros	Extracción de escamas waterfall
Programadas	Programadas

El ítem que corresponde a Programadas en la tabla 2, se debe a que, a partir de diciembre del 2020, en la carga de las planillas, las paradas no se clasificaron en diferentes motivos, por ello se lo tuvo que agregar.
Luego de estandarizar las paradas, se procedió a determinar los tiempos perdidos que registró cada categoría. Se analizaron los períodos 2020-21 que es el período fiscal comprendido entre 01/09/2020 y 31/08/2021 y el período 2021-22, que es del 01/09/2021 al 01/05/2022 y los resultados obtenidos se pueden ver en la Tabla 3 para Paradas Programadas, y Tablas 4 para Paradas Imprevistas o No Programadas.

Tabla 3: Tiempos Perdidos Paradas Programadas LPI (2020-2021) y LPI (2021-2022)

	PERIODO 2020-2021		PERIODO 2021-2022	
Parada Programada Estandarizada	Tiempo Perdido (min)	Tiempo Perdido (h)	Tiempo Perdido (min)	Tiempo Perdido (h)
Programadas	58981.0	983.02	34775.0	579.58
CIP	2400.0	40.00	0.0	0.00
Precapa	262.0	4.37	103.0	1.72
Comedor	180.0	3.00	0.0	0.00
Mantenimiento Programado	175.0	2.92	0.0	0.00
Arranque y Parada	30.0	0.50	0.0	0.00
Cambio de Termo	10.0	0.17	0.0	0.00
Cambio de Presentación	0.0	0.00	0.0	0.00
Capacitación/Reunión jefe de turno	0.0	0.00	0.0	0.00
Prueba/Ensayo	0.0	0.00	0.0	0.00
Otros	0.0	0.00	0.0	0.00
Total General	62038.0	1033.97	34878.0	581.3

Tabla 4 Tiempos Perdidos Paradas NO Programadas LPI 2020-2021 y 2021-2022

	PERIODO 2020-2021			PERIODO 2021-2022		
Parada No Programada Estandarizada	Tiempo Perdido (min)	Tiempo Perdido (h)	Tpo. Perdido respecto al Tpo. de Producción	Tiempo Perdido (min)	Tiempo Perdido (h)	Tpo. Perdido respecto al Tpo. de producción
En blanco	10599.93	176.67	3.26 %	4075.34	67.92	2.73 %
Falla Mecánica	9980.18	166.34	3.07 %	3164.74	52.75	2.12 %
Impermeabilización de filtro	2172.01	36.20	0.67 %	253.78	4.23	0.17 %
Packaging	2121.10	35.35	0.65 %	612.05	10.20	0.41 %
Regulación de Parámetros por Crema	1682.22	28.04	0.52 %	2172.01	36.20	0.67 %
Falta de crema	1462.62	24.38	0.45 %	776.26	12.94	0.52 %
Proceso	1390.41	23.17	0.43 %	283.63	4.73	0.19 %
Falla Eléctrica	820.75	13.68	0.25 %	507.55	8.46	0.34 %
Insumo fuera de especificación	748.05	12.47	0.23 %	0.00	0.00	0.00 %
Reuniones	336.45	5.61	0.10 %	89.57	1.49	0.06 %

Falta de Personal Covid	164.29	2.74	0.05 %	0.00	0.00	0.00 %
Cambio de presentación	143.76	2.40	0.04 %	0.00	0.00	0.00 %
Otros	123.20	2.05	0.04 %	432.91	7.22	0.29 %
Ensayos	108.84	1.81	0.03 %	537.41	8.96	0.36 %
Falta Insumos	50.00	0.83	0.02 %	59.71	1.00	0.04 %
Falta de pedido	0.00	0.00	0.00 %	0.00	0.00	0.00 %
Limpieza	0.00	0.00	0.00 %	149.28	2.49	0.10 %
Total General	31903.79	531.73	9.80 %	11225.86	187.10	7.52 %

El tiempo de producción considerado es 5424 h. para el periodo 20-21 y corresponde al tiempo total de producción real de cada período. El tiempo de producción para el periodo 21-22 es 2488 h.
En el ítem En blanco, que se observa en la Tabla 4, hace referencia a aquellas planillas en las que no se especificó ningún tipo de parada. Es decir, se registró un determinado tiempo perdido pero el operario no anotó cuál era su causa.
El Tiempo de Producción (TP), al que se hace referencia en el cálculo en la Tabla 4, es el tiempo total de producción real de cada período, calculado con la Ecuación (1).

$$TP = \text{Cantidad de turnos registrados} \times \text{Tiempo de un Turno} \quad (1)$$

La cantidad de turnos registrados se determinó contabilizando la cantidad de planillas llenadas por los operarios.
El tiempo de un turno corresponde a las 8 horas de trabajo, es decir, 480 min.
Con estos datos se procedió a completar el balance o Budget de la línea LPI, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Balance o Budget LPI

Línea LPI		
Capacidad Nominal Tn/h		
Horas de funcionamiento de línea	5424	2488

Imprevistas	**2021**	**YTD 21-22**	**YTG 21-22**	**BUD 22-23**
Sin especificar	3.26 %	2.73 %		
Falla Mecánica	3.07 %	2.12 %		
Impermeabilización de filtro	0.67 %	0.17 %		
Packaging	0.65 %	0.41 %		
Regulación de Parámetros por Crema	0.52 %	0.19 %		
Falta de crema	0.45 %	0.52 %		
Proceso	0.43 %	0.19 %		
Falla Eléctrica	0.25 %	0.34 %		
Insumo fuera de especificación	0.23 %	0.00 %		
Reuniones	0.10 %	0.06 %		
Falta de Personal Covid 19	0.05 %	0.00 %		
Cambio de presentación	0.04 %	0.00 %		
Otros	0.04 %	0.29 %		
Ensayos	0.03 %	0.36 %		
Falta Insumos	0.02 %	0.04 %		
Limpieza	0.00 %	0.10 %		
Servicios	0.00 %	0.00 %		
Falta de personal	0.00 %	0.00 %		

Cambio de programa	0.00 %	0.00 %		
PT fuera de especificación	0.00 %	0.00 %		
Total Imprevistas (%)	**9.80 %**	**7.5 %**		

Programadas	**2021**	**YTD 21-22**	**YTG 21-22**	**BUD 22-23**
Programadas	983.02	579.58		
Mant. Programado y Limpieza	42.92	0.00		
CIP	4.37	1.72		
Precapa	3.00	0.00		
Comedor	2.92	0.00		
Cambio de Termo	0.60	0.00		
Arranque y Parada	0.50	0.00		
Cambio de bobina	0.00	0.00		
Prueba/Ensayo	0.00	0.00		
Cambio de Producto	0.00	0.00		
Capacitación/Reunión jefe de turno	0.00	0.00		
Parada Anual	0.00	0.00		
Otros	0.00	0.00		
Total Programada (h)	1034.40	581.30		

Las columnas correspondientes a YTG2122, BUD2223, así como la capacidad nominal de la línea, fueron completadas por personal del área de Logística en conjunto con el sector de Producción y Mantenimiento.
En la tabla 5 se puede observar que hay un tiempo de Paradas Programadas de 983,02 h y 579,58 h y un porcentaje correspondiente a Sin especificar de 3.26 % y 2,73% que se deben a la cantidad de planillas diferentes que se tenían en la línea y al mal llenado de las mismas, lo que derivó en que no se anotaran cuáles eran las causas de los tiempos perdidos que ocurrían en la línea durante los diferentes turnos.
El procedimiento utilizado para el producto LPI se replicó para los productos Levadura Seca (LS) y para Levadura Prensada Familiar (LPF) y con todos los datos se elaboró el Budget correspondiente. En la Tabla 6 se presenta un resumen de los balances para los tres productos.

Tabla 6 Resumen de los Balances de las tres líneas

	Línea LPI	**Línea LS**	**Línea LPF**
Capacidad Nominal Tn/h			
Horas de funcionamiento de línea 2021	5424	2480	7848
Horas de funcionamiento de línea YTD 21-22	2488	4152	2368
Total Paradas Imprevistas (%) 2021	9.80 %	6.90 %	3.38 %
Total Paradas Imprevistas (%) YTD 21-22	7.5 %	8.42 %	9.61 %
Total Paradas Programadas (h) 2021	1034.40	281.88	1413.80
Total Paradas Programadas (h) YTD 21-22	581.30	513.36	521.40

De la tabla 6 se puede ver que los valores tanto de % de paradas imprevistas como de paradas programadas, están dentro de lo deseado por la empresa, sin embargo, no se pueden identificar con certeza las causas de estos números debido al mal llenado de las planillas de control y a la falta de datos relevantes en el resto de las líneas.

2.2 Segunda Etapa: Implementación de Planillas Digitales Estandarizadas para el control de la producción en las líneas LPF, LPI y Levadura Seca.

En la segunda etapa del trabajo se confeccionaron las planillas digitales estandarizadas para el control de la producción de las líneas de LPI, LPF y Levadura Seca. Se logró una planilla única para

cada sector de empaque, con el fin de evitar recopilar los datos desde varias fuentes diferentes, también se pudo terminar con el uso de planillas físicas ahorrando papel y haciendo más eficiente y directa la carga de los datos en el sistema y se logró una planilla simple y dinámica que permita que los operarios, incluso los menos experimentados en el campo de la informática pueden cargar los datos en la misma.
Las planillas se confeccionaron empleando el programa Microsoft Excel ya que brinda la posibilidad de realizar tablas dinámicas y gráficos, al mismo tiempo que se trata de un programa con poca dificultad para su manejo.

Las planillas se cargaron al sistema, y se implementó una capacitación destinada al personal responsable de su uso diario.
En estas capacitaciones se explicó de una manera sencilla como realizar la carga de los datos y se respondieron las dudas de los operarios que fueron surgiendo en dicho proceso.
Se escribió, además, un sencillo instructivo para cada planilla, con el fin de brindar asistencia al operario en el momento de la carga de los datos y al cual pueda recurrir en cualquier momento ante cualquier duda que se le presente.

2.3 Tercera Etapa: Determinación y Cálculo del Parámetro de Eficiencia OEE.

*En la tercera etapa se realizó la d*eterminación del factor de eficiencia global OEE % de los equipos para las líneas de LPF, LPI y Levadura Seca, y para ello se utilizó la Ecuación (2):

$$\text{OEE \%} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Tasa de calidad} \qquad (2)$$

La expresión anterior equilibra y estandariza el valor de cada indicador, aumentando el nivel de sensibilidad en el resultado final debido a que el OEE depende en igual proporción de cada uno de sus componentes. Este equilibrio también indica la necesidad de generar esfuerzos dirigidos al mejoramiento de cada uno de los componentes críticos de la producción y del mantenimiento, donde el descuido de uno alterará significativamente el resultado final del OEE.
La disponibilidad es la razón entre el tiempo de producción real y el tiempo planificado de producción. Incluye todos aquellos eventos que interrumpen la producción planeada, tanto las paradas programadas como las No planificadas, entre ellas se puede mencionar las averías y las esperas.
La eficiencia es la razón entre la cantidad real producida y la cantidad teórica a producir. Se refiere a todas aquellas causas que provocan que los procesos de producción funcionen a una velocidad menor a la establecida como nominal.
La tasa de calidad es el cociente entre la cantidad real producida buena y la cantidad real producida total. Hace referencia a todos aquellos productos que no cumplen con los estándares de calidad, incluyendo también los productos rechazados y reprocesados.
Es decir, el OEE contempla la influencia de la falta de disponibilidad por paradas de los equipos y del proceso, las pérdidas por reducción de la velocidad de producción y tiempos muertos y las pérdidas por problemas de calidad. (Gallará, 2020)
El valor obtenido del OEE tiene un significado y refleja un calificativo para la maquinaria, lo cual permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. Este indicador se clasifica en cinco rangos: un OEE menor a 65% es inaceptable y las consecuencias son importantes pérdidas económicas y baja competitividad. Un OEE entre 65 % y 75% es regular y es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Entre 75% y 85% es aceptable e implica ligeras pérdidas económicas y competitividad ligeramente baja. Entre 85% y 95% el calificativo es bueno y se está en valores considerados World Class y mayor de 95% es excelente. (Cruelles, 2010).
Este indicador es una herramienta útil para identificar oportunidades de mejora, cuellos de botella, prevenir e identificar posibles fallas y evaluar el desempeño de la producción.
En este caso, para cada una de las líneas de la planta, se espera alcanzar un OEE superior al 90% para situarse en valores considerados World Class - Clase Mundial.
Para el cálculo de los indicadores se agregó una hoja en las planillas digitales estandarizadas confeccionadas en la etapa dos. Se muestra como ejemplo en la Figura 1 captura de pantalla de la planilla de Control de Producción para la levadura prensada familiar LPF.

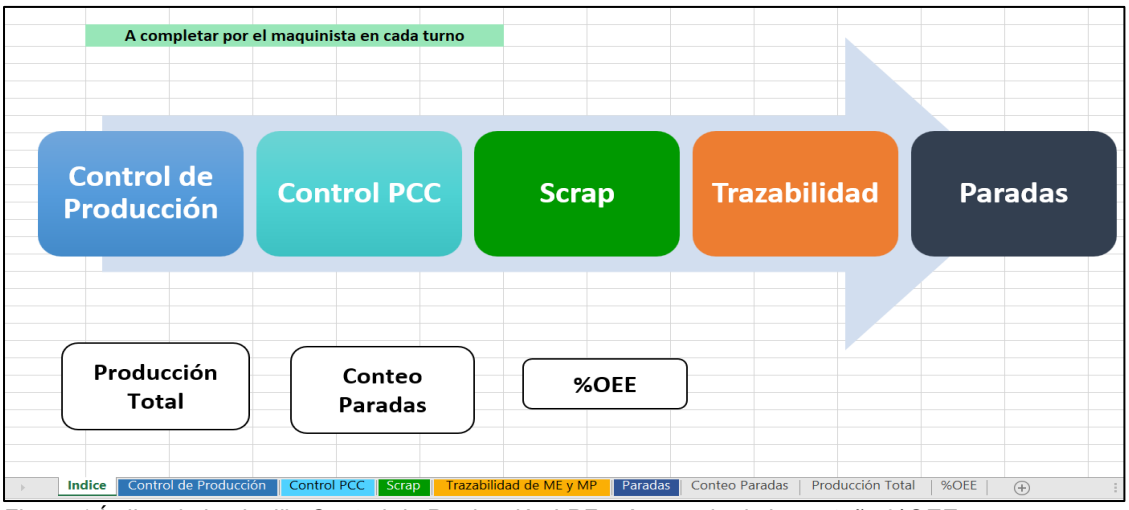


Figura 1 Índice de la planilla Control de Producción LPF – Agregado de la pestaña %OEE

Haciendo clic izquierdo en la pestaña "%OEE" el maquinista es dirigido hacia la hoja del documento Excel en donde encuentra una tabla que le permite calcular el OEE de forma rápida y sencilla. En la Figura 2 se puede ver una captura de la planilla. Por ejemplo el maquinista que se encuentra en el turno noche (TN) del día 01/03/2022 completa la tabla con los datos que le solicita y luego puede ver el OEE de su turno, que corresponde para el ejemplo un valor de 93.24 %.

Fecha	Turno	TOTAL Paradas Programadas	TOTAL Paradas No Prog	Tiempo Carga	Presentación	Velocidad Teórica (unid/min)	Velocidad Teórica (Kg/min)	Producción Teórica (kg)	Producción Real (kg)	%OEE
28/02/2022	TM	99	60	381	Mauripan Masa Salada x 500 g	27.5	13.75	5238.75	4376.00	83.53%
28/02/2022	TN	146	30	334	Mauripan Masa Salada x 500 g	28	14.00	4676.00	1842.50	39.40%
1/3/2022	TM	154	40	326	Mauripan Masa Salada x 500 g	28	14.00	4564.00	4188.00	91.76%
1/3/2022	TN	154	40	326	Mauripan Masa Salada x 500 g	28	14.00	4564.00	4255.50	93.24%

Figura 2 Captura de pantalla de la Planilla de Cálculo del OEE para la línea de Levadura Seca

3.CONCLUSIONES

Ser una empresa de Clase Mundial es un anhelo de todas las empresas que quieren ser competitivas y estar a la vanguardia en la excelencia en sus procesos productivos. El cálculo del OEE es fundamental para concretar ese anhelo y que se traduzca en un objetivo posible y medible. Con la realización de este proyecto se pudo estandarizar los motivos de paradas en cada una de las líneas, conociendo en detalle cada uno de los procesos que las integran. La recolección de toda la información necesaria, en todos los formatos disponibles, es clave para implementar la estandarización de forma óptima.

Es importante tener en cuenta que cuando se realiza el relevamiento y análisis, se debe tener un buen trato con las personas que trabajan en la línea, para así obtener su colaboración y trabajar en conjunto para lograr una mejor implementación de la mejora a realizar.

El balance o Budget, determinado para cada una de las líneas, permite visualizar y tener en claro cuáles son los subprocesos que se deben mejorar dentro de cada una de ellas para lograr una mayor eficiencia.

Para la confección correcta del balance o Budget es imprescindible contar con datos certeros y confiables de la carga de los registros, esto se logró mediante la confección de un formato estándar de planillas digitales para cada línea.

La incorporación del cálculo del parámetro de eficiencia global (OEE%) dentro de las planillas de control de producción de las líneas permite una detección rápida de cualquier inconveniente que pueda estar ocasionando un bajo rendimiento en la línea.

Por último, es importante la capacitación del personal mediante documentación estándar para el cumplimiento y sostenimiento del nuevo método de trabajo.

4.REFERENCIAS

Cruelles, J. A. (2010). La teoría de la medición del despilfarro. Toledo: Artef, S. L.

Gallará, I. (2020). Mantenimiento industrial. Córdoba: Universitas.

García Palencia, O. (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial. Bogotá: Ediciones de la U.

MODELADO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE CARBONATO DE LITIO A PARTIR DE SALMUERAS DEL NOA MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES. FACTORES INFLUYENTES.

Thames Cantolla, Martin; Valdez, Silvana Karina; Orce Schwarz, Agustina

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta
Instituto de Beneficio de Minerales.
core.mtc@hotmail.com

RESUMEN

En los últimos años el litio se ha convertido en un elemento estratégico a nivel mundial, debido a su creciente demanda por parte de los fabricantes de automóviles eléctricos. Una de las principales fuentes de litio son las salmueras naturales. Particularmente los salares del Noroeste Argentino presentan concentraciones de litio que permiten su explotación para la obtención de carbonato de litio (Li2CO3). Las empresas mineras proponen procedimientos diferentes para obtener dicho producto. Sin embargo, en cada uno de ellos intervienen diversos factores que influyen en el rendimiento total del proceso requiriéndose ensayos experimentales de manera exhaustiva. El objetivo de este trabajo es analizar y determinar la influencia de las variables intervinientes como ser: grado de evaporación; concentración de Li^{+} y Mg^{+2} en la salmuera; humedad de subproductos; pureza de los insumos; entre otros. Para ello se realizó la simulación de un proceso típico para la obtención de Li2CO3 utilizando el simulador Aspen Plus v11 y empleando como materia prima 3 salmueras de la región. Los datos obtenidos se modelaron utilizando redes neuronales artificiales (ANN) a través de toolbox SRO_ANN del software MATLAB R2017b. El modelo resultante muestra la influencia de los parámetros más influyentes en el proceso y el grado de interacción entre ellos. Adicionalmente permite predecir el rendimiento del proceso conociendo los valores de entrada.

Palabras Claves: redes neuronales; litio; procesos.

ABSTRACT

In recent years, lithium has become a strategic element worldwide, due to its growing demand by electric car manufacturers. One of the main sources of lithium is natural brines. Particularly the salt flats of the Argentine Northwest present concentrations of lithium that allow their exploitation to obtain lithium carbonate (Li_2CO_3). Mining companies propose different procedures to obtain said product. However, in each of them various factors intervene that influence the total yield of the process, requiring exhaustive experimental tests. The objective of this work is to analyze and determine the influence of the intervening factors such as: degree of evaporation; concentration of Li^{+} and Mg^{+2} in the brine; by-product moisture; purity of inputs; among others. For this, the simulation of a typical process for obtaining Li_2CO_3 was carried out using the Aspen Plus v11 simulator and using 3 brines from the region as raw material. The data obtained was modeled using artificial neural networks (ANN) through the SRO_ANN toolbox of the MATLAB R2017b software. The resulting model shows the influence of the most influential parameters in the process and the degree of interaction between them. Additionally, it allows predicting the performance of the process knowing the input values.

Keywords: neural networks; lithium; processes.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el litio se ha convertido en uno de los recursos más interesantes del mundo, tanto entre empresas mineras que lo ven como una interesante oportunidad de negocios como así también entre países con reservas y deseos de atraer inversiones.

Hoy en día, el mercado de litio se encuentra en crecimiento, las grandes empresas están construyendo planes de negocios a futuro basados en la tecnología del litio, las exportaciones a nivel mundial de este mineral están aumentando y las investigaciones vinculadas a aplicaciones, mejoras de procesos, entre otros., son cada vez mayores.

Este mercado ha ido aumentando durante los últimos 20 años debido a la creciente demanda de los fabricantes de baterías para diversas aplicaciones, siendo la industria automotriz la principal demandante con casi el 40 % de participación del mercado. Según diferentes previsiones, alcanzaría más de dos tercios de la demanda mundial para el 2025 (Castello & Kloster, 2015; El Tribuno, 2019; Investiga Ciencia y Tecnología UNLP, 2019). Desde esta perspectiva, los salares enriquecidos con litio de América del Sur son muy atractivos debido a su disponibilidad de recursos y costos operativos competitivos. En Sudamérica, la cuarta reserva de litio más grande del mundo se encuentra en nuestro país (que forma parte del "Triángulo de Litio" junto a Bolivia y Chile)(Comercio y Justicia, 2019; El Tribuno, 2019; Manrique, 2014).

Nuestro país tiene alrededor de 50 proyectos de litio en diversas etapas de exploración, algunos recién iniciando su primer trabajo y otros en etapas avanzadas. Pero sólo 8 proyectos pronto entrarán en producción, uniéndose a Sales de Jujuy y Fénix como las dos únicas minas que actualmente producen litio en el país. Con este desarrollo listo para la operación comercial, Argentina podría expandir significativamente la producción de litio en los próximos años, pasando de exportar litio por US$ 200 millones en 2021 a US$ 4.000 millones anuales en seis años (EconoJournal, 2022; Gobierno de Salta, 2022).

En términos generales, una la empresa que desea iniciar la explotación económica de litio debe identificar el salar y determinar las características geológicas y químicas de la salmuera. Una vez que se confirma la viabilidad de la salmuera, se desarrolla o selecciona un proceso de producción para convertir la salmuera en el producto deseado, más frecuentemente Li_2CO_3, aunque hoy en día existen empresas que proyectan producir LiOH, LiCl e incluso Li_3PO_4 (Comercio y Justicia, 2019; Díaz, 2020; Manrique, 2014; Ministerio de Economia de la Republica Argentina, 2022) . Tal desarrollo o elección del proceso de producción está íntimamente relacionado con el tipo y calidad de la salmuera a procesar. Generalmente en un proceso típico de obtención de carbonato de litio, se encuentran presentes las etapas de: evaporación, purificación, encalado, tratamiento con resinas, entre otros (Calvo, 2019; Visintin, 2021).

Encontrar la relación entre las variables de entrada y salida puede ser útil para una empresa minera, porque permitiría encontrar la operación óptima del proceso, logrando así un alto rendimiento sin consumir recursos innecesarios (Ortiz Sánchez, 2018; Panorama Minero, 2018; Visintin, 2021).

Sin embargo, elegir un método de producción es quizás una de las operaciones más críticas y problemáticas en la minería. El propósito de seleccionar el método de procesamiento es maximizar las ganancias de la empresa, alcanzando la mayor recuperación de recursos minerales, mientras se trabaja en un ambiente seguro (Flexer et al., 2018; Ortiz Sánchez, 2018; Panorama Minero, 2018). Debe tenerse en cuenta que no existe un único método adecuado para todos los salares. Particularmente, los salares en donde se encuentran concentraciones económicas de litio para su explotación, presentan propiedades y características diversas entre sí, incluso en salares que pertenecen a una misma zona geográfica (Flexer et al., 2018; Panorama Minero, 2018; Ruiz Peyré & Dorn, 2020).

La estrategia de utilizar el mismo método de extracción que el salar más próximo no siempre es reproducible en el salar de interés. Sin embargo, esto no significa que no se pueda aprender comparando los planes mineros de operaciones existentes en la misma zona o depósitos similares [10]. Es por ello que las empresas mineras proponen diferentes procedimientos para obtener su producto final. Sin embargo, en cada uno de ellos intervienen diversos factores que influyen en el rendimiento total del proceso requiriéndose ensayos experimentales de manera exhaustiva. El objetivo de este trabajo es analizar y determinar la influencia de las variables intervinientes en el proceso de producción como ser: grado de evaporación; concentración de Li^+ y Mg^{+2} en la salmuera; humedad de subproductos; pureza de los insumos; entre otros. Para ello se realizó la simulación de un proceso típico para la obtención de Li_2CO_3 utilizando el simulador Aspen Plus v11 y empleando

como materia prima 3 salmueras de la región. Los datos obtenidos se modelaron utilizando redes neuronales artificiales (ANN) a través de toolbox SRO_ANN del software MATLAB R2017b. El modelo resultante muestra la influencia de los parámetros más influyentes en el proceso y el grado de interacción entre ellos. Adicionalmente permite predecir el rendimiento del proceso conociendo los valores de entrada.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Aspen Plus

El software Aspen (Sistema Avanzado para Ingeniería de Procesos) es utilizado en diferentes industrias para la simulación de procesos químicos mediante la representación en diagramas de flujo [8, 9]. Cuenta con una biblioteca de elementos y compuestos químicos, como así también de equipos típicos de la industria como ser: columnas de destilación, intercambiadores de calor, separadores y reactores, entre otros(Adornado et al., 2017; Chu, 2005; Espínola Lozano, 2017; Schefflan, 2016). Mediante la simulación de procesos, se puede representar un proceso productivo en el cual tienen lugar transformaciones físicas y químicas, a través de modelos matemáticos vinculados a balances tanto de materia como de energía, ecuaciones cinéticas, equilibrio de fases, entre otros (Espínola Lozano, 2017).

Al utilizar un simulador de procesos, resulta posible:

- Predecir el comportamiento de un proceso químico.
- Analizar diferentes escenarios al modificar variables.
- Optimizar un proceso, ya sea por etapa o en su totalidad.
- Implementar mejoras o agregar etapas a un proceso.

Cabe destacar que este software es capaz de realizar simulaciones tanto en estado estacionario como en estado dinámico y por ello hacen de este uno de los simuladores más empleados a nivel mundial. En la Figura 1 se presenta la pantalla principal de Aspen Plus donde se diseña el proceso a simular. De forma general se puede indicar que los pasos a seguir para realizar una simulación en Aspen Plus son los siguientes (Adams, 2022; Chu, 2005; Schefflan, 2016):

1. Definir el flowsheet del proceso con las corrientes de entrada y salida.
2. Establecer los componentes químicos en el proceso.
3. Seleccionar los modelos termodinámicos para representar las propiedades físicas.
4. Definir los caudales de las corrientes.
5. Definir las condiciones de operación de los equipos.
6. Vincular los equipos mediante las corrientes de material.
7. Verificar que todos los datos requeridos por el simulador se encuentren cargados correctamente y en las unidades correspondientes.
8. Ejecutar la simulación.

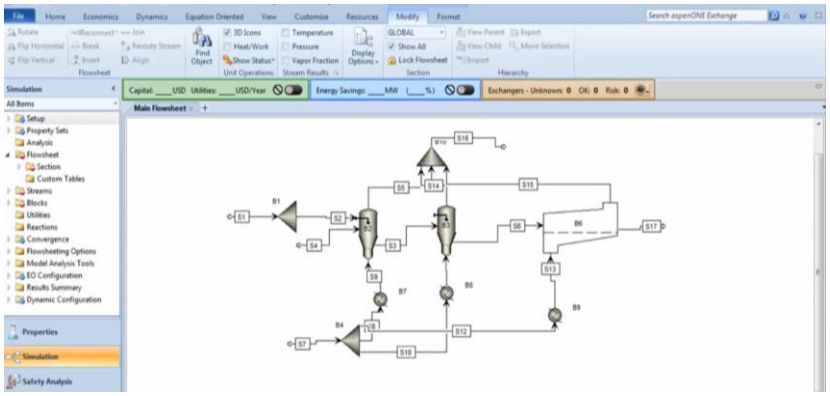


Figura 1. Pantalla principal de flowsheet en Aspen Plus v11

2.2 Design Expert

Design-Expert es una aplicación estadística de diseño de experimentos (DoE) que proporciona un análisis en profundidad de los factores del proceso y los componentes relacionados. Proporciona

gráficos 3D para visualizar superficies de respuesta y perfiles 2D para ayudar a determinar las coordenadas y predecir la respuesta.

Su versatilidad permite manipular variables categóricas en conjunto con variables de procesos (numéricas) y/o mezclas. De acuerdo a las necesidades del usuario, el software construye y propone un protocolo aleatorizado del trabajo experimental a ejecutar. Además, con el editor de diseños permite borrar, aumentar, duplicar y/o modificar corridas en cualquier diseño (EstatEase, 2019; StatEase, 2022).

Sectores y campos de aplicación

- Control de calidad.
- Educación, y investigación y desarrollo.
- Energía.
- Ingeniería de control, instrumentación y medida
- Medicina/Biotecnología.
- Petroquímica.
- Producción.
- Química/Farmacéutica.

En la Figura 2 se presenta la pantalla principal del software para el diseño factorial.

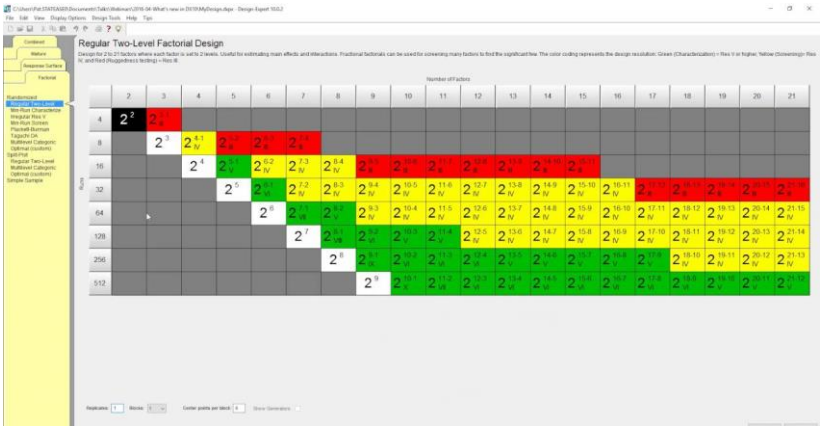


Figura 2. Pantalla principal de Design Expert para análisis factorial

2.3 MATLAB R2017b

MATLAB, es un lenguaje de cálculo técnico desarrollado por MathWorks; es un entorno de programación para el desarrollo de algoritmos, análisis de datos, visualización y cálculo numérico (Kattan, 2009; Valentine & Hahn, 2022). La Figura 3 presenta las distintas aplicaciones que son posibles realizar en el software.

Beneficios de utilizar este software

- Simulación de procesos.
- Construcción de modelos simples para testear teorías.
- Complementos con aplicaciones de ingeniería e investigación.
- Lenguaje de alto nivel para cálculos científicos e ingeniería.
- Identificación y simulación de sistemas.
- Visualiza, explora y analiza datos.
- Diseño de control, procesamiento de señales e imágenes.

- Creación de gráficos para visualizar datos.

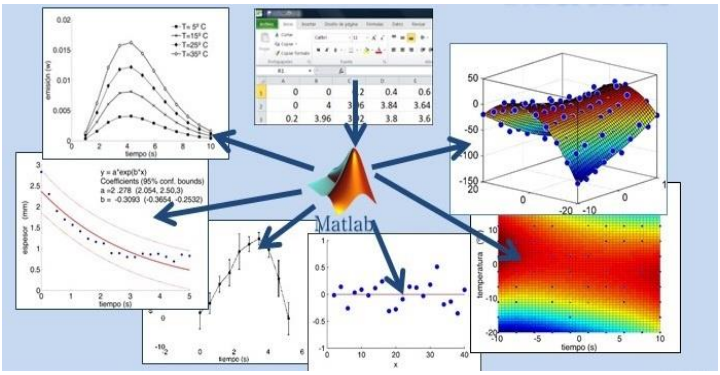


Figura 3. Aplicaciones dentro de MATLAB

2.4 SRO_ANN

El SRO_ANN es un complemento quimiometrico para ser utilizado en MATLAB, el mismo fue desarrollado para realizar la optimización de las superficies de respuesta a partir de la aplicación de redes neuronales artificiales e integrada en un entorno de interfaz gráfica fácil de usar a partir del cual es posible la determinación de los puntos óptimos de un proceso. En la Figura 4 se presenta la pantalla principal del complemento (Giordano et al., 2017; Resenteraa et al., 2021) .

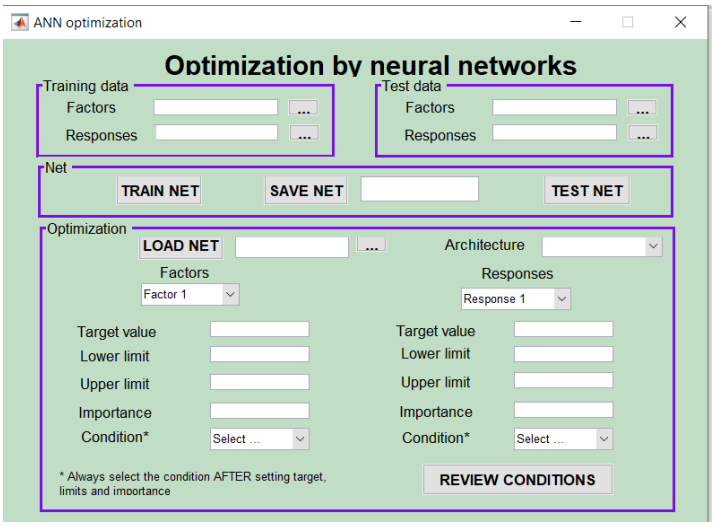


Figura 4. Complemento SRO_ANN con aplicación de redes neuronales

2.5 Proceso productivo

El proceso utilizado para este trabajo es conocido como el proceso “clásico”; en el mismo, la salmuera es concentrada por evaporación natural para extraer NaCl. Seguidamente, es tratada con $Ca(OH)_2$ para eliminar impurezas de $SO4^{-2}$ y Mg^{+2}. Luego, pasa por una evaporación intermedia para aumentar la concentración de Li^{+}, en esta etapa precipita NaCl y en algunos casos KCl. Posteriormente, se trata con Na_2CO_3 para eliminar los restos de Mg^{+2} y el Ca^{+2}, y la salmuera es circulada por resinas para extraer $B_4O_7^{-2}$ y las pequeñas cantidades de los otros iones que no fueron removidos. Finalmente, se vuelve a tratar con Na_2CO_3 para obtener el Li_2CO_3.

2.6 Salmuera

Se utilizaron 3 salmueras con diferentes concentraciones de iones (provenientes de distintos salares del NOA). Los datos de las mismas fueron tomados del banco de datos del Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI) de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Composición de salmueras

Composición inicial	Salmuera A	Salmuera B	Salmuera C
$[Li^{+}]$	0,0007	0,0006	0,0004
$[Mg^{+2}]$	0,0063	0,0015	0,0038
$[SO_4^{--}]$	0,0067	0,0085	0,0072
$[Na^{+}]$	0,0635	0,0917	0,1095
$[K^{+}]$	0,0066	0,0068	0,0082
$[Mg^{+2}]$ / $[Li^{+}]$	8,98	2,30	9,5

Una vez establecidas las herramientas a utilizar y las salmueras que servirían como materia prima para la simulación, se seleccionaron las variables que podrían influir en el proceso de obtención y los rangos de valores que pueden tomar cada una, de esta manera se definieron:

- Grado de evaporación de salmuera (20% - 60%)
- Humedad de subproductos filtrados (5% - 30%)
- Pureza de los insumos (90% - 99%)
- Temperatura de operación de equipos (5º - 50º)

Se seleccionó también la variable de respuesta a analizar:

- Cantidad de carbonato de litio producido (Li_2CO_3) (toneladas)

Luego, utilizando Design Expert se determinaron la cantidad necesaria de simulaciones y los valores a utilizar para cada una de las variables consideradas. De acuerdo a la cantidad de factores analizados y a los distintos valores que deberían tomar cada uno de ellos, resultaron un total de 75 condiciones a simular. Una vez determinados los puntos de los experimentos, se cargó en el simulador Aspen Plus el flowsheet del proceso, las corrientes de entrada y salida, la composición de cada una de las salmueras, presiones, temperaturas, insumos, etc. Y se hizo correr el simulador con los distintos valores de las variables.

En cada una las corridas se registraron, los valores de las variables de entrada y de la variable de salida. A partir de ellos, se cargaron los datos en Design Expert y SRO_ANN para su análisis siguiendo de referencia la bibliografía consultada (Anderson & Whitcomb, 2015; Giordano et al., 2017; StatEase, 2022).

3. RESULTADOS.

Para las salmueras A y B la estructura de la red neuronal resultante es la que se observa en la Figura 5a, mientras que para la salmuera C es la que se observa en la Figura 5b. Luego el análisis de los modelos predictivos se realizó por separada para cada una de ellas. De esta manera, se obtuve que:

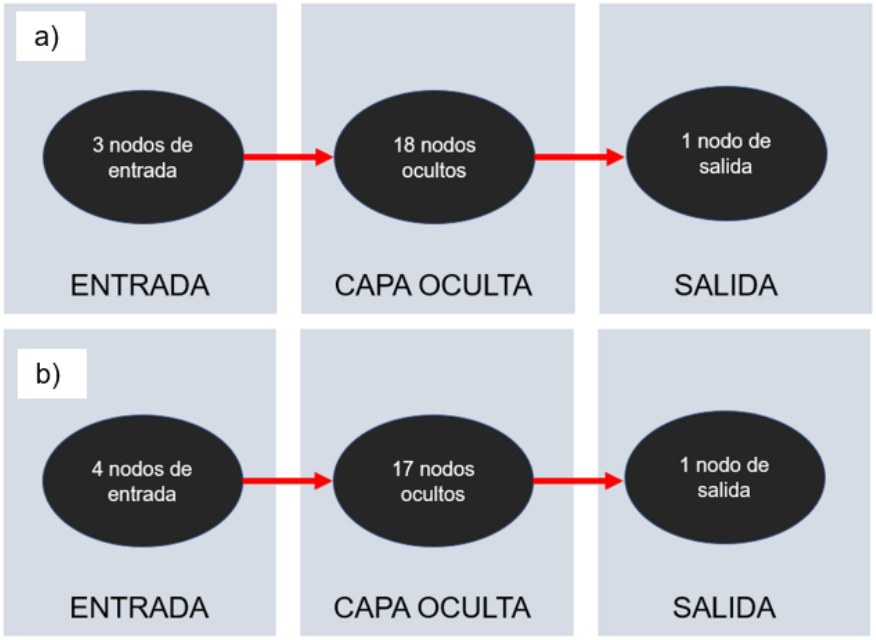


Figura 5. Estructuras de las redes neuronales aplicadas.

Cabe aclarar que las variables significativas consideradas en 3 los casos que se presentan a continuación, corresponden a aquellas variables cuyo valor de α ≤ 5%.

3.1 Salmuera A

El modelo que mejor describe el comportamiento del sistema es uno cuadrático, el mismo se presenta a continuación:

$$\boldsymbol{Toneladas\ de\ Li_2CO_3} = \mathbf{0,3797} * \boldsymbol{A} + \mathbf{0,9153} * \boldsymbol{B} + \mathbf{5,3263} * \boldsymbol{C} - \mathbf{0,7203} * \boldsymbol{AB} - \mathbf{0,14288} * \boldsymbol{A^2} - \mathbf{1,5178}$$

El ANOVA resultante del modelo, es el que se observa en la Figura 6.

El grado de ajuste del modelo R^2 = 99,88%. La variable Temperatura resultó no significativa para la predicción final. En la **Error! Reference source not found.** se presentan las superficies de respuesta en función de las variables que resultaron significativas.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,1827	14	0,0131	583,46	< 0.0001	significant
A-Evaporacion	0,0062	1	0,0062	275,24	< 0.0001	
B-Humedad	0,0174	1	0,0174	778,04	< 0.0001	
C-Pureza	0,1207	1	0,1207	5396,82	< 0.0001	
D-Temperatura	1,147E-06	1	1,147E-06	0,0513	0,8254	
AB	0,0026	1	0,0026	116,55	< 0.0001	
AC	5,049E-07	1	5,049E-07	0,0226	0,8836	
AD	6,070E-07	1	6,070E-07	0,0271	0,8724	
BC	0,0002	1	0,0002	8,24	0,0166	
BD	1,051E-06	1	1,051E-06	0,0470	0,8328	
CD	1,777E-09	1	1,777E-09	0,0001	0,9931	
A^2	0,0008	1	0,0008	34,48	0,0002	
B^2	6,005E-06	1	6,005E-06	0,2684	0,6156	
C^2	0,0000	1	0,0000	1,51	0,2474	
D^2	0,0001	1	0,0001	4,15	0,0690	

Figura 6. ANOVA para Salmuera A

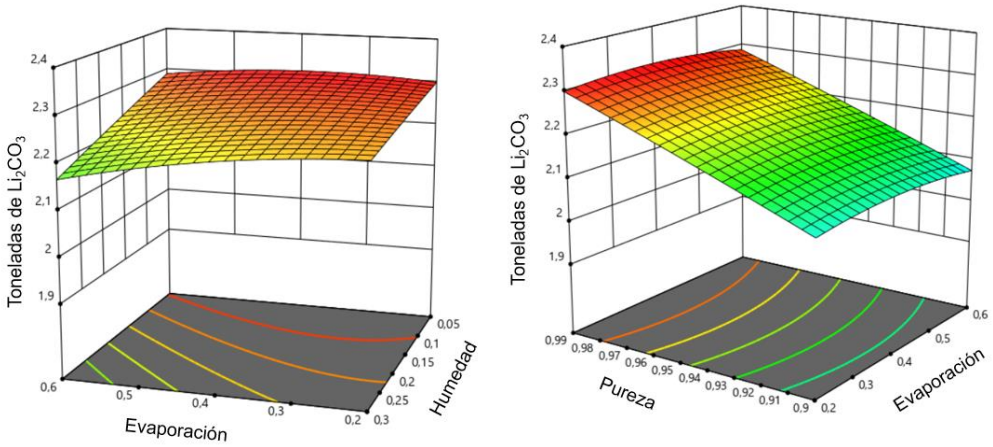


Figura 7. Superficies de respuesta para variables significativas en Salmuera A

A partir del SRO_ANN se determinaron los valores óptimos para las variables de entrada que permitirían maximizar la salida (toneladas de Li_2CO_3). De esta forma, los valores son:

- Grado de evaporación de salmuera = 20%
- Humedad de subproductos filtrados = 5%
- Pureza de materias primas = 99%

A partir de estos, se obtiene el máximo de carbonato de litio = 2,30 toneladas. Las superficies de respuesta obtenidas a partir de la optimización (eliminado la variable Temperatura por resultar no significativa) son las presentadas en la **Error! Reference source not found.**:

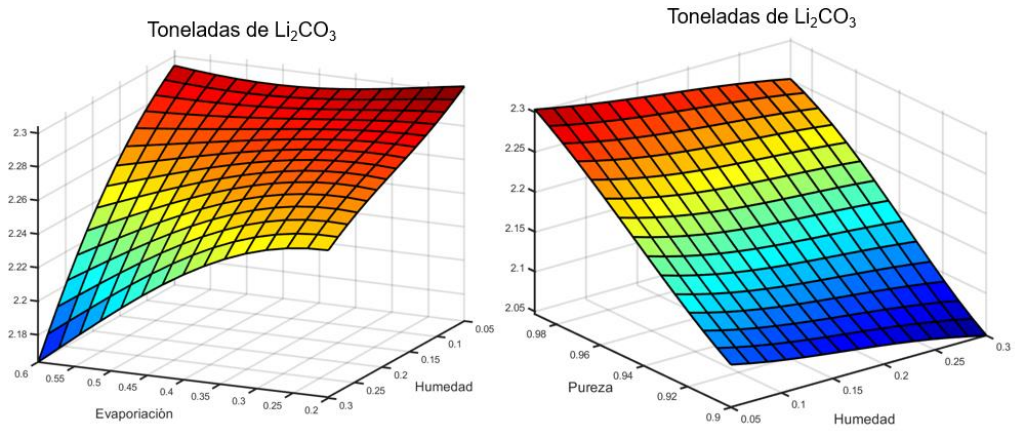


Figura 8. Superficies de respuesta a partir optimización con redes neuronales para Salmuera A

Salmuera B

El modelo que mejor describe el comportamiento del sistema es uno lineal, el mismo se presenta a continuación:

$$\boldsymbol{Toneladas\ de\ Li_2CO_3 = -0,3259 * A - 0,5239 * B + 2,4677 * C + 0,1428}$$

El ANOVA resultante del modelo, es el que se observa en la Figura 9:

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,2204	4	0,0551	70,86	< 0.0001	significant
A-Evaporacion	0,0518	1	0,0518	66,66	< 0.0001	
B-Humedad	0,0546	1	0,0546	70,23	< 0.0001	
C-Pureza	0,1535	1	0,1535	197,42	< 0.0001	
D-Temperatura	0,0004	1	0,0004	0,5339	0,4735	

Figura 9. ANOVA para Salmuera B

El grado de ajuste del modelo R^2 = 93,41%. La variable Temperatura resultó no significativa para la predicción final. En la Figura 10 se presentan las superficies de respuesta en función de las variables que resultaron significativas.

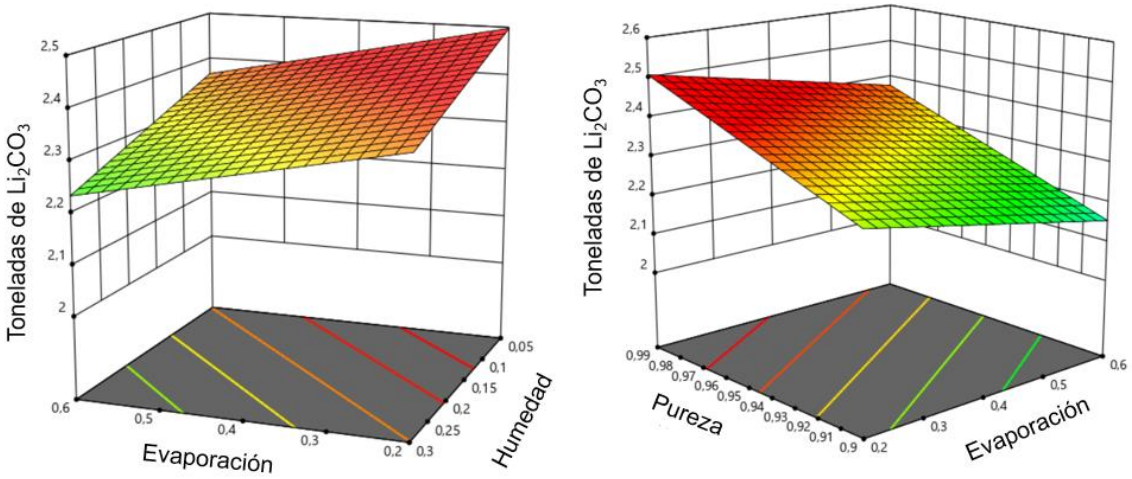


Figura 10. Superficies de respuesta para variables significativas en Salmuera B

Al igual que en el caso anterior, a partir del SRO_ANN se determinaron los valores óptimos para las variables de entrada que permitirían maximizar la salida. De esta forma, los valores son:

- Grado de evaporación de salmuera = 37%
- Humedad de subproductos filtrados = 5%
- Pureza de los insumos = 99%

A partir de estos, se obtiene el máximo de carbonato de litio = 2,46 toneladas. Las superficies de respuesta obtenidas a partir de la optimización (eliminado la variable Temperatura por resultar no significativa) se presentan en la Figura 11:

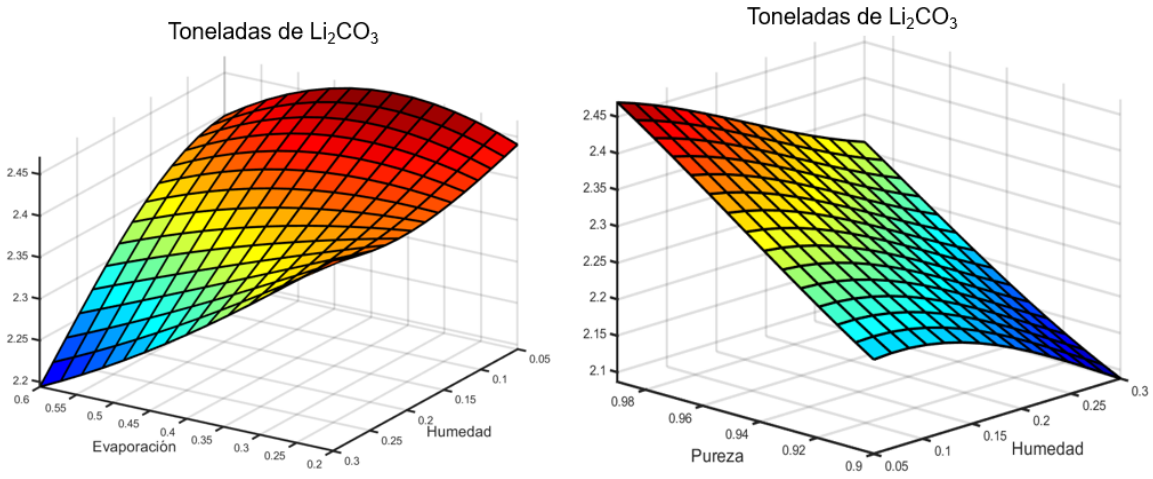


Figura 11. Superficies de respuesta a partir optimización con redes neuronales para Salmuera B

Salmuera C

En este último caso modelo que mejor describe el comportamiento del sistema es cuadrático, al igual que en el caso de la salmuera A, el mismo se presenta a continuación:

$$\boldsymbol{Toneladas\ de\ Li_2CO_3} = -0,2671 * A - 0,9992 * B + 2,0271 * C - 1,1967 * AB - 0,9398 * BC + 0,0019 * BD - 0,1289 * A^2 - 0,7523 * B^2 - 0,2856$$

El ANOVA resultante del modelo, es el que se observa en la Figura 12:

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0,1993	14	0,0142	4842,60	< 0.0001	significant
A-Evaporacion	0,0168	1	0,0168	5702,40	< 0.0001	
B-Humedad	0,0646	1	0,0646	21964,34	< 0.0001	
C-Pureza	0,0561	1	0,0561	19100,74	< 0.0001	
D-Temperatura	2,409E-09	1	2,409E-09	0,0008	0,9777	
AB	0,0059	1	0,0059	1996,61	< 0.0001	
AC	8,053E-06	1	8,053E-06	2,74	0,1289	
AD	5,293E-06	1	5,293E-06	1,80	0,2093	
BC	0,0002	1	0,0002	61,73	< 0.0001	
BD	0,0000	1	0,0000	8,47	0,0155	
CD	4,285E-06	1	4,285E-06	1,46	0,2551	
A^2	0,0001	1	0,0001	31,58	0,0002	
B^2	0,0004	1	0,0004	127,23	< 0.0001	
C^2	4,260E-07	1	4,260E-07	0,1449	0,7114	
D^2	1,775E-07	1	1,775E-07	0,0604	0,8109	

Figura 12. ANOVA para Salmuera C

El grado de ajuste del modelo R^2 = 99.96%. La variable Temperatura resultó significativa en la interacción con la variable Humedad para la predicción final. En la Figura 13 se presentan las superficies de respuesta en función de las variables que resultaron significativas.

Al igual que los dos casos anteriores, a partir del SRO_ANN se determinaron los valores óptimos para las variables de entrada que permitirían maximizar la salida. De esta forma, los valores son:

- Grado de evaporación de salmuera = 37%
- Humedad de subproductos filtrados = 5%
- Pureza de los insumos = 99%
- Temperatura de operación de equipos = 5º

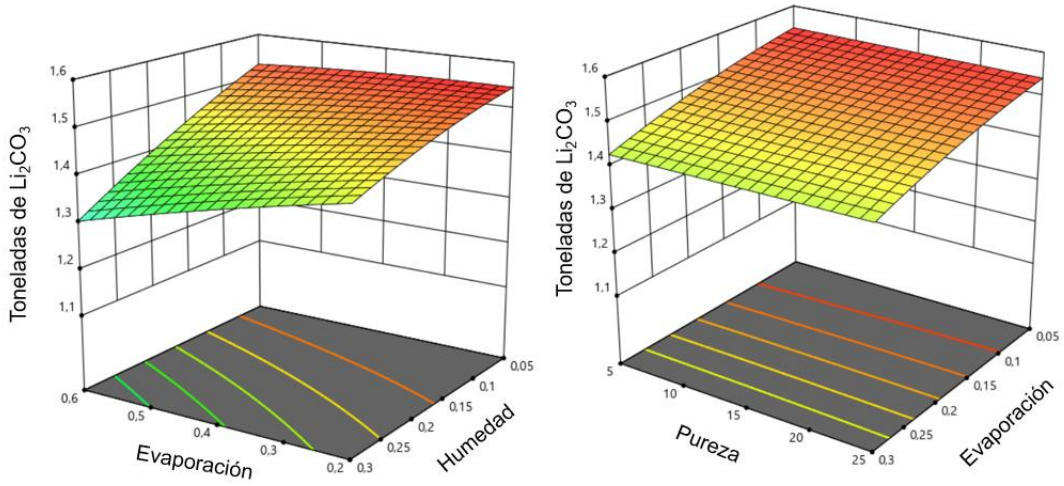


Figura 13. Superficies de respuesta para variables significativas en Salmuera C

A partir de estos, se obtiene el máximo de carbonato de litio = 1,54 toneladas. Las superficies de respuesta obtenidas a partir de la optimización (eliminado la variable Temperatura por resultar no significativa) se presentan en la Figura 14:

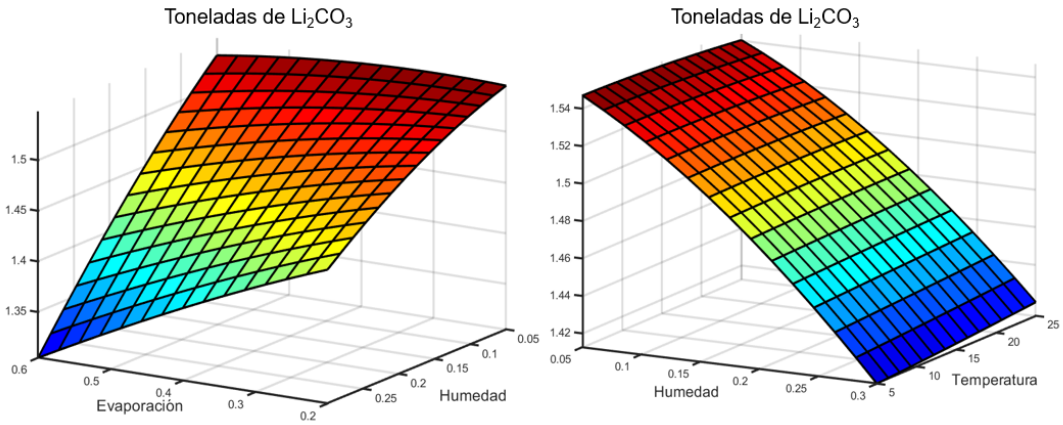


Figura 14. Superficies de respuesta a partir optimización con redes neuronales para Salmuera C

4. CONCLUSIONES

La simulación del proceso productivo de Li_2CO_3 con las 3 salmueras se pudo realizar con el software Aspen Plus de manera satisfactoria. Los resultados obtenidos muestran las ventajas de utilizar el enfoque de estrategias multivariadas que permitieron disminuir considerablemente la cantidad de

experimentos, tiempo y recursos, respecto del uso del análisis univariado tradicional. Con esto se logró optimizar el tiempo requerido y, por tanto, la inversión económica; además de permitir obtener modelos predictivos con gran precisión.

Se realizaron 75 corridas de la simulación, a partir de las cuales se pudo evaluar proceso con cada salmuera a diferentes valores de las variables de entrada. Para la salmuera A y B, la variable Temperatura resultó no significativa, mientras que para la salmuera C, su interacción con la variable Humedad resultó significativa.

En los 3 casos fue posible analizar el ANOVA del modelo, a fin de determinar las variables más significativas. En todos los casos, el grado de predicción de los modelos resultaron con un R^2 entre el 93% y 99%. Con respecto a esto, los modelos que predicen el comportamiento del proceso a partir de cada salmuera resultaron de tipo cuadráticos para las salmueras A y C, mientras que para la salmuera B fue del tipo lineal. El uso de redes neuronales para la optimización del sistema, permitió obtener los valores óptimos para las variables significativas, lo que permitiría incrementar el rendimiento del proceso de acuerdo a las concentraciones de la salmuera con la que se esté trabajando.

Se plantea a futuro continuar con las simulaciones y volcar los resultados al campo experimental a fin de obtener una doble validación de los modelos. Los resultados obtenidos en este trabajo pueden ser empleados por las empresas mineras que deseen analizar el comportamiento de su proceso a partir de la salmuera a la que tienen acceso y de los recursos disponibles; de forma tal que puedan obtener un mayor rendimiento técnico y económico.

5. REFERENCIAS.

Adams, T. A., II. (2022). *Learn Aspen Plus in 24 Hours* (Second edition. ed.). McGraw-Hill Education. https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781264266654

Adornado, A., Soriano, A., & Bungay, V. (2017). Assessment of Aqueous Lithium-based Salt Solutions as Working Fluid for Absorption Chillers using Aspen Plus. *Asean Journal of Chemical Engineering*, *2*(17), 51-59.

Anderson, M. J., & Whitcomb, P. J. (2015). *DOE Simplified: Practical Tools for Effective Experimentation, 3rd Edition*.

Calvo, E. J. (2019). Litio, un recurso estratégico para el mundo actual. *Ciencia Hoy*, *23*, 17-23.

Castello, A., & Kloster, M. (2015). Industrialización del litio y agregado de valor local. En (pp. 121): CIECTI.

Chu, J. (2005). Simulation of industrial catalytic reforming process by developing user's module on ASPEN PLUS platform. *Journal of Chemical Industry and Engineering*, *56*, 1714-1720.

Comercio y Justicia. (2019). *Argentina será el segundo mayor productor global de litio en 2022*. Accedido el 09/07/2022 de https://comercioyjusticia.info/economia/argentina-sera-el-segundo-mayor-productor-global-de-litio-en-2022/

Díaz, F. J. (2020). *El litio en la Argentina: visiones y aportes multidisciplinarios desde la UNLP*. Universidad Nacional de La Plata.

EconoJournal. (2022). *Cuáles son los ocho proyectos de litio que ingresarán en etapa de producción comercial en los próximos tres años*. EconoJournal. Accedido el 14/08/2022 de https://econojournal.com.ar/2022/07/cuales-son-los-ocho-proyectos-de-litio-que-ingresaran-en-etapa-de-produccion-comercial-en-los-proximos-tres-anos/

El Tribuno. (2019). *El litio salteño llevará al país al segundo lugar de producción en el mundo*. El Tribuno. Accedido el 15/06/2020 de https://www.eltribuno.com/salta/nota/2019-2-5-0-0-0-el-litio-salteno-llevara-al-pais-al-segundo-lugar-de-produccion-en-el-mundo

Espínola Lozano, F. (2017). *Tutorial de Aspen Plus, Introducción y modelos simples de operaciones unitarias* (U. Editorial, Ed.).

EstatEase. (2019). *Handbook for Experimenters*.

Flexer, V., Baspineiro, C. F., & Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*, *639*, 1188-1204. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223

Giordano, P. C., Goicoechea, H. C., & Olivieri, A. C. (2017). SRO_ANN: An integrated MatLab toolbox for multiple surface response optimization using radial basis functions. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *171*, 198–206.

Gobierno de Salta. (2022). *Sáenz inauguró el proyecto de litio Mariana que invertirá en la puna salteña casi 600 millones de dólares*. Secretaria de Prensa. Accedido el 25/09/2022 de https://www.salta.gob.ar/prensa/noticias/saenz-inauguro-el-proyecto-de-litio-mariana-que-invertira-en-la-puna-saltenia-casi-600-millones-de-dolares-82676

Investiga Ciencia y Tecnología UNLP. (2019). *Litio: un tesoro escondido en la Puna Argentina*. UNLP. Accedido el 21/08/2021 de https://investiga.unlp.edu.ar/especiales/litio-17104

Kattan, P. I. (2009). *MATLAB for Beginners: A Gentle Approach: Revised Edition*. https://proyecto-matlab.pucp.edu.pe/que-es-matlab/index.htm

Manrique, A. (2014). *Explotación del litio, producción y comercialización de baterías de litio en Argentina" Universidad Nacional de Mar del Plata*.

Ministerio de Economia de la Republica Argentina. (2022). *Se inauguró la primera planta comercial de litio de Salta*. Accedido el 11/08/2022 de https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-inauguro-la-primera-planta-comercial-de-litio-de-salta

Ortiz Sánchez, O. (2018). Modelo analítico para evaluar un yacimiento mineral aplicación en un proyecto de minado superficial. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, *21*(42), 27-34. https://doi.org/10.15381/iigeo.v21i42.15830

Panorama Minero. (2018). *Litio y tecnología: Cómo obtener más valor de las salmueras*. https://panorama-minero.com/litio/litio-y-tecnologia-como-obtener-mas-valor-de-las-salmueras/

Resenteraa, A. C., Esquivel, M. R., & Rodriguez, M. H. (2021). Low-temperature lithium extraction from ␣-spodumene with NH4HF2: Modeling and optimization by least squares and artificial neural networks. *Chemical Engineering Research and Design*, *167*, 73–83. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.12.023

Ruiz Peyré, F., & Dorn, F. M. (2020). Aprovechamiento del litio en el noroeste argentino - realidades, desafíos y perspectivas en un mundo globalizado. *Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, *4*.

Schefflan, R. (2016). *Teach Yourself the Basics of Aspen Plus* (Wiley, Ed.).

StatEase. (2022). *Tutorials*. Accedido el 03/08/2022 de https://www.statease.com/docs/v11/tutorials/

Valentine, D. T., & Hahn, B. D. (2022). *Essential MATLAB for Engineers and Scientists*.

Visintin, A. (2021). Avances actuales y perspectivas de futuro en torno a las tecnologías de litio en Argentina. *In-Genium*, *1*, 103-111.

MODELOS PRODUCTIVOS DE AGRICULTURA PROTEGIDA DESDE LA AGRICULTURA FAMILIAR

Montalvo-Romero, Nayeli[1]; Montiel-Rosales, Aarón[1]; Fernández-Lambert, Gregorio[1]; Aguilar-Lasserre, Alberto A.[2]; García-Santamaria, Luis Enrique[1]

[1]*Laboratorio de Logística y Sustentabilidad en Economías Emergentes, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla*
[2]*División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/IT de Orizaba*

naiemontalvor@gmail.com; ar.chimedes@hotmail.com; gfernandezl@itsm.edu.mx; albertoaal@hotmail.com; legarcias@itsm.edu.mx

RESUMEN

La fragilidad de las cadenas agroalimentarias industriales, ha quedado más que evidenciada. Fenómenos como los desastres naturales, guerras, pandemias, entre otros eventos atípicos; han puesto de manifiesto que la cadena logística larga alimentaria carece de la capacidad de adaptarse ante estos fenómenos para abastecer de alimentos de sanos y frescos, en tiempo y forma. La humanidad se encuentra ante un constante cambio en las formas y modos, de consumo. Existe una transición hacia la preferencia de consumo de productos agrícolas orgánicos, libres de agentes químicos contaminantes y que sean producidos en concordancia con el medio. En tal sentido, este documento analiza y discute el sistema de producción Agrícola Protegida desarrollada desde la Agricultura Familiar, como esquema que permite desde sus características la producción y disponibilidad de frutas y verduras durante todo el año, para autoconsumo y/o comercialización. La Agricultura Protegida mediante los modelos: microtúnel, macrotúnel, mallas sombra, mallas antiinsectos, mallas antipájaros, e invernaderos; se presentan, como una estrategia novedosa que permite controlar parte de los factores climatológicos, minimizando los impactos que los cambios medioambientales tienen sobre los cultivos, así como plagas y enfermedades. Por lo que, son una alternativa que permite atender el abastecimiento de alimentos ante fenómenos atípicos, y en el contexto transformacional actual de la sociedad y de los modos de consumo.

Palabras Claves: Seguridad Alimentaria, Agricultura, Alimentos, Resiliencia.

ABSTRACT

The fragility of industrial agri-food chains has been more than evident. Phenomena such as natural disasters, wars, and pandemics, among other atypical events; have shown that the long food logistics chain cannot adapt to these phenomena to supply healthy and fresh food, promptly. Humanity is facing a constant change in the forms and modes of consumption. There is a transition towards the preference for the consumption of organic agricultural products, free of polluting chemical agents that are produced by the environment. In this sense, this document analyzes and discusses the system of Protected Agricultural production developed from Family Farming, as a scheme that allows from its characteristics the production and availability of fruits and vegetables throughout the year, for self-consumption or marketing. Protected Agriculture through the models: micro-tunnel, macro-tunnel, shade meshes, anti-insect meshes, anti-bird meshes, and greenhouses; are presented as a novel strategy that allows controlling part of the climatological factors, minimizing the impacts that environmental changes have on crops, as well as pests and diseases. Therefore, they are an alternative that allows for meeting the food supply in the face of atypical phenomena, and the current transformational context of society and modes of consumption.

Keywords: Food Security, Agriculture, Food, Resilience.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema tradicional de producción agrícola —basado en prácticas rudimentarias tecnificadas altamente dependiente de las condiciones climáticas—, ante un contexto actual de crecimiento poblacional, desastres naturales, gases de efecto invernadero, guerras, cambios en las preferencias alimenticias, entre otros fenómenos; se encuentra ante la necesidad de abastecer una alta demanda de agro-alimentos; y es una realidad que a pesar de la tecnificación de este sector, en donde se ha incrementado la oferta de alimentos, esto no ha sido suficiente, el crecimiento demográfico ha sido mayor que el crecimiento en la oferta de alimentos cultivados. En tal sentido, la FAO (*Food and Agriculture Organization*) estima que para el 2050, se tendrá que producir alrededor del 50% de alimentos, de los que se producían en el año 2012 (FAO, 2017). Actualmente, menciona la FAO et al. (2020) que en el mundo padecen hambre aproximadamente 690 millones de personas.

Entonces, la situación actual del sector agrícola pone en riesgo el logro del Objetivo 2: Hambre Cero como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. El hambre y la malnutrición, ocasionan que las personas sean menos productivas y más propensas a adquirir enfermedades (FAO, 2021). Ante este escenario, se torna evidente la necesidad de adoptar nuevos sistemas de producción sostenible agrícola, que permitan eliminar el hambre y la pobreza (CEPAL, 2019).

En la actualidad a nivel mundial, el sector agroindustrial: proporciona medios de vida al 40% de la población, es el mayor empleador, es el principal fuente de ingresos para las familias rurales, desde las pequeñas granjas que proporcionan el 80% de los alimentos (UN, 2022).

Sistemas agrícolas soportadas en la tecnificación se presentan como una estrategia que permitirá incrementar la disponibilidad de alimentos para la presente y futuras generaciones. Es una realidad que el sistema agrícola tradicional, es insuficiente para satisfacer la gran demanda de alimentos. Y es que la explotación de cultivos intensivos a campo abierto desde las grandes extensiones de tierra, es propenso a diversos factores— *e.g.*, lluvias excesivas, ráfagas de viento, desastres naturales, elevada radiación solar—, que ponen en riesgo el logro en la disponibilidad de alimentos.

Entonces, es necesario complementar la disposición de agro-alimentos desde sistemas de producción alternos. En tal sentido, en el presente estudio se analizan y discuten algunos modelos de la agricultura protegida que, al desarrollarse desde el esquema de la agricultura familiar, pueden permitir la producción de alimentos agrícolas en sistemas “controlados”.

La agricultura protegida, es un sistema que permite la producción de agro-alimentos mediante el control de algunos de los factores climáticos; tales como la lluvia, la cantidad de radiación de sol, la velocidad del viento, la temperatura atmosférica, plagas, enfermedades, entre otras; y es que como sistema a través de infraestructura especializada además de regular estos factores es posible la incorporación de agro-nutrientes desde sistemas tecnificados. Concebido como un sistema productivo relativamente nuevo (Vargas-Canales et al., 2022). Ghani et al. (2019) lo conciben como una solución sostenible. La mayoría de los países requiere proteger los cultivos ante situaciones extremas de clima y ambientales, siendo las ubicaciones más desafiantes: las tropicales, las áridas, los polares y las urbanas (McCartney & Lefsrud, 2018).

Ahora bien, los sistemas de agricultura protegida si bien es cierto que se presentan con un esquema atractivo, su implementación desde la agricultura familiar es aún más interesante, y es que como se mencionó anteriormente, son los pequeños agricultores los encargados de abastecer el 80% de los alimentos, desde sus granjas. Por lo que, la agricultura protegida, según Hadavi & Ghazijahani (2018), forma parte de la respuesta a la crisis próxima del agua y del cambio climático. Siendo capaz de impulsar la agricultura en todo el mundo (Rathee et al., 2018).

Mientras que, la agricultura familiar se presenta como un modelo de negocio familiar por excelencia, representando la columna vertebral de la agricultura (Bell, 2019). En este esquema de producción son los integrantes de la familia, quienes principalmente desarrollan la práctica agrícola, siendo el conocimiento adquirido transferido de generación en generación, y que en los últimos años ha llamado la atención por la potencialidad de proveer alimentos en corto tiempo, asociado a la proximidad geográfica entre productor-consumidor. Marcelino et al. (2018), lo catalogan como la principal empresa agrícola en el mundo.

Finalmente, el sistema de producción agrícola desde la agricultura protegida desarrollada por la familia, permitirá a esta complementar su dieta alimenticia, al mismo tiempo en que se incrementa la disponibilidad de productos para su comercialización, y con ello generar un ingreso para satisfacer otras necesidades de desarrollo socioeconómico.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo descriptivo, analítico, transversal, cualitativo, no experimental; basado en la interpretación de documentos. La Figura 1, presenta el enfoque metodológico empleado.

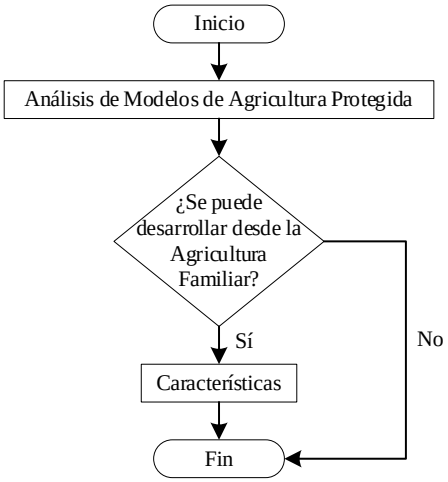


Figura 1 Metodología para la identificación de modelos de agricultura protegida.

El enfoque metodológico se integra de tres fases:

Fase 1: Análisis de modelos de agricultura protegida. Esta fase se centra en identificar los modelos de producción agrícola que pertenecen al esquema de agricultura protegida.

Fase 2: Viabilidad de adopción por la agricultura familiar. De la fase previa, son seleccionados los modelos que pueden ser desarrollados desde las granjas familiares.

Fase 3: Definición de características. Los rasgos de los modelos agro-productivos seleccionados, se describen en esta fase.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y discuten los hallazgos de los modelos de la agricultura protegida, que pueden desarrollarse desde la agricultura familiar.

3.1. Análisis de modelos de agricultura protegida

La agricultura protegida cuida los cultivos mediante diferentes tipos de estructuras, las cuales, ofrecen desde su configuración diversas alternativas de control de condiciones climáticas en función del tipo de cultivo.

La agricultura protegida incluye principalmente los modelos de tipo invernadero, macrotúneles, microtúneles, acolchado, mallas sombra, mallas antiinsectos, mallas antipájaros, acolchado, cortavientos, camas calientes. Cada uno de estos modelos, tiene sus propias características, siendo el rasgo predominante la dimensión y el tipo de material empleado para su construcción, *e.g.*, los invernaderos de tipo multimodulares requieren en promedio un ancho máximo de entre 20 a 25 metros; otra consideración importante es el material empleado en la infraestructura, la cual puede ir desde una estructura basada en materia orgánica —como *e.g.*, bambú, raíces, ramas, lianas— hasta estructuras metálicas en acero galvanizado, al carbón u otro metal.

3.2. Viabilidad de adopción por la agricultura familiar

Considerando las implicaciones de cada tipo de modelo de agricultura protegida y las características sobre las que se desarrolla la agricultura familiar, *i.e.*, la práctica agrícola familiar como un sistema

de producción limitado por espacio, ya que, es una actividad típicamente desarrollada en traspatio, en donde la mano de obra es proporcionada por la misma familia y en donde los recursos económicos son limitados, soportado en el conocimiento generacional; los modelos de agricultura protegida que pueden ser viables de adopción de parte de la familia agrícola son: microtunel, acolchado, mallas sombra, mallas antiinsectos y mallas antipájaros. Estos modelos son definidos por considerarse de fácil adopción de parte de la familia agro-productora, al mismo tiempo en que no requieren una inversión económica significativa, y puede ser adoptado en espacios reducidos.

3.3. Definición de características

La Tabla 1, presenta los modelos que son susceptibles de adopción de parte de la familia agro-productora, derivados de la fase previa.

Tabla 1 Modelos de agricultura protegida desde la agricultura familiar.

Modelo	Descripción	Materiales	Variables que controla	Aplicaciones
Microtunel	Invernaderos en miniatura, no cuentan con calefacción y son portátiles	Soporte de madera o metal en forma semicircular, cubierto con plástico	Temperatura, luz, humedad	(Reséndez et al., 2020; S. Willden et al., 2021; S. A. Willden et al., 2022)
Acolchado	Protección de las raíces de las plantas del calor, frio, sequedad, así como mantener limpio el fruto	Materia orgánica como, paja, aserrín, los restos del cultivo del maíz o plástico	Humedad, temperatura, maleza, CO_2,	(Benedet et al., 2020; Xie et al., 2020; Zhou et al., 2018)
Mallas Sombra	Dosifica la cantidad de luz que recibe la planta	Polietileno de alta densidad	Luz, temperatura, humedad	(Hirzel et al., 2020; Laur et al., 2021; Martínez-Espinosa, 2021)
Mallas Antiinsectos	Protege de microclimas y de daños por insectos	Polietileno de alta densidad	Plagas y enfermedades por plagas	(Formisano et al., 2020, 2021; Giannoulis et al., 2021)
Mallas Antipájaros	Impide que las aves se alimenten del cultivo	Polietileno de alta densidad	Aves silvestres	(Aznar-Fernández & Rubiales, 2018; Jiang et al., 2020; Kumar et al., 2021)

Estos cinco modelos descritos, por sus características de control y semi-control de fenómenos que afectan el rendimiento del cultivo, tienen la potencialidad de ser adoptados como modelos de agricultura protegida por parte de los agro-productores familiares.

La adopción de estos modelos tecnificados, permitirán: (*a*) incrementar el rendimiento en la disponibilidad de agro-alimentos para autoconsumo y comercialización, desde los Circuitos Cortos de Comercialización; (*b*) obtener productos con mejor calidad, desde el control de algunos factores que perjudican al producto agrícola; considerando estos puntos, (*c*) abonar a garantizar la seguridad alimentaria contribuyendo a reducir la brecha hacia el hambre y la malnutrición.

4. CONCLUSIONES

En este estudio se han analizado e identificado los modelos de agricultura protegida, que cumplen con las características necesarias para ser adoptadas como sistemas de producción agrícola familiar. Del estudio se desprenden cinco modelos —microtunel, acolchado, mallas sombra, mallas antiinsectos y mallas antipájaros—, que por sus características de tamaño y bajo requerimiento económico de inversión, pueden mejorar el rendimiento de los cultivos de la práctica de la agricultura familia. La mejora de los sistemas agroalimentarias, es un camino que aun inicia —a pesar, de ser la agricultura un actividad antiquísima—, aun falta profundizar en conocer los modos de operación de la agricultura familiar, las implicaciones tecnológicas, ideológicas y culturales por adoptar herramientas que mejoren el rendimiento de los cultivos.

La actualización de los sistemas productivos sostenibles es una necesidad que debe ser atendida, el logro de esto, incrementará la disponibilidad de alimentos, contribuyendo a reducir los estragos del hambre y la malnutrición.

5. REFERENCIAS

Aznar-Fernández, T., & Rubiales, D. (2018). Identification and characterisation of antixenosis and antibiosis to pea aphid (Acyrthosiphon pisum) in Pisum spp. germplasm. *Annals of Applied Biology*, *172*(3), 268–281. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/aab.12417

Bell, C. (2019). People of Future Agriculture; Trust and Succession in Family Businesses. *International Journal of Agricultural Management*, *8*(3), 107–111. https://doi.org/10.5836/ijam/2019-08-107

Benedet, L., Brunetto, G., & Loss, A. (2020). Use of Swine Manure in Agriculture in Southern Brazil: Fertility or Potential Contamination? In G. W. Ferreira (Ed.), *Soil Contamination* (p. Ch. 5). IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.94525

CEPAL. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.cepal.org/es/suscripciones

FAO. (2017). *The future of food and agriculture – Trends and challenges*.

FAO. (2021). *Objetivo 2: Poner fin al hambre*. Objetivos Del Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO. (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets. In *The State of Food Security and Nutrition in the World 2020*. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. https://doi.org/10.4060/ca9692en

Formisano, L., Ciriello, M., El-Nakhel, C., de Pascale, S., & Rouphael, Y. (2021). Dataset on the Effects of Anti-Insect Nets of Different Porosity on Mineral and Organic Acids Profile of Cucurbita pepo L. Fruits and Leaves. *Data*, *6*(5). https://doi.org/10.3390/data6050050

Formisano, L., Pannico, A., El-Nakhel, C., Starace, G., Poledica, M., Pascale, S. de, & Rouphael, Y. (2020). Improved Porosity of Insect Proof Screens Enhances Quality Aspects of Zucchini Squash without Compromising the Yield. *Plants*, *9*(10). https://doi.org/10.3390/plants9101264

Ghani, S., Bakochristou, F., ElBialy, E. M. A. A., Gamaledin, S. M. A., Rashwan, M. M., Abdelhalim, A. M., & Ismail, S. M. (2019). Design challenges of agricultural greenhouses in hot and arid environments – A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, *12*(1), 48–70. https://doi.org/10.1016/J.EAEF.2018.09.004

Giannoulis, A., Briassoulis, D., Papardaki, N.-G., & Mistriotis, A. (2021). Evaluation of insect-proof agricultural nets with enhanced functionality. *Biosystems Engineering*, *208*, 98–112. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.05.012

Hadavi, E., & Ghazijahani, N. (2018). Closed and Semi-closed Systems in Agriculture. In E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable Agriculture Reviews 33: Climate Impact on Agriculture* (pp. 295–310). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99076-7_10

Hirzel, J., Moya-Elizondo, E., Hernández, M., Guzmán, P., & González, D. (2020). Effect of shade cloth on the evolution of nutrient concentrations in apple tree leaves. *Scientia Horticulturae*, *266*, 109288. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109288

Jiang, S., Zhang, H., Cong, W., Zhengyuan, L., Ren, Q., Wang, C., Zhang, F., & Jiao, X. (2020). Multi-Objective Optimization of Smallholder Apple Production: Lessons from the Bohai Bay Region. *Sustainability*, *12*, 6496. https://doi.org/10.3390/su12166496

Kumar, P., Gorantiwar, S., More, S. M., Singh, A., & Roy, P. (2021). *Trends in Hi-Tech Agriculture Sector* (pp. 511–527). https://doi.org/10.1201/9781003245384-30

Laur, S., da Silva, A. L. B. R., Díaz-Pérez, J. C., & Coolong, T. (2021). Impact of Shade and Fogging on High Tunnel Production and Mineral Content of Organically Grown Lettuce, Basil, and Arugula in Georgia. *Agriculture*, *11*(7). https://doi.org/10.3390/agriculture11070625

Marcelino, R., Casagrande, L. C., Cunha, R., Crotti, Y., & Gruber, V. (2018). Internet of Things Applied to Precision Agriculture. In M. E. Auer & D. G. Zutin (Eds.), *Online Engineering & Internet of Things* (pp. 499–509). Springer International Publishing.

Martínez-Espinosa, R. M. (2021). Controversy over the Use of "Shade Covers" to Avoid Water Evaporation in Water Reservoirs. *Sustainability*, *13*(20). https://doi.org/10.3390/su132011234

McCartney, L., & Lefsrud, M. (2018). Protected Agriculture in Extreme Environments: A Review of Controlled Environment Agriculture in Tropical, Arid, Polar, and Urban Locations. *Applied Engineering in Agriculture*, *34*(2), 455–473. https://doi.org/https://doi.org/10.13031/aea.12590

Rathee, M., Dalal, P. K., & Mehra, S. (2018). *Effect of alternating temperatures on survivorship and demographic parameters of tomato fed Helicoverpa armigera View project Mathematical models in apiculture and beekeeping View project*. https://www.researchgate.net/publication/324000192

Reséndez, A. M., Córtes, D. M., Carrillo, J. L. R., García, V. J. B., Aragón, M. G. R., Rangel, P. P., & Marszalek, J. E. (2020). Nutraceutical quality of Opuntia ficus-indica developed under micro tunnel conditions, applying vermicompost. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, *32*(12). https://doi.org/https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i12.2221

UN. (2022). *Goal 2: Zero Hunger*. Sustainable Development Goals. https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/

Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., García-Cruz, J. C., Camacho-Vera, J. H., Sánchez-Torres, Y., & Simón-Calderón, C. (2022). Analysis of the impact of the regional innovation system of protected agriculture in Hidalgo, Mexico. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 1–26. https://doi.org/10.1080/1389224X.2022.2039246

Willden, S. A., Ugine, T. A., & Loeb, G. M. (2022). The effect of UVB-blocking plastics on the efficacy of Beauveria bassiana and a conventional product against Lygus lineolaris on low tunnel strawberry. *Pest Management Science*, *78*(10), 4268–4277. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.7046

Willden, S., Cox, K., Pritts, M., & Loeb, G. (2021). A comparison of weed, pathogen and insect pests between low tunnel and open-field grown strawberries in New York. *Crop Protection*, *139*, 105388. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105388

Xie, X., Zhao, F., Zheng, Y., Sang, L., Zhang, P., Jiang, J., & Cao, G. (2020). Identification of Tolerance of Wheat (Triticum Aestivum L.) With Different Ploidy under Salt Stress. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *598*(1), 012074. https://doi.org/10.1088/1755-1315/598/1/012074

Zhou, W., Niu, Y., Wang, C., Yang, Y., Tan, Z., Yi, Y., Yu, W., & Wang, H. (2018). A Biodegradable Ramie Fiber-Based Nonwoven Film Used for Increasing Oxygen Supply to Cultivated Soil. *Applied Sciences*, *8*(10). https://doi.org/10.3390/app8101813

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS Y EFECTOS EN LA ETAPA DE VERIFICACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE REDES DE SUMINISTRO AGROINDUSTRIALES DE SECTORES RURALES DE PEQUEÑA ESCALA DEL NOROESTE ARGENTINO

Castillo, Silvana Elizabet[1]; Michalus, Juan Carlos[2]

(1)Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta.
se_castillo@yahoo.com.ar
(2)Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones.
michalus@fio.unam.edu.ar

RESUMEN

La Herramienta de Análisis de modo de fallas y efectos es una metodología sistemática que se emplea de forma preventiva para evitar fallas de procesos y productos de diferente tipo de actividades. Los sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino presentan una serie de problemas entre los que se pueden mencionar la falta de acceso a tecnología, innovación y financiamiento, como inadecuadas prácticas productivas, comerciales y ambientales. El presente trabajo muestra el empleo de la metodología como instrumento de verificación de cada una de las fases de un modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino. Los objetivos del trabajo radican en verificar e identificar ex ante las fallas potenciales y efectos, y en proponer medidas de mitigación. Los resultados permiten predecir de forma anticipada sus efectos para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de las redes de suministro antes de su aplicación.

Palabras Claves: Análisis de Modo de fallas y efecto, Redes de Suministro agroindustriales, Noroeste Argentino, Modelo de gestión

ABSTRACT

The Failure Mode and Effects Analysis Tool is a systematic methodology that is used preventively to avoid failures of processes and products of different types of activities. The small-scale rural sectors of the Argentine Northwest present a series of problems, among which we can mention the lack of access to technology, innovation and financing, as well as inadequate productive, commercial and environmental practices. This paper shows the use of the methodology as a verification instrument for each of the phases of a management model for agro-industrial supply networks in small-scale rural sectors of northwestern Argentina. The objectives of the work lie in verifying and identifying ex ante potential failures and effects, and in proposing mitigation measures. The results allow predicting its effects in advance to ensure the uninterrupted operation of the supply networks before its application.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Agroindustrial Supply Networks, Northwest Argentina, Management Model

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la globalización introdujo cambios radicales a nivel social, político, económico, ambiental y cultural sobre el funcionamiento de las redes de suministro agroindustriales principalmente en aquellos sectores rurales de pequeña escala. El sector rural de pequeña escala integra al pequeño productor, productor familiar, campesino, chacarero, colono, campesinos y productores rurales sin tierra, las comunidades y pueblos originarios, y desempeña un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico y sustentable, y su vinculación con otros sectores socioeconómicos. Entre los aportes de dicho sector puede mencionarse (Elverdín et al., 2005; Villarreal, 2018):

- la alimentación y la producción variada de alimentos en el ámbito familiar, lo cual puede reproducirse hacia mercados internos, y la exportación fuera de la región (soberanía y seguridad alimentaria)
- la preservación de la agrodiversidad y el cuidado del medio ambiente (producción de alimentos orgánicos y sanos)
- la absorción de mano de obra de la actividad agrícola y el arraigo rural (evitando la migración hacia zonas urbanas)
- La reducción de la pobreza
- Preservación de los valores cultura
- la incorporación a la mujer como productora entre otros

El modelo de desarrollo agrario impulsado en la actualidad, se concentra en la producción de bienes exportables que favorecen a las economías de escala con concentración económica, afectando de forma negativa la soberanía alimentaria de la población rural, y el desplazamiento y exclusión de los pequeños productores (Gras y Hernández, 2021). Los problemas y oportunidades detectados que impiden el rol del sector bajo las condiciones del contexto actual, surgen de tareas de diagnóstico participativo que realizaron los equipos de los Institutos de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar de distinta regiones del país, y en la participación de encuentros regionales y nacionales del Foro Nacional de Agricultura Familiar. Entre los grande ejes analizados se puede mencionar: políticas y marcos normativos diferenciales y apropiados, calidad de vida, comercialización, gestión económica y financiamiento, aspectos sociorganizativos, aspectos tecnológicos-productivos y manejo de los agrosistemas, y medio ambiente y sanidad ambiental (Elverdín et al., 2005).

Particularmente el sector rural de pequeña escala de la región del noroeste argentino presenta una serie de problemáticas (Elverdín et al., 2005; IPAF NOA, 2006; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina (MAGyP), 2013) entre las que se puede citar:

- La ausencia de instrumentos metodológicos que contribuyan a la integración de los sectores agropecuarios e industriales
- Escasos programas y proyectos de apoyo al sector agropecuario
- Falta de políticas de incentivo para el agregado de valor de productos regionales
- Falta de un sello distintivo de la provincia que preserve el acervo cultural
- Falta de políticas de sostenibilidad. Destrucción y degradación de los recursos naturales
- Limitado acceso al financiamiento
- Falta de tecnología
- Escasa inserción a potenciales mercados
- Escasa organización formal
- Creciente pérdida de conocimientos técnicos locales
- Predominio de economías de subsistencia que contribuyen al fenómeno de migración del campo a la ciudad
- Bajo nivel de formación y de capacitación de los actores de las redes de suministro de los productos regionales

Sin embargo, a pesar de las problemáticas identificadas y señaladas, existen ciertas fortalezas y oportunidades (Salinas y Cartes, 2016) como ser:

- Valorización de la identidad y de las tradiciones culturales
- Respeto del saber local
- Valorización de la identidad colectiva

Es así que los elementos expuestos son de gran valor ya que conducen al diseño de un modelo de gestión que dé respuestas a los problemas planteados. El modelo propuesto surge en el marco del desarrollo de la tesis doctoral de la autora.

En el presente trabajo, se utilizará la herramienta de Análisis de Modo de Fallas y Efectos (AMFE) como instrumento de verificación para el análisis y detección de potenciales fallas y efectos que

pueden presentarse ex ante de la implementación del modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de los sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino. La herramienta AMFE permitirá detectar las causas y fallas potenciales, y con ello establecer las medidas de mitigación que atenúen los posibles efectos negativos antes de su implementación. Para ello, se establecen los siguientes objetivos:

- Identificar ex ante las fallas potenciales y efectos asociados al modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de sectores rurales de pequeña escala del Noroeste Argentino.
- Determinar y evaluar los índices de riesgo asociados a cada una de las fases de la red analizada
- Proponer medidas de mitigación a partir de los resultados obtenidos que permitan realizar correcciones en el diseño del modelo propuesto

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El alcance de la investigación del presente trabajo es del tipo descriptivo y correlacional. El modelo que se presenta en el trabajo se desarrolla de forma simplificada y general para la aplicación de la metodología AMFE. Esta última, se empleará como una de las herramientas de verificación ex ante a la aplicación del modelo. El modelo concebido, surge de una revisión sistemática previa de modelos conceptuales y empíricos que abordan y dan soluciones parciales a los problemas señalados. El alcance del modelo corresponde a los sectores rurales de pequeña escala, y forma parte de uno de los capítulos de la tesis doctoral de la autora. La aplicación de la herramienta AMFE, se realizó con la colaboración de un grupo interdisciplinario con conocimientos y experiencias en la temática analizada (expertos de diferentes áreas).
El modelo propuesto sienta las bases en una serie de principios rectores sobre los que sustenta, y cuyas características permiten estructurar sus fases y procedimientos. Se sintetiza los cuatro principios del modelo:

- Asociatividad: Este principio es elemental para el éxito del modelo. Más allá de constituir formas asociativas meramente formales son efectivos para desarrollar aspectos como la confianza, el aprendizaje organizacional y prácticas productivas.
- Cooperación: Este principio refleja la importancia de desarrollar prácticas de cooperación entre los diferentes actores directos e indirectos de las redes de suministro. Permite generar de forma gradual la confianza, el respeto mutuo y cooperación. En algunos casos articula y facilita las negociaciones, y disminuye los costos de transacción. Facilita la autogestión de la cooperación con instituciones y gobiernos locales (mejores acuerdos).
- Integración de sistemas de gestión: El modelo de gestión integra tres tipos de sistemas: gestión de conocimiento, gestión de tecnología e innovación y gestión ambiental.
- Sostenibilidad: Uno de los puntos importantes del modelo es la sostenibilidad. Para ello se aplican los principios de continuidad del negocio. Este principio se relaciona con el principio de gestión ambiental a través de las prácticas medioambientales.

Los objetivos del modelo de gestión se centran en la inserción y participación activa de los sectores rurales de pequeña escala en la economía local, generando productos con apropiación cultural e identidad propia para que puedan ser comercializados en mercados existentes y en nuevos nichos, bajo buenas prácticas agrícolas y que promuevan el desarrollo sostenible. El modelo representa redes de suministros de cadena corta que operan bajo los principios de una red de cooperación, en la que participan diferentes actores representados en la cuarta hélice (organizaciones locales, estado, academia, empresas). La ventaja del enfoque es que constituye una herramienta que facilitará la inserción de pequeños y medianos productores agrícolas en agro cadenas, permitiéndoles minimizar los problemas de acceso a mercados, información, financiamiento, infraestructura, innovación y tecnología (Tartanac, Acosta Avila, y Piñones Vásquez, 2006). Para llevar adelante el modelo conceptual planteado, en la Figura N° 1 se establece el siguiente procedimiento general, que describe las principales fases (Hartwich et al., 2005; Tartanac et al., 2006):

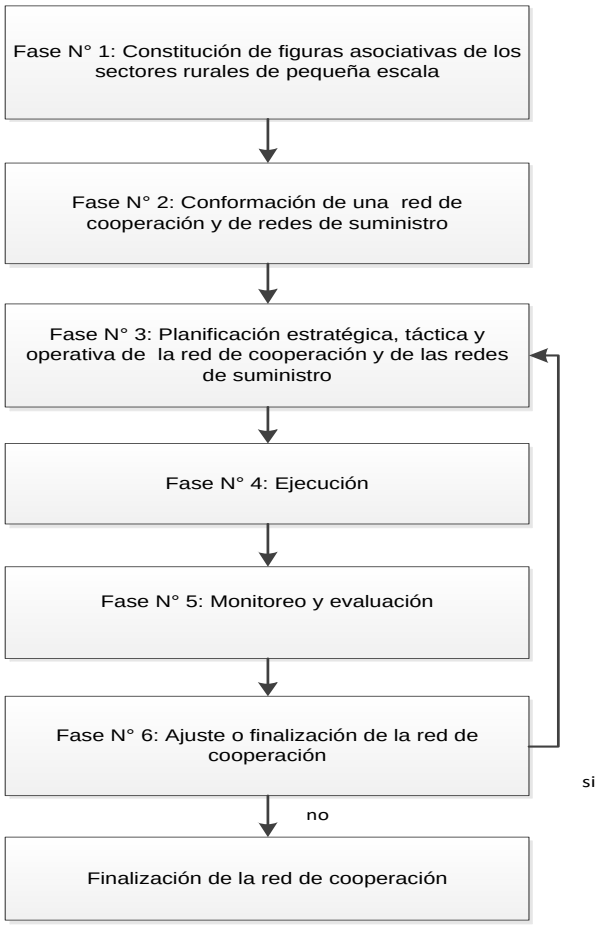


Figura N°1: Procedimiento general para la implementación del modelo conceptual
Fuente: Elaboración propia

Se describen de forma sintética las fases descriptas en el procedimiento general:

- Fase N° 1: Constitución de figuras asociativas de los sectores rurales de pequeña escala

Los sectores rurales de pequeña escala (productores) deberán conformarse previamente en figuras asociativas convenientes que les permita incorporarse a la red. Si en la fase inicial se presentan asociaciones de productores ya conformadas, serán evaluadas y sometidas a un procedimiento de ingreso en tanto cumplan ciertos requisitos y compromisos previamente definidos.

- Fase N° 2: Conformación de una red de cooperación y de redes de suministro

Esta fase corresponde en una primera instancia a la constitución de una red de cooperación, y en segunda instancia a la conformación de redes de suministro. Conviene identificar y trazar objetivos comunes, y concertar los diferentes temas de interés, entre los que se prevé la gobernabilidad, el financiamiento, manejo legal, distribución de los riesgos y beneficios, así como las reglas de convivencia entre las partes. Esto se verá plasmado a través de estatutos y acuerdos concertados entre todos los actores involucrados.

- Fase N° 3: Planificación estratégica, táctica y operativa de la red de cooperación y de las redes de suministro

Se definen las estrategias de la red en base a los objetivos establecidos entre las partes. Se identifica qué actividades son necesarias para alcanzar los objetivos, se designa los responsables de cada actividad y la cantidad de recursos financieros y humanos involucrados, y el aporte de cada participante. Todo lo mencionado anteriormente deberá encontrarse previamente formulado y acordado por todos los integrantes.

- Fase N° 4: Ejecución

Se pondrá en ejecución las estrategias detalladas en la Fase N° 3, se tomarán mediciones a lo largo de la red. La creación de una base de datos permitirá evaluar los indicadores determinados en la Fase N°3.

- Fase N° 5: Monitoreo y evaluación

Es recomendable efectuar evaluaciones periódicas del funcionamiento de la red, en las que se revisen los planes, programas, métodos y recursos, y se contrasten los resultados obtenidos con los planificados. Se analizarán los resultados e indicadores obtenidos. Las evaluaciones proporcionan información para mejorar el proceso o redefinir los objetivos. De la misma forma, se propondrán mejoras si correspondiesen, y se volverán a evaluar las estrategias implementadas o las planificaciones tácticas y operativas definidas en la Fase N°3. Se aplicarán las normas ISO 22031 e ISO 9004 correspondientes al Sistema de Mejora Continua y de Continuidad del Negocio.

- Fase N° 6: Ajuste o finalización de la red

Como se explicó en puntos anteriores la red de cooperación se las emplea para alcanzar objetivos compartidos en una forma más eficiente. Una vez que se alcanzan los objetivos la red puede culminar o redefinirse para otro ciclo. En caso de continuar con el ciclo, las fases subsiguientes corresponderán a la maduración, consolidación y captación de nuevos socios que permitan fortalecer la red.

Una vez descriptas las fases constituyentes del modelo, se aplicó la herramienta AMFE para el análisis y detección de potenciales fallas y efectos que pueden presentarse. La metodología AMFE se emplea en numerosas actividades, y en distintas redes de Suministro. Las redes de suministro agroalimentarias son complejas y susceptibles a diferentes vulnerabilidades y riesgos. En trabajos relacionados a cadenas agroindustriales, se encontró la aplicación de herramientas de manufactura esbelta para la mitigación de riesgos operaciones en cadenas de suministro agroindustriales del aguacate como el mapeo de la cadena de valor, AMFE y el despliegue de función de la calidad y lógica difusa, sin embargo pudo detectarse que los eventos disruptivos no son evaluados y pueden llegar a influir sobre el funcionamiento normal de la cadena de suministro (Paredes-Rodriguez, Chud-Pantoja, y Peña-Montoya, 2022).

Se ha adaptado la metodología del AMFE al modelo de gestión de redes de suministro de sectores rurales de pequeña escala. El procedimiento sugerido y adaptado para la aplicación de la herramienta AMFE se sintetiza en la Figura N°2 (Bestratén Belloví y Orriols Ramos, 2004; García Cánovas, 2015):

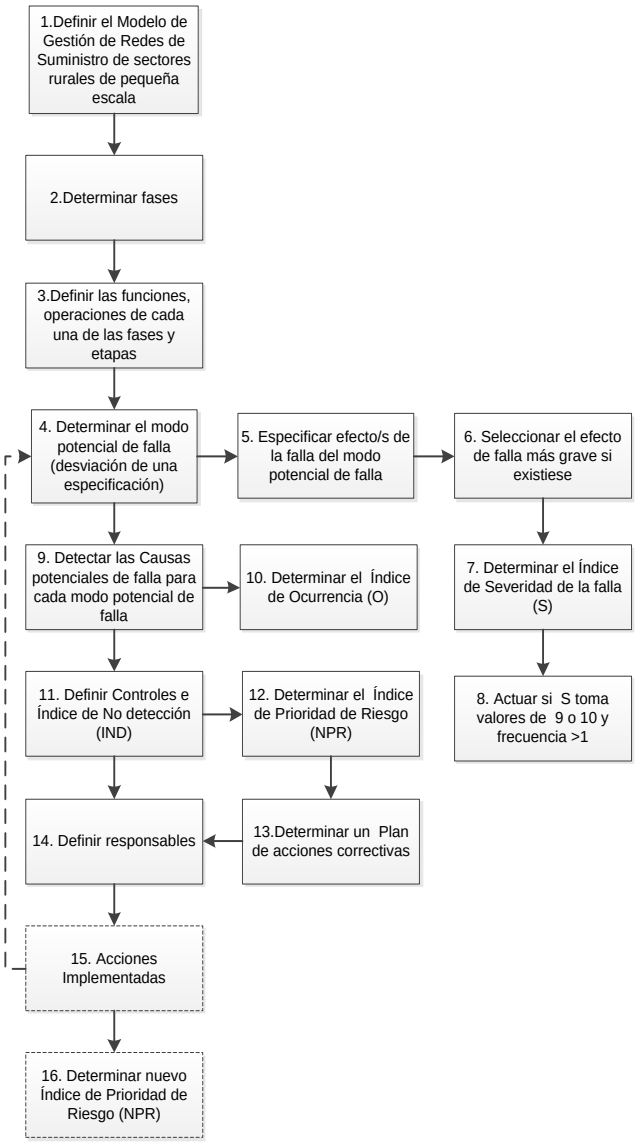


Figura N°2: Procedimiento para la aplicación de AMFE
Fuente: Elaboración propia a partir de García Cánovas(2015)

- Pasos 1,2 y 3: Definir el Modelo de Gestión y fases

En primer lugar se debe definir el Modelo de gestión y las fases constitutivas del modelo.

- Paso 4: Determinar el modo potencial de fallo (desviación de una especificación)

Este concepto implica que un elemento o sistema no funciona o no cumple la/s especificación/es determinada/s dentro de las fases del Modelo de gestión.

- Pasos 5 y 6: Especificar efecto/s de la falla del modo potencial de falla. Seleccionar efecto de falla más grave si existiese

Suponiendo que la falla ha ocurrido, se describe los efectos como lo haría el cliente (se considera cliente interno aquel que participa de forma directa en la cadena, y cliente externo aquel que afecta o es afectado de alguna forma por esta última, por ejemplo el consumidor final, proveedor, etc.). Cuando se analiza una parte o componente, se tendrá también en cuenta el efecto sobre el sistema. Si un modo de falla tiene muchos efectos, a la hora de evaluar, se elige generalmente el más grave.

- Pasos 7 y 8: Determinar el Índice de Severidad de la Falla(S). Actuar si S toma valores de 9 o 10

Está relacionado con los efectos de modo de falla, y se estima el nivel de consecuencias que pueden llegar a ser percibidas por el cliente. Está basada en los efectos de la falla. El índice de severidad

es independiente de la frecuencia y de la detección. Para utilizar criterios comunes, se empleó una tabla de clasificación de la severidad de cada efecto de la falla (Tabla N° 1):

Tabla N°1: Clasificación de la severidad de cada efecto de falla

Puntaje	Denominación	Concepto
1	Menor	El cliente probablemente no notará la falla
2-3	Baja	El cliente probablemente notará un leve deterioro del producto o servicio
4-6	Moderado	El cliente se siente incómodo o molesto por la falla. Puede causar el uso de equipos y actividades no programadas
7-8	Alta	Alto grado de insatisfacción debido a la naturaleza de la falla. Producto no operativo puede causar la interrupción del proceso o servicio
9-10	Muy alta	Se la considera así cuando afecta la seguridad o genera el incumplimiento de las legislaciones vigentes.

Fuente: A partir de Bestratén Belloví y Orriols Ramos (2004) y Torres Rusindo (2015)

Si el índice de severidad tomara los valores de 9 o 10, y la frecuencia y detección superior a 1, la falla y las características que le corresponden se consideran como críticas.

- Paso 9: Detectar las Causas potenciales de falla para cada modo potencial de falla

Para cada modo de falla, se proponen sus causas potenciales. Las causas se expresaron de manera concisa y completa, de manera que puedan proponerse de forma directa las acciones preventivas y correctivas.

- Paso 10: Determinar el Índice de Ocurrencia (O)

Indica la probabilidad de que una causa específica se produzca y genere el modo de falla. Es un valor determinado por conocimiento y experiencia del funcionamiento de la cadena de suministro aunque también se puede establecer a partir de información histórica.

Está relacionado con la causa de la falla, y se lo determina estableciendo la probabilidad de ocurrencia en una escala del 1 al 10, de acuerdo a lo que se muestra en Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Clasificación de la ocurrencia de la causa

Criterio de Ocurrencia	Valor de O
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.	1
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocas fallas en circunstancias pasadas similares.	2-3
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente.	4-5
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores la falla se ha presentado con cierta frecuencia.	6-7
Elevada probabilidad de ocurrencia. La falla se ha presentado frecuentemente en el pasado.	8-9
Muy elevada probabilidad de falla. Es seguro que la falla se producirá frecuentemente.	10

Fuente: Torres Rusindo (2015)

- Paso 11: Definir Controles e índice de No detección (IND)

Se describen los controles existentes para detectar la falla o su efecto resultante. La "no-detección", se incrementará en la medida que el sistema de control no sea confiable para detectar la falla o su causa, de acuerdo a la escala que se presenta en la Tabla N° 3:

Tabla N° 3: Clasificación de la no detección de la causa

Puntaje	Denominación	Concepto de no detección
1	Muy baja	El control detectará la existencia de la falla casi con certeza
2-3	Baja	El control tiene una buena probabilidad de detectar la existencia de la falla

4-6	Moderado	El control puede detectar la existencia de la falla
7-8	Alta	Alta probabilidad de que el control no detecte la existencia de la falla
9-10	Muy alta	Muy alta probabilidad de que el control no detecte la existencia de la falla

Fuente: A partir de Bestratén Belloví y Orriols Ramos (2004) y Torres Rusindo (2015)

- Paso 12: Determinar el Número de Prioridad de Riesgo (NPR)

Para cada una de las causas potenciales de falla, se determinó el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Se calculó como el producto de la probabilidad de ocurrencia (O), la severidad (S), y el índice de no detección (IND). El NPR se utiliza con el fin de priorizar las causas potenciales de falla para posibles acciones correctivas. El NPR también se denomina IPR (Índice de Prioridad de Riesgo) y se lo calcula como: NPR = S x O x IND

Se evalúan en una escala de 1 a 10, el NPR tiene una escala de 1 a 1000. Esto permite establecer valores de umbral, para los cuales se considera necesario definir acciones correctivas (adoptando como criterio definir acciones si el NPR supera los 200 puntos o si la severidad es 9 ó 10).

- Pasos 13 y 14: Determinar un Plan de acciones correctivas y definir responsables

Se realiza una breve descripción de la/s acción/es correctiva/s recomendada/s. Se debe seguir un cierto orden de prioridad. Se indican los responsables de las diferentes acciones propuestas y, las fechas previstas de implantación de las mismas.

- Pasos 15 y 16: Acciones Implementadas, y determinar el nuevo NPR

La implementación de las acciones propuestas permite realizar una evaluación permanente de las medidas, y determinar Nuevos Índices de Prioridad de Riesgo para verificar la eficacia de las medidas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

a. Se aplicó el procedimiento AMFE a cada una de las fases del modelo de gestión de redes de suministro agroindustriales de los sectores rurales de pequeña escala, descriptos en la sección de materiales y métodos.

b. Luego, se identificó el modo potencial de falla (desviación de una especificación) correspondiente a cada una de las fases descriptas en a) según la Tabla N°4:

Tabla N° 4: Modo potencial de falla correspondiente a cada Fase

Fase	Modo potencial de falla
Fase N° 1: Constitución de figuras asociativas de los sectores rurales de pequeña escala	No se realiza una correcta difusión para la convocatoria de productores y asociaciones emergentes
	Débil compromiso en la asistencia a las reuniones y en la primera fase da capacitaciones
	Falta de continuidad de apoyo del gobierno y de otros organismos a los sectores rurales de pequeña escala
	No se llegan a establecer acuerdos entre productores para conformar figuras asociativas
	Falta de recursos económicos para constituir una figura asociativa
Fase N° 2: Conformación de una red de cooperación y de redes de suministro	Falta de apoyo gubernamental y de otras organizaciones
	Falta de acuerdo y compromiso entre los actores de la red
	Falta de capital de la Unión de gestión
	Información incompleta de las figuras asociativas y de empresas
	Fallas en la evaluación y selección de asociaciones y empresas
	Falta de articulación de los actores de las redes de suministro y/o la red de cooperación
	Falta de acuerdos entre los actores de la red de suministro y/o la red de cooperación
Fase N° 3: Planificación estratégica, táctica y operativa de la red de	Mínimo compromiso para constituir el comité de representantes
	Inadecuada formulación y alcance de las estrategias
	Inadecuada jerarquización de las estrategias

cooperación y de las redes de suministro	Inadecuada definición del nivel de participación y roles de cada uno de los actores
Fase N° 4: Ejecución	Definiciones incorrectas de las acciones definidas en el Plan de acción
	Inadecuada determinación de roles y participación en el Plan de acción
	Fallas en los canales de comunicación o en la información transmitida a las redes
	Falta de compromiso en la asistencia a las reuniones
Fase N° 5: Monitoreo y evaluación	Inadecuada detección de las interrupciones
	Inadecuada elaboración del plan preventivo
	Inadecuada ejecución del plan preventivo
	Escasa voluntad de las partes para crear un fondo de contingencia
	Falta de compromiso de los actores para replanificar la gestión, organización, producción, comercialización y distribución
	Errores operativos en el monitoreo y/o en la evaluación
	Errores en la elaboración de procedimientos estandarizados
Fase N° 6: Ajuste o finalización de la red	Escaso acompañamiento de los actores de la cuádruple hélice
	Disociación de las figuras asociativas
	Disociación de una o más redes de suministro
	Migración de empresas y asociaciones de las redes
	Falta de grado de madurez y de aprendizaje de los integrantes de la red

Fuente: Elaboración propia

c. Posteriormente se determinó los efecto/s de la falla correspondiente a cada modo potencial de falla. Por ejemplo en la Fase N°1, se analizó los efectos de falla para cada modo de falla según se presenta en la Tabla N° 5:

Tabla N°5: Efecto/s de la falla para cada Modo potencial de falla de la Fase N°1

Fase	Modo potencial de falla	Efecto/s de la falla
Fase N° 1: Constitución de figuras asociativas de los sectores rurales de pequeña escala	No se realiza una correcta difusión para la convocatoria de productores y asociaciones emergentes	Incremento de tiempo para constituir las formas asociativas
	Débil compromiso en la asistencia a las reuniones y en la primera fase da capacitaciones	Incremento de tiempo para constituir las formas asociativas
	Falta de continuidad de apoyo del gobierno y de otros organismos a los sectores rurales de pequeña escala	No se constituye las formas asociativas
		Problemas de articulación de los actores de la red, y de acceso financiero y comercial
	No se llegan a establecer acuerdos entre productores para conformar figuras asociativas	No se constituye las formas asociativas
	Falta de recursos económicos para constituir una figura asociativa	No se constituye las formas asociativas

Fuente: Elaboración propia

d. Se analizaron todos los efectos de cada una de las fases descriptas
e. Luego se determinaron los Índice de Severidad de la falla (S), las Causas potenciales de falla para cada modo potencial de falla, Índice de Ocurrencia (O), Índice de No Detección (IND) y el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) para cada una de las fases del modelo de gestión. A modo descriptivo, se muestra en la Tabla N° 6 los valores obtenidos para la Fase N°1:

Tabla N°6 Severidad de la falla de cada efecto de falla

Fase	Modo potencial de falla	Efecto/s de la falla	S	Causa potencial de falla	O	IND	NPR

Fase N° 1: Constitución de figuras asociativas de los sectores rurales de pequeña escala	No se realiza una correcta difusión para la convocatoria de productores y asociaciones emergentes	Incremento de tiempo para constituir las formas asociativas	4	Falta de recursos y/o de coordinación de la difusión	5	2	40
	Débil compromiso en la asistencia a las reuniones y en la primera fase da capacitaciones	Incremento de tiempo para constituir las formas asociativas	4	Falta de motivación y de un adecuado Plan de capacitaciones	5	4	80
	Falta de continuidad de apoyo del gobierno y de otros organismos a los sectores rurales de pequeña escala	No se constituye las formas asociativas	7	Falta de compromiso y acuerdos explícitos con el sector	4	4	112
	No se llegan a establecer acuerdos entre productores para conformar figuras asociativas	No se constituye las formas asociativas	7	Falta de concientización y de capacitaciones	5	6	210
	Falta de recursos económicos para constituir una figura asociativa	No se constituye las formas asociativas	7	Desconfianza y/o carencia de acceso financiero	6	5	210

Fuente: Elaboración propia

f. Finalmente, se determinó el NPR para cada una de las causas potenciales correspondientes a cada una de las fases. De los valores obtenidos se puede observar que los valores más elevados de NPR ascienden a 240 y corresponden a las:

- Fase N° 2: Conformación de una red de cooperación y de redes de suministro, correspondiente al modo potencial de falla “Falta de capital de la Unión de Gestión de la Red de cooperación”. El efecto de la falla es que no se constituya la red de cooperación a causa de desconfianza de los productores y/o carencia de acceso a créditos.
- Fase N° 5: Monitoreo y evaluación, correspondiente al modo potencial de falla “Escasa voluntad de las partes para crear un fondo de contingencia”. El efecto atribuido hace referencia a “Fallas o disrupción de la redes de suministro y/o de la red de cooperación”. Las causas a que se le asignan estos efectos se corresponden a la desconfianza de los productores y/o carencia de acceso a créditos.
- Fase N° 6: Ajuste o finalización de la red, referida al modo potencial de falla “Falta de grado de madurez y de aprendizaje de los integrantes de la red” cuyo efecto es la dependencia de los productores a la gestión realizada por los actores de la cuádruple hélice”. La causa a la que se le atribuye es la falta de concientización y de capacitaciones de los productores.

Otra causa que de igual manera presenta un valor elevado (NPR=210) se atribuye a la Fase N° 1: Constitución de figuras asociativas de los sectores rurales de pequeña escala correspondiente al modo potencial de falla en la que “no se llegan a establecer acuerdos entre productores para la conformación de figuras asociativas” y a la “falta de recursos económicos para constituir una figura asociativa”. El efecto de la falla es que no se conformen las figuras asociativas, ya sea por falta de concientización y de capacitaciones o desconfianza de los productores y/o carencia de acceso a créditos.

e. En base a los resultados obtenidos en cada una de las fases, y a los valores más elevados de NPR se plantea una serie de medidas que deben tenerse en cuenta para realizar las reformulaciones del modelo planteado. Las medidas sugeridas son:

- Establecer acuerdos consolidados con los sectores del gobierno y otras organizaciones sociales, que permitan acceder a los recursos monetarios para la constitución inicial de las figuras asociativas, redes de suministros y red de cooperación. El desarrollo de este aspecto generará mayor credibilidad, compromiso y confianza del sector rural.
- Desarrollar planes de capacitación continuo en todas las fases de implementación del modelo, y adaptados a la formación, nivel de educación y objetivos de todos los actores de las redes. Las etapas de capacitación, junto con las prácticas adquiridas a través del funcionamiento de las redes permitirán ir desarrollando de forma gradual e incremental aspectos como el aprendizaje, madurez organizacional, confianza y respeto, lo cuales serán aspectos centrales para que los actores directos gestionen sus propias redes a futuro.

f. Finalmente, como la aplicación de la herramienta AMFE es sobre un modelo de gestión aún no implementado, no se realizó el cálculo de nuevos índices de NPR. Sin embargo, como se detectaron fallas en la formulación de algunos puntos de las fases, se recomendaría corregirlos y recalcularlos nuevamente, antes de su implementación.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de la herramienta AMFE al modelo de gestión propuesto, permitió:

- Reformular el modelo en dos puntos relevantes: el primero en el establecimiento de acuerdos consolidados entre los sectores del gobierno con los actores de la cuarta hélice (que permitan principalmente el acceso a financiamiento), y en segundo lugar la incorporación de planes de capacitación continua en todas las fases del modelo que aporten al proceso de aprendizaje, confianza y madurez de los actores de la redes. Principalmente en este último punto, proponer capacitaciones centradas en el desarrollo de estrategias de gestión de redes de suministros colaborativas que coordinen acciones conjuntas tendientes al cumplimiento de objetivos comunes, y a mejoras en el desempeño global de las redes, y de cada uno de los eslabones con bases en la confianza y respeto de los actores.
- Las correcciones ex ante del modelo establecen mejoras, y reconsideraciones en la reformulación de las fases del modelo previo a su aplicación. Esto permitirá aplicar nuevamente la metodología y recalcular los NPR, y evaluar nuevamente las fallas potenciales y efectos que puedan surgir.
- La metodología AMFE puede ser aplicable a diferentes modelos de gestión de redes de suministro, si se tienen conocimientos de las dinámicas de funcionamiento, el grado de complejidad de las redes, y el contexto en el que se desarrollan.

5. REFERENCIAS.

Bestratén Belloví, M., y Orriols Ramos, R. (2004). NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Recuperado a partir de https://cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20679%20-%20Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.%20AMFE.pdf

Elverdín, J., Catalano, J., Cardozo, F., Ramilo, D., Tito, G., Cittadini, R., Giordano, G., et al. (2005). La Pequeña Agricultura Familiar en Argentina: Problemas, oportunidades y líneas de acción. Documento Base del Programa Nacional de Investigación y Desarrollo tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar. Ediciones INTA.

García Cánovas, J. (2015). Mejora del diseño de un servicio mediante la metodología AMFE: una aplicación en una empersa hotelera (Tesis de grado). Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado a partir de https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4468/pfc6053.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gras, C., y Hernández, V. (2021). La Argentina rural: De la agricultura familiar a los agronegocios. Editorial Biblos.

Hartwich, F., Tola, J., Engler, A., Ghezan, G., González, C., Vásquez, J., Silva, J. A., et al. (2005). Guía para las organizaciones promotoras de alianzas público-privadas para la innovación agrícola y agroindustrial. ISNAR, San José (Costa Rica).

IPAF NOA. (2006). Relevamiento, sistematización y análisis de problemas de la Pequeña Agricultura Familiar de la Región NOA. Recuperado a partir de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ipafnoa_relev_.pdf

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina (MAGyP). (2013). Resolución del Ministerio de Medio Ambiente y Producción Sostenible N ° 274/13. Recuperado a partir de http://www.prosap.gov.ar/webDocs/EPSA-

Paredes-Rodriguez, A. M., Chud-Pantoja, V. L., y Peña-Montoya, C. C. (2022). Gestión de riesgos operacionales en cadenas de suministro agroalimentarias bajo un enfoque de manufactura esbelta. Información tecnológica, 33(1), 245-258.

Salinas, M., y Cartes, F. (2016). Resultados y Lecciones en Modelo de Gestión para la Agricultura Familiar Campesina: Proyectos de Innovación en la Región de la Araucanía: Gestión.

Tartanac, F., Acosta Avila, L. A., y Piñones Vásquez, S. (2006). Alianzas productivas en agrocadenas: experiencias de la FAO en América Latina.

Torres Rusindo, M. L. (2015). Gestión de los riesgos en el proceso de recepción del hotel “Brisas Trinidad del Mar” (Tesis de doctorado). Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Recuperado a partir de https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6268

Villarreal, F. (2018). La inclusión de la Agricultura Familiar. Discusión de su uso en programas de desarrollo rural en Argentina. Mundo agrario, 19(41), 91-e1. SciELO Argentina.

ALTERNATIVAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA PROVINCIA DE MISIONES

Niezwida, Sonia Romina; Michalus, Juan Carlos; Gavazzo, Graciela Beatriz

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.
rominaniezwida@gmail.com, michalus@fio.unam.edu.ar, ggavazzo@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se ha realizado con el objetivo de evaluar las alternativas para la localización de estaciones de clasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) en la provincia de Misiones, tomando como variable principal a la cantidad de habitantes de los departamentos que lo integran. En primer lugar, se determinaron las alternativas de localización fundamentadas por el método “k-means”. Seguidamente se elaboraron criterios para evaluar las alternativas, los cuales comprenden a la densidad poblacional por cada departamento de la provincia, facilidad de instalación de la estación, cantidad de residuos producida y ubicación geográfica (cercanía a la ruta provincial y alejado de la ciudad). Por último, se aplicaron los métodos de factores ponderados y el proceso de jerarquización analítica (AHP) donde los resultados obtenidos han sido similares para ambos métodos de comparación de alternativas. Se ha establecido las mejores alternativas para la localización, donde en primer lugar se encuentra el departamento Capital y expusieron en orden de prioridad otras propuestas.

Palabras Claves: RSU, localización, estaciones de clasificación, jerarquización, alternativas.

ABSTRACT

The present work has been carried out with the objective of evaluating the alternatives for the location of urban solid waste (USW) classification stations in the province of Misiones, taking as the main variable the population of the departments that comprise it. In the first place, the alternatives based on the “k-means” method were determined. Next, criteria were developed to evaluate the alternatives, which include the population density for each department of the province, ease of installation of the station, amount of waste produced and geographical location (close to the provincial route and far from the city). Finally, the methods of weighted factors and the analytical hierarchical process (AHP) were applied where the results obtained have been similar for both methods of comparison of alternatives. The best alternatives for the location have been established, where in the first place the Capital department is found and the following alternatives proposed are displayed in order of priority.

Keywords: USW, localization, classification stations, hierarchization, alternatives.

1. INTRODUCCIÓN

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) son “aquellos elementos, objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo o el desarrollo de actividades humanas cuyo destino sea el desecho o el abandono; sea su origen residual, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional” (Ley Nacional N° 25916/2004).

La realidad actual de la problemática, indica que a medida que los países tienden a desarrollarse, también aumenta la producción de residuos por habitante tal como mencionan Rollandi (2013) y Berent (2004), constituyendo de esta manera al tema de la basura en una situación compleja que involucra a los diversos actores de la sociedad: universidad, empresas, gobierno. Es por ello, que la gestión de residuos es materia de investigación en varias partes del mundo, ya que se pretenden desarrollar modelos de gestión para contribuir a mejorar la situación actual (El Fadel, 2001), (Shidong, 2017) y (Tchobanoglous & Kreith, 2002). Entre los mayores problemas ambientales que se presentan en los municipios de la República Argentina, se encuentra la deficiente gestión de los residuos urbanos, en la mayoría de los casos realizada a través de la disposición de residuos en vertederos a cielo abierto (Plaza & Zapata, 2011).

Desde la ingeniería Industrial se encuentran herramientas que pueden contribuir a realizar aportes a la temática en cuestión, tal como, evaluación de métodos para la localización de estaciones de clasificación que puede ser tomado como punto de partida para reducir el volumen que se deposita en los rellenos sanitarios o bien, una modelización para la gestión que incluya a más de un municipio.

Es importante destacar que la localización de instalaciones refiere al proceso de elegir un espacio geográfico donde emplazar una planta industrial según Ballou (2004) y Martinez (2007), tal como menciona Vásquez (1988) quien cita a uno de los pioneros en localización industrial Weber (1909) y afirma que el emplazamiento de una planta es afectado por factores varios, como recursos (cercanía de MP) economías de aglomeración y costos es decir, criterios sociales, ambientales, técnicos y económicos.

El presente trabajo persigue evaluar alternativas para la localización de estaciones de clasificación de residuos sólidos urbanos en la provincia de Misiones. De esta manera, se pretende contribuir a determinar las mejores alternativas de ubicación en función a la variable y criterios que se adoptan para el presente caso de estudio.

2. DESARROLLO

En los últimos años, se nota el interés creciente en cuanto al fortalecimiento de la conciencia ambiental de la sociedad, mediante la búsqueda permanente de mecanismos, estrategias y tecnologías capaces de mitigar la pérdida acelerada de los recursos naturales del planeta (Berent & Vedoya, 2005) .

Según Durand (2011), la gestión de residuos es una realidad muy compleja, donde se puede observar tres sistemas que responden a lógicas, a la vez geográficas e históricas: la «autogestión», de la «gestión pública» y de la «gestión compartida».

La realidad que enfrentamos es que la generación de residuos origina varios problemas, siendo el tema más preocupante el daño ambiental que ocasiona el deterioro en los ecosistemas, contaminando el agua, la tierra y el aire. En Argentina existen 5000 basurales a cielo abierto, lo que significa, en promedio, más de dos basurales por municipio. La mayoría de ellos son formales, es decir, son el modo oficial en que los gobiernos locales eliminan su basura según menciona el Ministerio de desarrollo sostenible de la Nación en su página oficial. Misiones, no es una provincia ajena a ello, si bien posee 2 rellenos sanitarios que funcionan hace más de 20 años, se detecta falta de políticas regulatorias para la gestión de residuos en los municipios que la integran.

Según la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2016), la gestión integral de residuos sólidos domiciliarios incluye a la concientización mediante reducción de cantidad en origen, la separación, la valorización ó reciclaje para residuos inorgánicos y compostaje de orgánicos, tomando como última medida la disposición en el relleno sanitario.

La situación ideal es aquella donde los residuos se gestionen desde la generación hasta la disposición final incluyendo aquí a la clasificación (Carabajal Romero, 2022)**,** que puede llevarse a cabo mediante la instalación de estaciones de clasificación en puntos estratégicos donde, además de separar y vender los reciclables, se disminuirá el volumen a trasladar hacia el relleno sanitario.

La provincia de Misiones, región que se adopta para el caso de estudio; está dividida en 17 departamentos como indica la Figura 1, donde habitan más de un millón de personas **(IPEC, 2022)**.

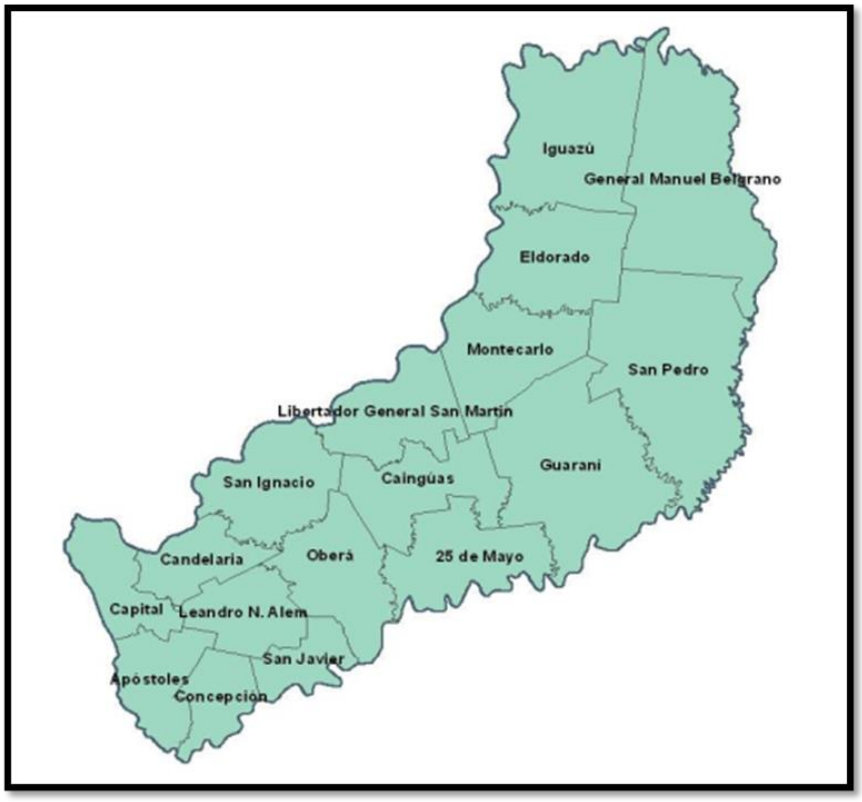


Figura1: División política por departamentos de la provincia de Misiones.

Fuente: Argentina.gob.ar/IPEC.

Los departamentos más poblados son Capital, Oberá, Iguazú y Eldorado, 4 departamentos donde habitan el más del 54 % de la población de la provincia, tal como indica la Figura 2.

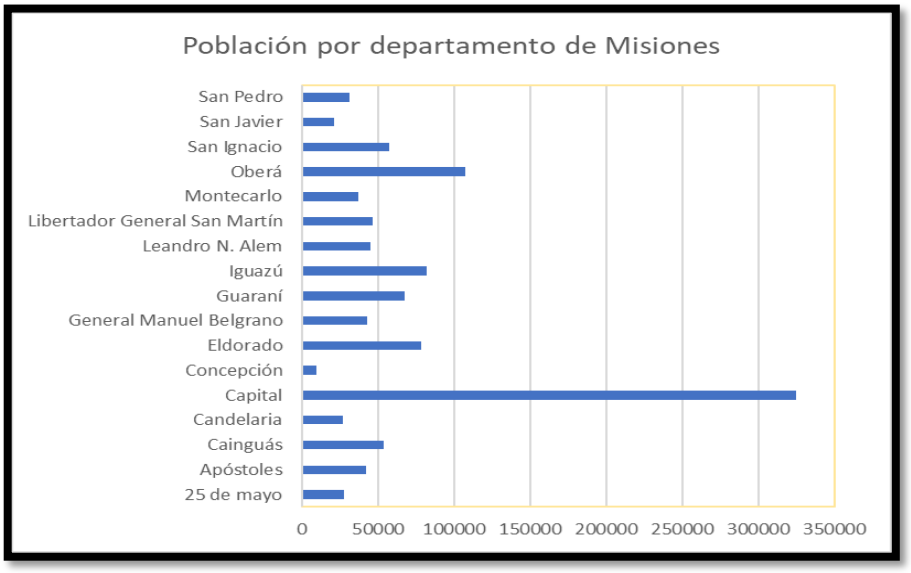


Figura 2: Población por departamentos de la provincia de Misiones.
Fuente: Elaboración propia mediante datos del IPEC (2022).

2.1 METODOLOGÍA

Las alternativas a evaluar, según la variable poblacional son los departamentos con mayor cantidad de habitantes de la provincia, ya que son estos los que necesitan una planta de clasificación para disminuir el volumen que se traslada hasta el relleno sanitario, por ser zonas con alta densidad poblacional y con ello las que tienen mayor producción de residuos. El número de estaciones de clasificación de residuos está respaldado por el método “k means”, que agrupa objetos en k grupos según su característica o variable. Para este caso, la variable ha sido la cantidad de habitantes por departamento y se ha utilizado un algoritmo en lenguaje R, disponible en Rpubs (Diaz, 2019). Una vez cargados los datos de población por departamento en el algoritmo, mediante el programa R se ha compilado el mismo. K-means de Rpubs plantea que el mejor modelo o clúster es aquel que ofrece la menor suma de los cuadrados de las distancias de los puntos de cada grupo con respecto a su centro (withinss). En el algoritmo se probaron con hasta 10 k posibles, resultando el k óptimo de 4 (4 grupos). Este resultado se puede observar en la Figura 3, donde se denota que para un k = 4, se empieza a estabilizar la gráfica.

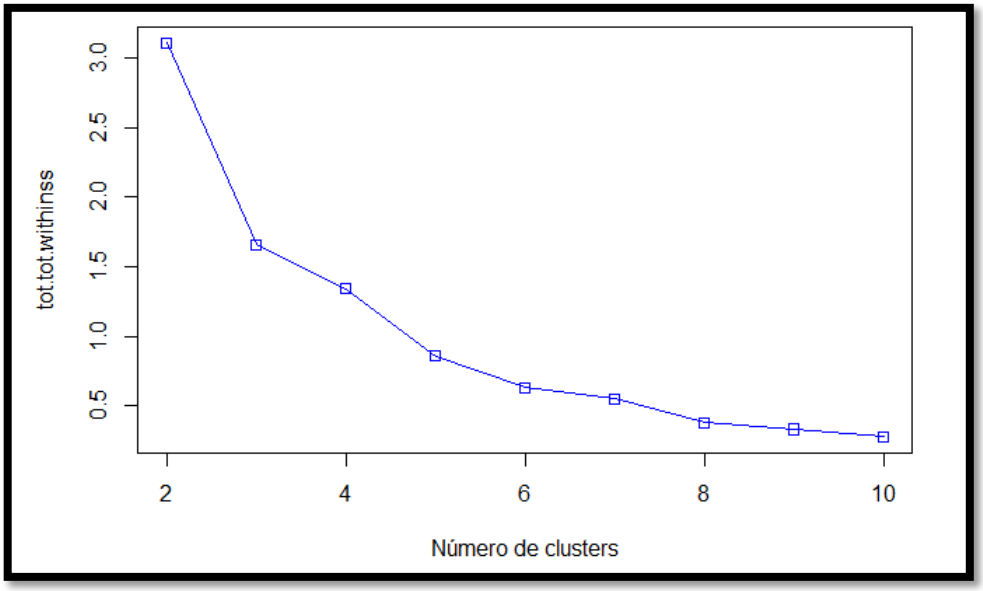


Figura3: Número de clústeres que arroja k-means.
Fuente: Compilado en R Studio mediante algoritmo de Rpubs.

Por lo tanto, para el estudio se toma al grupo 1, el cual está constituido por los departamentos con mayor densidad poblacional de la provincia que son cuatro. Seguidamente y mediante el método de localización de factores ponderados y la jerarquización analítica (AHP) se procede a priorizar las alternativas, es decir establecer quien es la mejor alternativa de localización que ocupa el primer lugar, segundo, tercer y cuarto lugar.

Para aplicar los métodos de factores ponderados y AHP se han establecido criterios, cualitativos y cuantitativos.

Según Sallas Bacalla & Leyva Caballero (2014), los criterios utilizados condicionan la selección de la mejor alternativa, donde la elección y evaluación de los factores cuantitativos y cualitativos dependen de la apreciación del analista, manteniendo un tinte de subjetividad, lo que hace que no para todos sea óptimo. Es por ello, que algunos autores como Carro Paz &Gonzáles Gómez (2012), sugieren utilizar la consulta a expertos para definir los criterios antes de aplicar los métodos de factores ponderados y AHP. En este caso los criterios han sido formulados por el equipo de investigación y son los que se detallan a continuación:

C1: población de alrededores, superficie y densidad poblacional del departamento

C2: facilidad de instalación de la estación, en cuanto a posibilidad de financiación y la cercanía al relleno sanitario

C3: cantidad de residuos producida

C3: Ubicación geográfica (cercanía a la ruta principal y alejado de la ciudad)

Alternativas (departamentos):

A1 – Oberá

A2- Iguazú

A3- Eldorado

A4 – Capital

El método de los factores ponderados reúne las condiciones que permite una adecuada integración de factores, tal como lo plantea (Baruzzi, 2022).

A los fines de definir cuál de las localizaciones tiene mejores prestaciones se utilizó el método de los factores ponderados, propuesto por Ballou (2004), que consiste en otorgar pesos relativos a los factores que influyen en la decisión y calificar el grado alcanzado por cada alternativa de localización en cada factor utilizando la Ecuación (1) donde Pi: puntaje de la alternativa i, Wk: ponderación del factor k y Ski: calificación otorgada al factor k en la alternativa i.

$$Pi=\sum WkSki \qquad (1)$$

Los factores k son los criterios ya mencionados (C1, C2, C3, C4). Para la ponderación Wk y para la calificación Ski, se han tomado valores que van de 1 a 5 siendo 5 el mejor puntaje posible. La aplicación de método y resultados se pueden visualizar a continuación:

Tabla 1: Aplicación del método de los factores ponderados.

Factores	Wk	Localizaciones - Ski			
		Iguazú	Oberá	Eldorado	Capital
C1	2	2	4	3	5
C2	1	1	5	1	5
C3	5	2	5	2	5
C4	4	3	3	3	4
Total Pi=∑WkSki	-	20	37	29	56

El método de jerarquización o AHP prioriza las alternativas de localización y facilita la toma de decisiones de forma sencilla a partir de criterios múltiples (Baruzzi, 2022), (Martínez Rodríguez, 2007). Se basa en la separación del problema complejo en una estructura jerárquica multinivel de objetivos o metas, criterios, subcriterios y alternativas (Xu, 2014). En un ambiente de certidumbre, esta metodología permite incluir datos cuantitativos referidos a las alternativas de decisión, además admite la incorporación de aspectos cualitativos que suelen quedar fuera del análisis debido a su complejidad para ser medidos, pero que pueden ser relevantes en algunos casos. El resultado del AHP muestra la prioridad total de las alternativas de decisión respecto a la meta.

Para el desarrollo del método, se implementaron los pasos tal como se detalla a continuación, según Saaty (2008):

Primeramente, se confeccionó una matriz de comparación pareada de criterios [M], que se formula bajo la importancia de un criterio frente a otro, Matriz (1), según la escala de Saaty (del 1 al 9),

M11: C1-C1=1 igual de importante, M21:C1-C2=donde C1 es 2 veces más importante que C2, por lo tanto, M12: C2 es ½ más importante que C2 (es el recíproco):

$$M=\begin{bmatrix} & C1 & C2 & C3 & C4 \\ C1 & M11=1 & M12=½ & 1/5 & 3 \\ C2 & M21=2 & 1 & 1/3 & 5 \\ C3 & 5 & 3 & 1 & 7 \\ C4 & 1/3 & 1/5 & 1/7 & 1 \end{bmatrix} \qquad (1)$$

Seguidamente se confeccionaron matrices de comparación de alternativas por cada criterio (cantidad de matrices igual a cantidad de criterios), se cargaron al software Rstudio y se compilaron mediante comandos que arrojan la consistencia (o no) de las matrices. Este proceso de consistencia refleja la formulación acertada o no de unos criterios frente a otros. Según el comando utilizado, es correcta la puntuación dada si el índice de consistencia (consistencyRatio) de cada matriz arroja un valor menor a 0.1. Se muestra el proceso para una de las cuatro matrices [Mc1], donde se procedió a ponderar de igual manera como se explicó para [M], en la Matriz (2):

Matriz de comparación pareada de alternativas respecto a C1:

Mc1=

	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	7	1/2
A2	1/5	1	2	1/7
A3	1/7	½	1	1/9
A4	2	7	9	1

(2)

Se procedió a medir la consistencia de cada matriz en Rstudio Mc1, Mc2, Mc3, Mc4, lo que permitió continuar con el proceso de decisión (Kamal & Al-Harbi, 2001).

Finalmente, luego de probar la consistencia de todas las matrices, se ha obtenido como resultado la jerarquización u ordenamiento de las cuatro alternativas consideradas para este problema de localización.

Cabe aclarar que los comandos en Rstudio se encuentran disponibles en un repositorio de Github Niezwida (2022).

2.2 RESULTADOS

Como se puede observar en la Tabla 1, las mejores alternativas resultaron los departamentos de Capital y Oberá, definitivamente por el peso que tiene el factor población (C1).

En AHP, la alternativa con mayor peso es A4 (Capital con 46,01 %), seguida por A1 (Oberá con 40,64 %), en tercer lugar, A2 (Iguazú con 7,59 %), y finalmente el A3 (Eldorado con 5,74 %). Con estos resultados y según el método AHP los puntos en nivel de jerarquía o prioridad son:

1)Capital, seguida por 2) Oberá, 3) Iguazú y por último 4) Eldorado.

Las mejores alternativas dadas por el método de factores ponderados y AHP han sido los departamentos donde se podría instalar las estaciones de clasificación de RSU en la provincia de Misiones. Cabe destacar que también éstas, en caso se implementen, clasificarían los RSU de las ciudades cercanas tal como indica la Figura 4, donde se propone una ubicación de la estación para cada micro región.

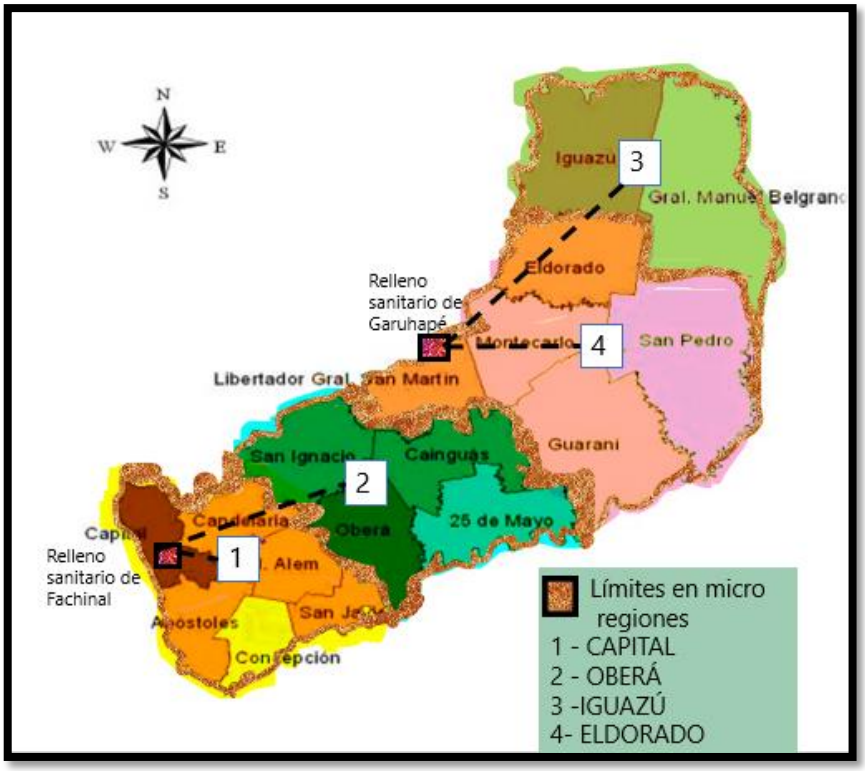


Figura4: Micro-regiones y su respectiva estación de clasificación.
Fuente: Elaboración propia a partir del mapa: hacienda/dinrep/Informes/archivos/misiones.

En cuanto a resultados, se concluye que el mayor peso en los criterios lo lleva la variable densidad poblacional, ya que la producción per cápita de RSU es directamente proporcional a la cantidad de habitantes. Con las estaciones de clasificación funcionando efectivamente, se podrá disminuir el volumen de residuos que se depositan actualmente en los rellenos sanitarios.

3. CONCLUSIONES

Los métodos de factores ponderados y jerarquización analítica resultaron útiles para evaluar las localizaciones de estaciones de clasificación de RSU en la provincia de Misiones, considerando alternativas y criterios previamente definidos. La jerarquización o priorización de localizaciones obtenidas resulta útil como apoyo en la toma de decisiones. Sin embargo, el método de jerarquización (AHP) analiza la consistencia y con ello garantiza la correcta calificación de los criterios frente a las alternativas.

En base a los resultados tras aplicar los métodos y tomando en cuenta el factor económico como variable de decisión, se puede afirmar que sería conveniente instalar en primera instancia, las estaciones de clasificación de RSU en los departamentos de Capital y Oberá, tal como indican los porcentajes en la jerarquización por AHP, lo permitirá avanzar hacia una GIRSU adecuada como indican los lineamientos globales.

Como línea futura, se podría aplicar otras herramientas del lenguaje R como ser LeafLet, para lograr encontrar geolocalizaciones exactas, dando como resultado los mejores puntos en una determinada región donde sería óptimo ubicar las estaciones de clasificación de residuos.

4. REFERENCIAS

Argentina, M. d. (s.f.). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible - basurales*. Obtenido de https://www.argentina.gob.ar/ambiente/accion/basurales

Ballou, R. (2004). *Logística, Administración De La Cadena De Suministro.* México: Quinta Edición, Pearson Educación. ISBN: 970-26-0540-7 .

Baruzzi, A. y. (10 de 07 de 2022). Obtenido de Análisis de criterios de localización de estaciones de transferencia.: https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019v1.1%20simpo/Modelos%20e%20Tecnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Transporte%20Publico%20II/6_678_AC.pdf.,

Berent & Vedoya. (2005). "Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos en Ciudades Intermedias del NEA Sistema de Gestión y Elementos funcionales. *Comunicaciones científicas y tecnológicas 2005. Universidad Nacional del Nordeste.* Resistencia, Chaco, Argentina.

Berent, M. (2004). "Mejoramiento en la gestión de residuos sólidos urbanos en pequeñas ciudades del NEA. El caso de Leandro N. Alem, Misiones". *Cuaderno Urbano*, https://revistas.unne.edu.ar/index.php/crn/article/view/1758.

Carabajal Romero, H. y. (2022). "Análisis de la gestión de los residuos sólidos urbanos en Europa". *Universidad y Sociedad - VOL. 14 NÚM. 1* .

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2012). *Localización de Instalaciones. Universidad de Mar del Plata. .* Obtenido de http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf

CEPAL. (2016). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe: REPOSITORIO DIGITAL*. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40407

Diaz, D. (2019). *Clustering Geográfico. Algoritmo k-means* . Obtenido de https://rpubs.com/diegotriana11/clustering_geografico

Durand. (2011). Espacio y desarrollo. N° 23 - (ISSN 1016-9148).

El Fadel, M. (2001). Strategies for vehicle waste-oil management: A case study. Resources, Conservation and Recycling,. *Elsevier*, 75-91 .

IPEC. (10 de julio de 2022). *ipecmisiones.org*. Obtenido de Instituto provincial de estadísticas y censos : https://ipecmisiones.org/

Kamal, M., & Al-Harbi, A.-S. (2001). Application of the AHP in project management, International Journal of Project Management. SSN 0263-7863,https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00038- .

Ley Nacional N°25.916/2004, I. (s.f.). *https://www.argentina.gob.ar*. Obtenido de Infoleg: https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25916-98327#:~:text=Resumen%3A,AUTORIDADES%20COMPETENTES.

Martínez Rodríguez, E. (. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una pyme. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense* (págs. 523 - 542). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2267954.

Niezwida, R. (10 de 07 de 2022). *GITHUB*. Obtenido de https://github.com/rominaniezwida/Grupo3--FACILITY-LOCATION

Plaza, G., & Zapata, O. (2011). Residuos y salud: Tartagal, Provincia de Salta. *Revista Ciencia Tecnología*, 35-43.

Rollandi, R. (2013). "Problemática de la gestión de residuos sólidos en las megaciudades. *Vial*, https://revistavial.com/la-problematica-de-la-gestion-de-residuos-solidos-urbanos-en-las-megaciudades/.

Saaty, T. (2008). Toma de decisiones con el proceso de jerarquía analítica. . *Revista Internacional de Ciencias de Servicios*, 83-89.

Salas Bacalla, J., & Leyva Caballero, C. F. (2014). . Modelo del proceso jerárquico análitico para optimizar la localización de una planta industrial Industrial . *redalyc*. Obtenido de . Modelo del proceso jerárquico análitico para optimizar la localización de una planta industrial Industrial: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640856014

Shidong, S. (2017). *"Organic carbon storage change in China's urban landfills from1978–2014".* Obtenido de https://scholar.google.com.ar/scholar?q=%22Organic+carbon+storage+change+in+China%E2%80%99s+urban+landfills+from+1978%E2%80%932014%22.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). Handbook of solid waste management. En *Handbook of solid waste management* (págs. 500-563). Nueva York: McGraw - Segunda edición.

Vásquez, A. (1988). “Las iniciativas locales y los sistemas de localización industrial”. *Revista estudios regionales, n°22,*, 69-82.

Viena, I. -I. (s.f.). *" Internacional Solid Waste Association Key Issue Paper on Waste Prevention, Waste Minimization and Resource Managemen*. Obtenido de https://scholar.google.com.ar/scholar?q=IS4WA,++Internacional+Solid+Waste+Association+Key+Issue+Paper+on+Waste+Prevention,+Waste+Minimization+and+Resource+Management,&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

Xu, Z. y. (2014). Proceso de jerarquía analítica difusa intuicionista. IEEE Transactions on Fuzzy Systems. doi:10.1109/TFUZZ.2013.2272585.

EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DEL DESGRANE EN LA COSECHA DE GIRASOL UTILIZANDO AHP

Xodo, Daniel; Mavolo, Luca; Lasca, Marcelo; Splandiani, Joaquín

Facultad regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional

daniel.xodo@gmail.com; lucamavolo@gmail.com; marcelasca98@gmail.com; jocomorard@gmail.com

RESUMEN:

Antecedentes: A partir del análisis del desgrane del capítulo del girasol, realizado en la cosecha a distintas velocidades con escudos de distintos materiales, se evaluaron las variables que influyen sobre el mismo. Objetivos: la aplicación del proceso de análisis jerárquico (AHP) para determinar cuál variable es más relevante al momento de evitar el desgrane del capítulo del girasol: energía, peso y resiliencia. Materiales y métodos: a partir de los datos recolectados en cosecha se aplicó AHP para determinar cuál es la variable que más influye al momento del choque del capítulo con la cosechadora, la valoración de cada variable para poder realizar el método se realiza mediante la ayuda de un ingeniero en materiales. Resultados y discusiones: La variable de resiliencia fue la más importante al momento de cosechar, seguida por la variable de velocidad y por último el peso del propio material. Conclusión: Al terminar el proceso de cálculo se puede comenzar a trabajar sobre los factores que intervienen en el desgrane del girasol

Palabras claves: desgrane; capítulo del girasol, cosecha; AHP (proceso de análisis jerárquico).

Abstract:

Background: From the analysis of the shelling of the sunflower chapter, carried out at harvest at different speeds with shields of different materials, the variables that influence it were evaluated. Objectives: the application of the hierarchical analysis process to determine which variable is more relevant when avoiding the shelling of the sunflower chapter: energy, weight and resilience. Materials and methods: from the data collected in harvest, AHP was applied to determine which is the variable that most influences at the moment of the collision of the chapter with the combine, the valuation of each variable to be able to carry out the method is carried out through the help of a materials engineer. Results and discussions: The resilience variable was determined was the most important at harvest time, followed by the speed variable and finally the weight of the material itself. Conclusion: At the end of the calculation process, you can begin to work on the factors that intervene in the shelling of the sunflower

Keywords: shelling; sunflower frame, harvest; AHP (hierarchical analysis process).

1. Introducción y antecedentes.

Entre los factores que componen el rendimiento final que obtiene el productor, se encuentra la eficiencia de la cosecha. Para maximizar este rendimiento se deben minimizar las pérdidas.

Las pérdidas de granos en la cosecha, solo por la cosechadora, en el cabezal conforman un 70% de la totalidad, de las cuales un 50% son debidas al choque de la flor contra el cabezal.

Al momento de cosechar, la cabeza del girasol choca contra el escudo de la cosechadora y se produce el desgrane de la misma. Las semillas de girasol al desprenderse de la flor no son alcanzadas por la bandeja y terminan cayendo al suelo, por lo tanto, no son aprovechadas.

Se utilizaron datos de un estudio previo sobre la cosecha de girasol, donde se midió el desgrane del girasol en el momento del choque con la flor. En el estudio se colocaron 2 escudos, además del original con el fin de estudiar 3 materiales: fibra de vidrio, caucho sintético y chapa original.

Se utilizó el método AHP (Proceso de jerarquía analítica) para jerarquizar las distintas alternativas con distintos criterios. Con ayuda del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli (Catedra de Ciencia de los Materiales – UTN FRTL), se otorgó jerarquía a cada una y se comparó su importancia con las demás.

Los criterios evaluados para cada escudo fueron: Resiliencia, cantidad de movimiento y energía cinética, con datos tomados en los cuales se midió el desgrane a diferentes velocidades, con los que tomamos decisiones de jerarquía con las diferentes alternativas.

2. Materiales y métodos

El material utilizado fue relevado en el trabajo “Evaluación de distintos materiales de construcción en el cabezal de girasol (*Helianthus annuus L*.) para la reducción del desgrane del capítulo en la cosecha” (Mavolo & Rivero 2021). En el ensayo de campo se utilizó un cabezal Mainero Modelo: 51739 de 40 pies, al cual se le hicieron reformas para simular las diferentes alternativas de construcción del escudo:

- Alternativa 1: Escudo Original de chapa de 2mm.
- Alternativa 2: Escudo construido de polímero termo rígido de Fibra de Vidrio.
- Alternativa 3: Escudo recubierto con Caucho Sintético.

Los datos recopilados corresponden al desgrane del capítulo a diferentes velocidades de los 3 escudos. Con estos datos se evaluará en el presente trabajo la influencia de 3 criterios sobre el desgrane del capítulo.

Primero obtenemos los criterios a evaluar: Resiliencia, energía cinética y peso del material (tabla 1).

La resiliencia es la característica del material relacionada con la energía almacenada por parte del material al momento del choque y esa directamente relacionado con el módulo elástico. Mediante un ensayo de choque se determinó el módulo de elasticidad de la chapa que se utiliza en los escudos de los cabezales equivale a 199,94 GPa, mientras que el de un material más elástico como un polímero termo rígido reforzado con fibra de vidrio tipo E (PTFV) equivale a 84,5 GPa. La energía cinética está relacionada con la velocidad de la cosecha. El peso del material está relacionado con la densidad del mismo.

Tabla 2. Peso del material del estudio. Elaboración propia

Escudo	Peso del escudo
Original	3,500kg
Fibra de vidrio	1,200kg
Caucho sintético	>3,500kg

2.1. Muestras utilizadas:

Las muestras utilizadas son datos tomados en el ensayo del trabajo mencionado, donde en cada uno de los tratamientos (alternativas) se aplicaron diferentes velocidades (6,5 y 8 km/h) en pasadas de 50 metros. Los datos que figuran en la tabla 2 y tabla 3 son los gramos de semilla recolectados por pasada, por escudo.

La codificación de los tratamientos es la siguiente:

- **O65**: escudo Original a velocidad de 6,5 km/h
- **FV65**: escudo Fibra de Vidrio a velocidad de 6,5 km/h
- **CS65**: escudo Caucho Sintético a velocidad de 6,5 km/h
- **O8**: escudo Original a velocidad de 8 km/h
- **FV8**: escudo Fibra de Vidrio a velocidad de 8 km/h
- **CS8**: escudo Caucho Sintético a velocidad de 8km/h

Tabla 3. muestras del desgrane del girasol a 6,5 km/h. Elaboración propia

		O65	**FV65**	**CS65**
Repeticiones	1	51,2	40,01	57,03
	2	42,76	37,33	49,76
	3	51,58	40,13	57,37
	4	49,94	39,61	55,37
	5	59,24	42,56	63,97
	6	42,18	37,15	49,26
	7	38,11	35,86	45,75
	8	43,15	35,26	61,97
	9	58,51	40,53	45,27
	10	40,59	40,64	54,08
	Xmedia	47,726	38,908	53,983

Tabla 4. Muestras de desgrane del girasol a 8km/h. Elaboración propia

		O8	**FV8**	**CS8**
Repeticiones	1	123,37	78,43	122,53
	2	77,89	54,41	86,4
	3	125,77	79,69	124,43
	4	42,58	35,76	58,35
	5	115,59	74,32	116,35
	6	173,04	104,66	161,99
	7	31,81	30,08	49,79
	8	56,97	52,2	67,24
	9	168,37	s	157,68
	10	74,75	43,82	87,03
	Xmedia	99,014	61,4855556	103,179

2.2. Jerarquización de criterios

Las valoraciones entre criterios-criterios y criterios-alternativas se realizan con la ayuda del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli. Las tablas de desgrane a diferentes velocidades ayudaron a tomar decisiones de jerarquía para el criterio “Energía cinética”

El proceso de jerarquización de cada criterio desde la perspectiva del material con respecto al objetivo de reducir el desgrane.

Primero se asigna el peso a cada criterio con respecto al resto, para luego evaluar los criterios con respecto a cada alternativa.

Los valores son asignados con la escala de Thomas Saaty (ilustración 1), son los utilizados para la comparación pareada de los factores del desgrane.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2,4,6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario matizar	

Ilustración 1. Escala de calificación (Saaty 1980)

La asignación de valores debe seguir los siguientes axiomas para no presentar inconsistencias.

- Axioma 1: juicios recíprocos

La intensidad de preferencia de Ai/Aj es inversa a la preferencia de Aj/Ai.

- Axioma 2: homogeneidad de los elementos:

Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.

- Axioma 3: condición de estructura jerárquica o estructura dependiente

de reaprovechamiento.

2.3. Aplicación del método ahp

El método seleccionado AHP (Análisis Jerárquico) Se trata de un procedimiento de comparación por pares de los criterios que parte de una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar. Así se establece una matriz de comparación entre pares de criterios, comparando la importancia de cada uno de ellos con los demás (SAATY, 1980).

Primero obtenemos los criterios a evaluar: Resiliencia, energía cinética y peso del material.

En la siguiente tabla se muestra la comparación realizada con asesoramiento del ingeniero en materiales Fernando Giacomelli.

Los valores en espejo con respecto a la diagonal principal deben ser inversos.

Tabla 5. Matriz de comparaciones de variables. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ COMPARACIÓN DE CRITERIOS							
	RESILIENCIA	**PESO**	**ENERGÍA CINÉTICA**	**MATRIZ NORMALIZADA**			**VECTOR PROMEDIO**
RESILIENCIA	1.000	3.000	9.000	0.6923	0.7241	0.5294	0.6486
PESO	0.333	1.000	7.000	0.2308	0.2414	0.4118	0.2946
ENERGÍA CINÉTICA	0.111	0.143	1.000	0.0769	0.0345	0.0588	0.0567
TOTAL	1.444	4.143	17.000				

Se puede observar, a la derecha el vector promedio o propio. Este vector indica la importancia de cada criterio en este proyecto.

- Resiliencia: 0.6486

- Peso: 0.2946
- Energía cinética: 0.06567

2.4. Relación de consistencia

Esta relación indica si los criterios se añadieron correctamente. Si esta relación tiene un valor menor a 0.1 quiere decir que los valores están bien asignados y no existen incongruencias. Para determinar este valor se necesitan dos valores: RI(1) y CI(2). Las ecuaciones se muestran a continuación.

El valor de RI varía para cada matriz dependiendo del orden, este valor se obtiene por la ecuación:

$$RI = \frac{1.98*(n-2)}{n} \quad (1)$$

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n-1} \quad (2)$$

$$I_R = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

2.4.1. Cálculo de relación de consistencia:

Tabla 6. Tabla de consistencia. Elaboración propia

	AxP	***Relación de consistencia***	
	2.04	CI	0.061
	0.90	RI	0.66
	0.17		
Prom	3.12	CR	0.09

Como se puede observar, la relación de consistencia es menor a 0.1, por lo que verifica, los valores están asignados razonablemente.

A continuación, se evalúan todas las alternativas en función de cada criterio.

Tabla 7. Matriz de comparación de variables. Criterio resiliencia. Elaboración propia

CRITERIO RESILIENCIA DE LOS MATERIALES							
	ESCUDO O65	**ESCUDO FV65**	**ESCUDO CS65**	**MATRIZ NORMALIZADA**			**VECTOR PROM.**
ESCUDO O65	1,00	0,14	5,00	0,12	0,11	0,33	0,19
ESCUDO FV65	7,00	1,00	9,00	0,85	0,80	0,60	0,75
ESCUDO CS65	0,20	0,11	1,00	0,02	0,09	0,07	0,06
TOTAL	8,20	1,25	15,00				

Luego de asignarle un valor en cada casilla se realiza la matriz normalizada y luego el vector promedio. Se construye para cada caso.

Tabla 8. Matriz de comparación de variables. Criterio PESO. Elaboración propia.

CRITERIO PESO							
	ESCUDO O65	**ESCUDO FV65**	**ESCUDO CS65**	**MATRIZ NORMALIZADA**			**VECTOR PROM.**
ESCUDO O65	1,00	0,14	0,13	0,06	0,03	0,09	0,06
ESCUDO FV65	7,00	1,00	0,33	0,44	0,24	0,23	0,30
ESCUDO CS65	8,00	3,00	1,00	0,50	0,72	0,69	0,64
TOTAL	16,00	4,14	1,46				

Tabla 9. Matriz de comparación. Criterio Energía Cinética. Elaboración propia

CRITERIO ENERGIA CINETICA							
	ESCUDO O65	**ESCUDO FV65**	**ESCUDO CS65**	**MATRIZ NORMALIZADA**			**VECTOR PROMEDIO**
ESCUDO O65	1,00	0,11	0,50	0,08	0,09	0,05	0,08
ESCUDO FV65	9,00	1,00	8,00	0,75	0,81	0,84	0,80
ESCUDO CS65	2,00	0,13	1,00	0,17	0,10	0,11	0,12
TOTAL	12,00	1,24	9,50				

A continuación, se realiza la selección de la alternativa. Esta matriz está construida a partir de los vectores promedios obtenidos de las matrices de comparación junto con la ponderación de la matriz de criterios. El resultado total es la multiplicación y suma de el vector ponderación de criterios con los vectores ponderación de comparación.

Tabla 10. Matriz de comparación. Criterio Energía Cinética. Elaboración propia

SELECCIÓN DE ALTERNATIVA				
	RESILIENCIA	**CANTIDAD DE MOVIMIENTO**	**ENERGÍA CINÉTICA**	***TOTAL***
ESCUDO O65	0,19	0,06	0,08	*0,1454*
ESCUDO FV65	0,75	0,3	0,8	*0,6202*
ESCUDO CS65	0,06	0,64	0,12	*0,2343*
Ponderación	0,6486	0,2946	0,0567	

3. Resultados y discusiones

Como se puede observar, el escudo con mayor puntaje arrojado por el proceso AHP es el escudo de fibra de vidrio, seguido por el de caucho sintético y por último el original.

Resultados:

Tabla 11. Tabla de resultados. Elaboración propia

Resultados	
Escudo original	*15%*
Escucho de fibra de vidrio	*62%*
Escudo de caucho sintético	*23%*

Se observa que el escudo con mayor puntuación, correspondiente al escudo de fibra de vidrio, expone el menor peso y la mayor resiliencia, considerados criterios de mayor peso sobre el desgrane de la flor.

El método utilizado solo atribuye valor a los criterios de cada material, sin contemplar el efecto de la geometría del escudo u otros factores.

4. Conclusión

En este trabajo se observó que el desempeño del escudo de fibra de vidrio está por encima que el escudo de chapa original y el escudo de chapa recubierto de caucho sintético.

Con los datos evaluados, aplicando el método AHP, se puede observar que el escudo de fibra de vidrio es el que mejor desempeño tiene, seguido del escudo de chapa original y por último el escudo de chapa recubierto de caucho sintético.

Podemos afirmar que la característica del material buscada para reducir el desgrane del girasol producido en la cosecha es la resiliencia. Por sobre las otras tiene un efecto superior en la absorción de energía en el momento del choque entre la plataforma y el capítulo del girasol.

Se observó que el resultado obtenido con el Método AHP, coincide con los resultados obtenidos al momento del ensayo, dado que en el mismo a partir de los resultados obtenidos y la aplicación de un análisis ANOVA (LSD Fisher) la alternativa de mejor performance fue el escudo de fibra de vidrio coincidiendo con las conclusiones obtenidas en el presente trabajo.

Queda para un futuro trabajo, evaluar si la morfología del escudo puede ser un factor que incida en mayor medida que la resiliencia de los escudos. Utilizando el método AHP y luego contrastar con los resultados estadísticos obtenidos en los ensayos.

5. Referencia Bibliográfica

Farrel M.(2005). “Relevamiento y análisis de las pérdidas de cosecha en La Pampa”, EEA INTA Anguil.

Gonzalez C.& Palazon, C. 1960. “Ensayos Industriales de materiales, combustibles y lubricantes”. 3era edición

Guzman A..(1976). “Resistencia de Materiales”. C.E.I.P.L. Séptima edición.

Mavolo L & Rivero D. (2021). “Evaluación de distintos materiales de construcción en el cabezal de girasol (Helianthus annuus L.) para la reducción del desgrane del capítulo en la cosecha". http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2021mavololuca.pdf

Saaty, Thomas. (1980). The Analytic Hierarchy Pocess. Ed. McGrawHill
William Smith & Javad Hashemi . “Fundamentos de la ciencia e Ingeniería de materiales” cuarta edición.

APLICACIÓN DE PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN EN EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Boloquy, Ignacio Daniel; Onaine, Adolfo Eduardo

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
idboloquy@gmail.com; aeonaine@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es plantear el abordaje de un Plan Maestro de producción para una empresa del rubro alimenticio localizada en la Provincia de Buenos Aires. Para el desarrollo de este, fue necesaria la alineación de los diferentes actores del proceso, siendo menester el esclarecimiento de conceptos claves como lo son: stock de seguridad, capacidad, demanda proyectada, avance de ventas, entre otros. El proceso de planificación toma lugar a partir de un pronóstico de ventas mensual, y se estima el requerimiento de producción a capacidad irrestricta, teniendo en cuenta cómo afecta la eficiencia de la línea como la de cada producto. El horizonte de planificación corresponde a 24 meses para generar una mayor visibilidad estratégica, y el horizonte de planificación a corto plazo es de 12 semanas para decisiones operativas. Mediante la aplicación de la Planificación de Capacidad Preliminar, se puede determinar el/los períodos donde hay excedente/faltante de capacidad lo cual le permite al Analista de Planeamiento tomar decisiones para realizar ajustes manuales. El Plan Maestro es desarrollado en una planilla de cálculo automatizada por macros y funciones, esto es debido a que la empresa no cuenta con un *Enterprise Resource Planning*, y resulta la herramienta más accesible para todas las partes involucradas. Finalmente, queda a disposición de la empresa un instrumento para planificar la producción de forma sistemática y consistente con las prioridades estratégicas.

Palabras Claves: Plan Maestro de Producción, Pronóstico de Ventas, Capacidad, *Stock* de seguridad

ABSTRACT

The objective of this paper is to propose the approach of a Master Production Schedule for a food company located in the Province of Buenos Aires. For the development of this plan, it was necessary to align the different actors of the process, being necessary to clarify key concepts such as: safety stock, capacity, projected demand, sales progress, among others. The planning process is based on a monthly sales forecast, and the production requirement is estimated at unrestricted capacity, taking into account how it affects the efficiency of the line and of each product. The planning horizon corresponds to 24 months to generate greater strategic visibility, and the short-term planning horizon is 12 weeks for operational decisions. Through the application of Preliminary Capacity Planning, it is possible to determine the period(s) where there is over/under capacity which allows the Planning Analyst to make decisions for manual adjustments. The Master Production Schedule is developed in an automated spreadsheet by macros and functions, this is because the company does not have an Enterprise Resource Planning, and it is the most accessible tool for all parties involved. Finally, the company has at its disposal a tool to plan production in a systematic and consistent way with strategic priorities.

Keywords: Master Production Schedule, Sales Forecasting, Capacity, Safety Stock

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo plantea los pasos necesarios para obtener un Plan Maestro de Producción alineado con los objetivos estratégicos de una empresa alimenticia localizada en la Provincia de Buenos Aires. Se proveen diferentes herramientas que pueden ser empleadas a través de una planilla de cálculo cualquiera, necesarias para simplificar de manera significativa el trabajo de un analista de planeamiento.

Este trabajo tiene lugar principalmente en Pequeñas y Medianas Empresas (PyME´s) debido al elevado grado de dificultad que representa la planificación de la producción en las mismas. Existen dos causas fundamentales atribuidos a este tipo de empresas que son: muchas veces no cuentan con un software tipo Enterprise Resource Planning (ERP) que les permita gestionar sus operaciones de manera correcta; no poseen visibilidad a largo plazo como para hacer una gestión estratégica.

Se pretende sentar precedentes de una metodología que facilite este complejo proceso principalmente orientado a las empresas que cuentan con menos recursos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Plan maestro.

El plan o programa maestro de producción (MPS) es de fundamental importancia para el proceso de planificación, ya que el mismo comúnmente hace de interfaz entre la producción y los clientes. En empresas de pequeño o mediano tamaño es frecuente que no se desarrolle un plan maestro de manera formal, pero siempre debe llevarse a cabo ya que es necesario contar con un método que traduzca los requerimientos de los clientes a requerimientos de producción (Chapman, 2006).

Cualquier sistema de producción posee capacidad y recursos limitados, lo que representa un desafío para cualquier analista de planificación. El plan indicará que es lo que se va a producir y el analista deberá negociar con otras áreas funcionales a la hora de armar un plan final, por ejemplo, deberá conciliar con ventas los plazos prometidos al cliente, con finanzas acerca del nivel mínimo de inventarios, con administración respecto a maximizar la productividad y el servicio a clientes y producción para tener programas uniformes y reducir los tiempos de *setup*.

Es necesario determinar un programa que sea viable, es decir se debe verificar que se tienen todos los recursos necesarios para llevar a cabo el plan, el tiempo de producción debe ser razonable de acuerdo con los requerimientos de los clientes. Por lo tanto, para garantizar un buen plan maestro, el analista debe: Considerar todas las demandas de producto, considerar los espacios de almacén y disponibilidad de las líneas, verificar que el plan se encuentra alineado con los requerimientos del plan agregado por familias de productos, comprometerse con los pedidos de clientes y finalmente equilibrar los conflictos entre los diferentes actores y comunicar todos los problemas (Chase & Jacobs, 2011).

2.2. Restricciones de tiempo.

La flexibilidad del MPS depende de diversas variables como pueden ser: el tiempo de producción, la relación cliente/proveedor, la capacidad de producción y almacenamiento, el rechazo/aceptación para hacer cambios según políticas definidas por la gerencia. Estas restricciones tienen lugar para mantener el equilibrio del proceso productivo, que si no son establecidas y respetadas se puede generar un bajo nivel de servicio, mermas, retrasos, entre otros. Por lo tanto, cada empresa definirá los límites y reglas de operación respecto a cómo impactarán los cambios de requerimientos de los clientes en sus operaciones. Se puede ser muy inflexible donde se congelan los requerimientos y no se aceptan cambios en lo planificado, o muy flexibles donde se concedería casi todas las variaciones de los productos con la condición de que la capacidad sea más o menos la misma (Chase & Jacobs, 2011).

2.3. Desarrollo de un plan maestro de producción.

En la Figura 1 se puede apreciar el proceso para desarrollar un MPS. El desarrollo de este debe incluir lo siguiente: calcular el inventario disponible proyectado; determinar fechas y cantidades de a fabricar de productos específicos.

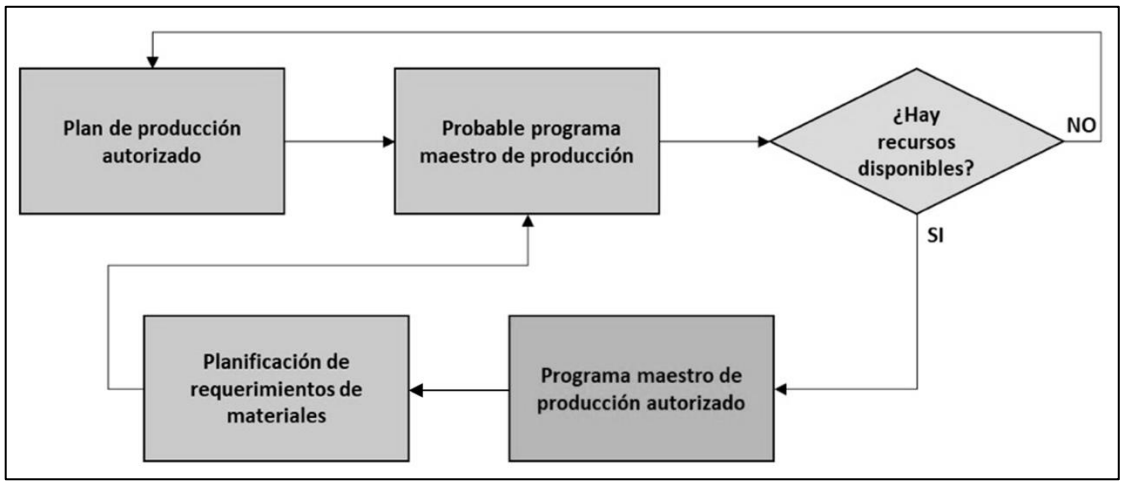


Figura 1: Proceso general para desarrollar un plan maestro de producción (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008)

2.3.1 Cálculo de inventario disponible proyectado.

Corresponde a la estimación de la cantidad de inventario disponible cada semana, una vez que se ha satisfecho la demanda. Ver Ecuación (1) (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

$$\begin{pmatrix} Inventario\ disponible \\ proyectado\ al\ final \\ de\ esta\ semana \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} inventario\ disponible \\ al\ final\ de\ la \\ semana\ pasada \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Cantidad\ que\ según \\ el\ MPS\ debe\ haber\ al \\ principio\ de\ esta\ semana \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Requerimiento \\ proyectados\ para \\ esta\ semana \end{pmatrix} \quad (1)$$

2.3.2 Cálculo de fechas y cantidades en el plan maestro de producción.

El objetivo de determinar las fechas y cantidades en el plan maestro es mantener un saldo no negativo del inventario disponible proyectado (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

3. DESARROLLO

La realización de un MPS es un proceso complejo que requiere la alineación de diferentes actores intervinientes del proceso y es representado a continuación de manera general a través del diagrama de flujo de la Figura 2.

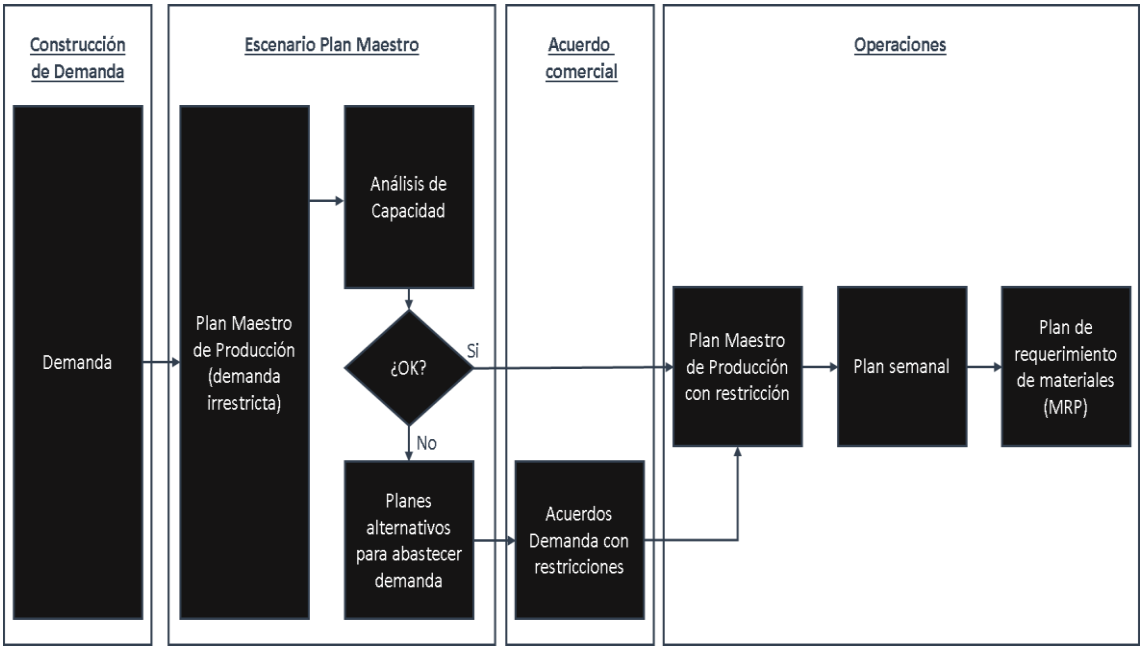


Figura 2: Proceso para la realización de un plan maestro de producción (Elaboración Propia)

Como se puede apreciar en la Figura 2, la planificación comienza con la construcción de la demanda según los pronósticos de ventas mensuales en un horizonte de planificación de 24 períodos. Esta información junto al avance de ventas, stock inicial, stock de seguridad servirán para obtener una versión preliminar del plan maestro de producción, es decir, los requerimientos de producción en horas a capacidad irrestricta. Estos serán contrastados con las horas totales disponibles en planta para determinar la viabilidad de dicho plan. En caso de que no se cuente con la capacidad necesaria para llevarlo a cabo, se plantean escenarios alternativos los cuales serán negociados con el área comercial hasta llegar a un acuerdo. Una vez definido el plan maestro de producción a capacidad restringida, se desagrega el plan de producción semanal en 12 períodos y esta será la información de entrada para continuar con el plan de requerimientos de materiales.

3.1. Flujo de proceso de Plan Maestro de Producción versión preliminar.

El cálculo del MPS a capacidad irrestricta corresponde al Requerimiento de Producción en Bruto y es obtenido como las horas requeridas teóricas afectadas por un coeficiente de calidad que contempla la merma para cada producto.

Como puede apreciarse en la Figura 3, para calcular los requerimientos de producción a capacidad irrestricta se necesita suministrar la siguiente información:

Maestro de productos: Contiene toda la información relacionada a los productos. A través de esta planilla se pueden obtener los factores de conversión de cajas a horas, el coeficiente de merma de calidad por producto, entre otros.

Demanda Consolidada (DC): Corresponde a la construcción de la demanda. Es medida en horas, y es obtenida a través de una bajada de sistema y cálculo. Se supone como la diferencia entre la demanda de mercado y el avance de ventas a la fecha en el primer período, y en los meses siguientes como la demanda de mercado. Esta bajada de información corresponde a la fecha de análisis y es coincidente con la bajada de stock del sistema.

Producción en proceso (PP): Son aquellos productos que se encuentran en proceso de fabricación. Es medida en horas, y es obtenida a través de una bajada de sistema.

Stock Inicial (SI): Es el inventario inicial a la fecha. Es medido en horas y es obtenido a través de una bajada de sistema y cálculo. Se compone como la bajada de stock en fecha de análisis para el primer período, para los períodos siguientes se calcula como el Stock Final del período N-1. El stock inicial del primer período corresponde al stock disponible en la fecha de bajada de avance de ventas.

Stock de Seguridad (SS): Es el inventario extra para hacer frente a imprevistos. Es medido en horas, y es obtenida de la planilla de política de inventarios.

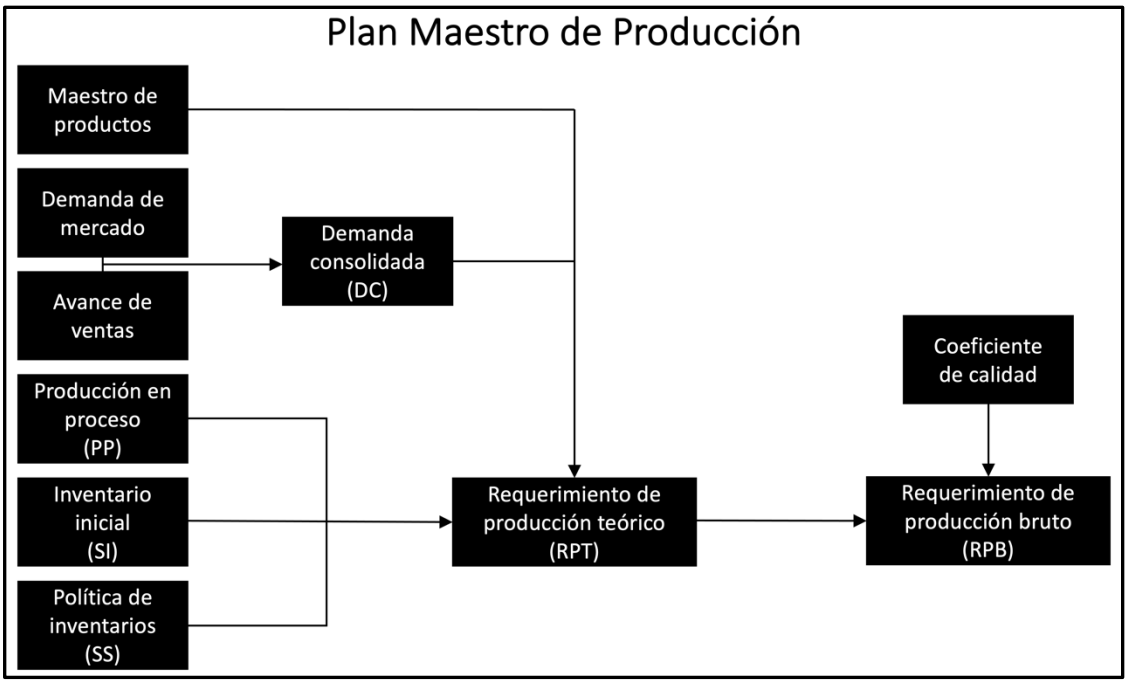


Figura 3: Versión preliminar Plan Maestro Producción (Elaboración Propia)

Requerimiento de Producción Teórico (RPT): Es el requerimiento total teórico en horas sin considerar mermas por calidad. Se obtiene a través de la Ecuación 2.

$$RPT = DC + SS - SI - PP \qquad (2)$$

$$Si\ RPT < 0 \ => \ 0$$

Requerimiento de Producción Bruto (RPB): Es el requerimiento total real en horas. Se obtiene a través de la Ecuación 3.

$$RPB = RPT\ x\ Coef.de\ calidad \qquad (3)$$

Un problema que se presenta a la hora para la concreción del plan maestro es la falta de integridad y estandarización de los datos de entrada. Resulta muy difícil consolidar los datos para convertirlos en información útil.

3.2. Capacidad

La Planificación de la capacidad es el proceso de reconciliación entre la Capacidad Disponible y la Requerida.

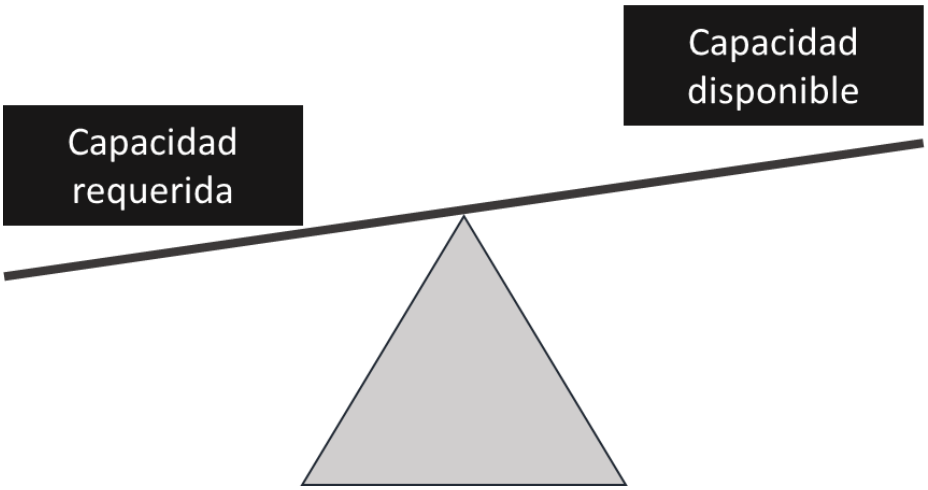


Figura 4: Capacidad Disponible vs Requerida (Elaboración Propia)

Como se puede apreciar en la Figura 4, se debe comparar la capacidad disponible real en planta contra los Requerimientos de Producción Brutos. Debido a que estás variables ya se encuentran convertidas a horas, resulta sumamente sencillo su análisis. Conociendo los requerimientos brutos en horas durante los 24 períodos y la capacidad disponible para los mismos (contempla paradas de planta por mantenimiento preventivo y un factor de seguridad de 0,2 para mantenimientos correctivos urgentes y contingencias), el analista puede detectar en qué período no hay capacidad y se incorpora una celda de ajuste manual (el analista incorpora el valor de ajuste y el libro recalcula según el valor ingresado) para hacer una redistribución de la producción. Las restricciones de capacidad (ociosa o faltante) surgen de una tabla como se presenta en la Tabla 1.

Período	1	2	3	4	5	6
Capacidad disponible total (h)	540	500	480	520	500	450
RPB (h)	520	450	500	500	450	500
Producción definida analista (h)	520	470	480	500	500	450

Tabla 1: Restricciones de Capacidad (Elaboración Propia)

Para facilitar este análisis la planilla proporciona un gráfico como el mostrado en la Figura 5.

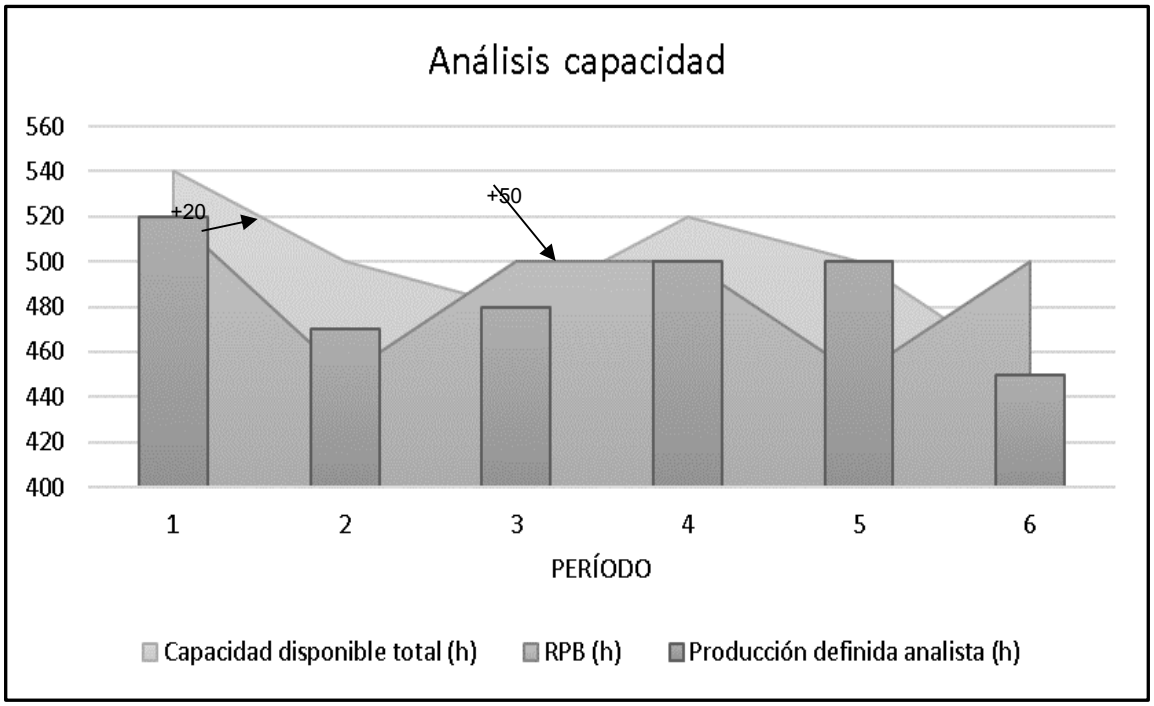


Figura 5: Producción definida por analista (Elaboración Propia)

En caso de que la capacidad no sea suficiente para satisfacer la demanda incluso realizando la redistribución de la producción, el analista debe plantear diferentes alternativas de producción las cuales serán consensuadas con el área comercial. Los pedidos que no puedan ser cumplidos en esta instancia serán alimentados nuevamente a la herramienta a través de la actualización del pronóstico de ventas.

Acordada la cantidad a producir, se define el plan maestro de producción mensual y es comunicado a Planta. Este plan a su vez se desagrega a nivel semanal en períodos de 12 semanas. El mismo es de carácter operativo y provee la información de entrada al MRP.

4. CONCLUSIONES

Se espera que el presente trabajo sirva de guía a la hora de implementar un plan maestro de producción, ya que es conocido que la planificación y organización de la producción representa un desafío difícil de abordar para muchas empresas, principalmente las de mediano o pequeño tamaño. A su vez, se sientan las bases de una herramienta de planificación de tipo estratégica y operativa, siendo claves para el correcto desempeño del sector de planificación y en consecuencia la empresa.

La herramienta mencionada fue realizada a través de una planilla de cálculo y desarrollada e implementada con éxito, de hecho, actualmente se encuentra en funcionamiento y no sólo facilita el trabajo de los analistas, sino que genera visibilidad estratégica para los niveles gerenciales, algo que antes era desconocido; un ejemplo de esto es que se detectó falta de capacidad en la línea de producción para satisfacer la demanda.

Entre las dificultades para la realización del plan maestro de producción se destaca: la dificultad de consolidar la información de entrada, la falta de visibilidad a largo plazo (en nuestro caso se detectó falta de capacidad productiva), y la cantidad de variables y restricciones que plantea la realidad de una empresa.

4. REFERENCIAS

Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción.* México: Pearson Educación.

Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas.* México: Pearson Educación.

Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2011). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros.* México: McGraw-Hill Educación.

DISEÑO DE INSTALACIÓN DE SUPERMERCADO "CERO DESPERDICIOS"

Leone, María Eugenia; Zárate, Claudia; Ambrústolo, Mariela

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
eugenialeonem@gmail.com
cnzarate@fi.mdp.edu.ar
marielaambrustolo@gmail.com

RESUMEN

Los supermercados "cero desperdicio" surgen como alternativa para mitigar el impacto generado por los plásticos de un solo uso que producen millones de toneladas de desechos al año. Los plásticos de un solo uso tienen una vida útil de minutos y tardan años en degradarse. El proyecto realizado es sobre el diseño de la cadena de suministros y de la instalación de un supermercado de estas características en la ciudad de Mar del Plata que comercializa todos sus productos sin la generación de residuos plásticos de un solo uso. Para el alcance del presente trabajo se desarrolla solo el diseño de la instalación del salón de ventas. Para ello, a partir de una encuesta a la ciudadanía, se caracteriza el perfil del cliente y la demanda en hogares para el año 2022 con el objetivo de estimar la demanda en cantidad de artículos. Se aplica la metodología de diseño de instalaciones de manufactura adaptada a procesos de servicios, relacionando la demanda de artículos con el espacio requerido. Se proponen dos canales de venta: a través de un canal físico y a través de un canal online, aspectos tenidos en cuenta en el diseño de la instalación.

A partir del análisis global se llega a la conclusión que este enfoque presenta diversos beneficios entre los que se resaltan la minimización de aspectos e impactos ambientales.

Palabras Claves: Cero desperdicio – Supermercado – Libre de plástico

ABSTRACT

"Zero waste" supermarkets are emerging as an alternative to mitigate the impact generated by single-use plastics that produce millions of tons of waste per year. Single-use plastics take years to degrade and have a shelf life of minutes. The project is about the design of the supply chain and the installation of a supermarket of these characteristics in the city of Mar del Plata that sells all its products without generating this type of waste. For the scope of the present work, only the design of the installation of the sales room is developed. To this end, based on a survey of citizens, the customer profile and the demand in households for the year 2022 are characterized in order to estimate the demand in quantity of items. The methodology for the design of manufacturing facilities adapted to the service process is applied, relating the demand for items to the space required. Two sales channels are proposed: through a physical channel and through an online channel, aspects taken into account in the design of the facility.

Based on the overall analysis, it is concluded that this approach has several benefits, including the minimization of environmental aspects and impacts.

Keywords:

Zero Waste – Supermarket – Plastic Free

1. INTRODUCCIÓN

Cada año se producen aproximadamente 400 millones de toneladas de plástico en todo el mundo. Los envases plásticos representan un 36% del total. El 9% de lo producido se recicla, el 12% es incinerado y el 79% se desecha (Organización de Naciones Unidas, 2018).

En el último año se arrojaron al océano 13 millones de toneladas de plástico. El 80% de la basura que hay en los océanos proviene de residuos urbanos, aguas pluviales no tratadas y desechos de barcos pesqueros y comerciales. Este hecho tiene un impacto negativo en diferentes aspectos. En primer lugar resulta devastador para la vida marina ya que más de 270 especies han sufrido enredo y más de 240 han ingerido plástico. En segundo lugar, cuando los microplásticos entran a la red alimentaria del ecosistema marino y una persona consume alimentos de esta procedencia, está consumiendo indirectamente 5 gramos de plástico por semana aproximadamente, representando una amenaza para su salud. Además, deben considerarse las consecuencias derivadas de las emisiones de dióxido de carbono producidas por el ciclo de vida del plástico. Se estima que estas emisiones aumentarán un 50% para el año 2030, mientras que aquellas emisiones provenientes de la incineración para la gestión de residuos plásticos, se triplicarán (Fundación Vida Silvestre, 2021). Finalmente, el desecho de plásticos a los océanos implicará para los Estados de múltiples países, un elevado costo, debido a la limpieza de aguas y suelos que se necesitará (UNEP, 2020).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define a los plásticos de un solo uso como aquellos desarrollados a partir de materiales destinados a ser desechados tras su primer uso, por lo que no son reutilizables y su reciclabilidad es baja por cuestiones técnicas y económicas. Este tipo de plásticos son los causantes de la problemática descripta, debido a que tienen una vida útil de 12 minutos aproximadamente y tardan miles de años en degradarse (Ayuso, 2021).

Una de las acciones para minimizar los plásticos de un solo uso propuesta por la (UNEP, 2020) es promover alternativas ecológicas para eliminarlos. Dentro de estas alternativas han surgido los denominados supermercados “cero desperdicios”. Este tipo de organizaciones tienen como objetivo la venta de productos sin utilizar envases plásticos de un solo uso.

El movimiento “Cero desperdicio” o “Zero Waste” ha surgido mundialmente, en simultáneo en diferentes ciudades, y presenta una marcada tendencia creciente desde su surgimiento. Formalmente, el primer indicio del movimiento “cero desperdicios” tuvo lugar en el año 2003 en Reino Unido. El término “Cero desperdicio” es definido por la Alianza Internacional Cero Desperdicio (ZWIA, por sus siglas en inglés) como “un objetivo ético, económico, eficiente y visionario, para guiar a las personas a cambiar sus estilos de vida y prácticas para emular ciclos naturales sostenibles, donde todos los materiales desechados están diseñados para convertirse en recursos para que otros los usen. Cero desperdicios significa diseñar y gestionar productos y procesos para evitar y eliminar sistemáticamente el volumen y la toxicidad de los residuos y materiales, conservar y recuperar todos los recursos, y no quemarlos ni enterrarlos. La implementación de Zero Waste eliminará todas las descargas a la tierra, el agua o el aire que sean una amenaza para la salud de la biodiversidad”.

Un supermercado “cero desperdicios” no solo implica ventajas para el medio ambiente, sino que también tiene beneficios para el sistema económico, gracias a la reducción en la extracción de recursos y al alargamiento del ciclo de vida de materiales y productos, entre otros. Además, el supermercado modifica el estilo de compra, generando en los clientes el hábito de realizar compras conscientes y consumir productos que benefician su salud. En conclusión, este estilo de tiendas presentan un triple impacto.

Este trabajo tiene como objetivo general diseñar la instalación de un supermercado para venta de productos en general, que minimice la utilización de recipientes de un solo uso.

Para cumplir con el objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Establecer el perfil de los clientes.
- Establecer la demanda.
- Diseñar los procesos de venta al público modo tradicional y por internet.
- Diseñar el salón de ventas.
- Determinar las ventajas ambientales del proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

En el mundo:

El primer supermercado "cero desperdicios", llamado "Unpackaged" nació en el año 2004 en Londres. El gran auge de este tipo de tiendas surgió en el año 2014 en Europa. Desde ese entonces se expanden por todo el continente y crecen rápidamente. Por ejemplo, en Bélgica, el primer supermercado "cero desperdicios", "Robuust", abrió sus puertas en el año 2014. Hoy en día este país cuenta con 36 tiendas de este estilo. Se cree que el crecimiento exponencial de estos supermercados es proporcional al crecimiento del movimiento "cero desperdicios". En el año 2015 abrieron 27 tiendas "cero desperdicios", mientras que en el año 2016 fueron 60. En Alemania abrieron sus puertas 9 tiendas en el año 2015 y 28 tiendas en el 2016 (Donatienne, 2019). Estos datos evidencian el rápido crecimiento del estilo de compra.

En Argentina:

El primer supermercado "cero desperdicios" en Argentina, llamado "Cero Market" abrió sus puertas en julio del año 2020 en Belgrano, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y hoy en día cuenta con sucursales en Palermo, Recoleta, San Isidro, Río Turbio, Neuquén, Villa Urquiza y Tigre.

2.2 Características de supermercados "cero desperdicios":

Beitzen define los principales pilares de este tipo de supermercados (Beitzen, 2016):

- Venta de alimentos orgánicos: hace referencia a la agricultura en base a métodos naturales de cultivo y cosecha sin utilización químicos. Los alimentos generalmente presentan una certificación de orgánico.
- Abastecimiento ético: se enfoca en aplicar estándares sociales y medioambientales a la producción y a los proveedores.
- Abastecimiento local: se refiere a que debe diseñarse una cadena de suministro local. De esta forma se reducen los costos de transporte y de inventarios por un lado y por el otro se minimizan las emisiones de dióxido de carbono, a la vez que se apoya a los productores locales.
- Pequeñas tiendas en vecindarios: el objetivo de este pilar es estar cerca del consumidor y reducir la logística final de la cadena. Para ello, las tiendas se desarrollan en pequeñas superficies en diferentes puntos de la ciudad.

2.3. Planificación de la distribución de las instalaciones.

Un plan de distribución de instalaciones refleja las prioridades competitivas, la estrategia de procesos, la calidad y capacidad de los procesos de una empresa. La distribución física puede implicar los siguientes beneficios (Krajewski L., 2008):

- Aumentar de la satisfacción de los clientes y las ventas en una tienda minorista.
- Facilitar el flujo de materiales e información.
- Acrecentar la utilización eficiente de la mano de obra y equipo.
- Reducir los riesgos para los trabajadores.

A la hora de planificar la distribución se deben tener en cuenta diferentes criterios de desempeño. Entre estos criterios, podemos encontrar la satisfacción del cliente, la facilidad de selección de existencias, la facilidad para el mantenimiento del equipo, la comodidad del cliente y el nivel de ventas, entre otros. Cuando el contacto con el cliente es alto y éste participa activamente del proceso de servicio, su satisfacción es una medición clave del desempeño. En una instalación de comercio minorista los artículos con alta rentabilidad por metro cúbico se colocan en las áreas de exhibición más prominentes y los artículos que se compran por impulso cerca de la entrada o de la caja registradora (Krajewski L., 2008).

2.3. Marco Legal.

El Código Alimentario Argentino, bajo la Ley 18.284, declara vigente en todo el territorio de la República Argentina las disposiciones higiénico-sanitarias, bromatológicas y de identificación comercial del Reglamento Alimentario aprobado por Decreto 141/1953. La presente Ley se reglamenta a través del Decreto 2126/1971. Se establece, en el capítulo 2, Artículo 17 (Res 101 del 22.02.93), lo siguiente: "el fraccionamiento permitido de alimentos deberá realizarse en el acto de su expendio directamente de su envase original y a la vista del comprador. Para realizar el fraccionamiento permitido de alimentos fuera de la vista del público, el establecimiento deberá estar autorizado por la autoridad sanitaria competente y cumplir con todos los recaudos de los Artículos

18, 19, 20, 21 y 22 del presente Código en todo lo referente a locales, almacenamiento, personal, higiene y demás precauciones descriptas y que sean de aplicación para el fraccionamiento de alimentos permitidos exceptuando aquellos productos cuyo fraccionamiento está expresamente prohibido por el mismo. El material de envasado que se use para los alimentos fraccionados debe estar aprobado y en cada envase deberá figurar el número de registro de producto alimenticio, el número del establecimiento fraccionador, su nombre y dirección, pudiendo figurar la marca del producto, previa autorización del propietario de la misma. Debe figurar además del nombre del producto, la fecha de fraccionamiento, día, mes y año, el peso neto y la leyenda: Conservar refrigerado (cuando corresponda), con caracteres de buen realce y visibilidad. Para cada grupo de alimentos (cárneos, chacinados, embutidos, productos de la pesca, productos lácteos, productos farináceos, azucarados, café, etc.) se deberá cumplir con lo establecido respectivamente para cada caso en particular, en las Normas de Carácter Especial. Los alimentos fraccionados de esta manera, solamente podrán ser vendidos en las bocas de expendio del mismo establecimiento fraccionador".

3. METODOLOGÍA

3.1 Definición del perfil del cliente y estimación de demanda

Para la definición del perfil del cliente y estimación de la demanda se realiza una encuesta online aleatoria a una muestra que resulta representativa de la población objetivo. Se abordan diferentes aspectos referidos a la aceptación del movimiento cero desperdicios, tipos de los productos preferidos y características más importantes requeridas de la instalación.

3.2 Diseño de las instalaciones.

La metodología que se propone para el diseño de las instalaciones, adaptada de Meyers y Stephens (2006) es la siguiente:

1. Reunir información respecto de áreas o centros necesarios, a partir los procesos a realizarse.

2. Determinar los espacios necesarios por cada centro en función de la capacidad demandada.

3. Definir las posiciones relativas de cada centro utilizando el diagrama de relación de actividades, hoja de trabajo y diagrama de bloques.

4. Diseñar la distribución detallada.

4. DESARROLLO

A partir de los resultados de la encuesta se definió el perfil del cliente, como así también la demanda a abastecer por el supermercado, ya sea de forma tradicional u “on-line”.

Posteriormente se definieron los procesos que se desarrollarán y la forma de comercialización de los productos. En función de los mismos se determinaron los distintos sectores que debe tener la instalación, sus características y dimensiones.

4.1. Definición del perfil del cliente

Los resultados de la encuesta se estratificaron según 3 perfiles de clientes, quienes conforman el grupo de potenciales clientes:

Perfil Cliente 1: aquellas personas que comprarían muy frecuentemente en un supermercado “cero desperdicios”. Este grupo representa un 43% del total de encuestados y un 46,5% de los potenciales clientes.

Perfil Cliente 2: aquellas personas que comprarían frecuentemente en un supermercado “cero desperdicios”. Este grupo representa un 32% del total de encuestados y un 34,5% de los potenciales clientes.

Perfil Cliente 3: aquellas personas que comprarían ocasionalmente en un supermercado “cero desperdicios”. Este grupo representa un 17% de los encuestados y un 19% de los potenciales clientes.

Se considera que el supermercado “cero desperdicios” tiene como demanda objetivo a aquellos clientes incluidos dentro del Perfil Cliente 1. A partir de los resultados de este estrato se calcularon demanda potencial y características de los productos y de las instalaciones. Las principales características del mismo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Perfil del cliente de supermercado "cero desperdicios" según encuesta

Comportamiento del cliente de un supermercado “cero desperdicios”	
-Interés en la calidad superior de los productos -Poco interés en la marca -El precio bajo es moderadamente decisivo a la hora de comprar -Es importante la higiene del lugar donde se compra -No resulta tan importante una instalación linda y agradable -Es importante la cercanía del hogar al lugar de compra -Los envases reciclables, retornables o biodegradables son en ocasiones tenidos en cuenta a la hora de comprar	-Los productos orgánicos resultan importantes en ocasiones -Moderado uso de envases propios para las compras -Importante uso de bolsas propias para las compras -Es frecuente leer las etiquetas nutricionales -Amplio consumo de productos ecológicos -Separación de residuos en el hogar -Gran aceptación del movimiento “cero desperdicios” -Razones por las que compraría en un supermercado “cero desperdicios”: cuidado del medio ambiente y de la salud

4.2. Proceso de servicio.

Se definen los diagramas de flujo que describen los procesos que deberán seguirse en las instalaciones y de “on-line”, a efectos de definir las características de la instalación.

4.2.1. Canal físico.

En las figuras 1 y 2 se observa el diagrama de flujo para el proceso de compra presencial en un supermercado “cero desperdicios”.

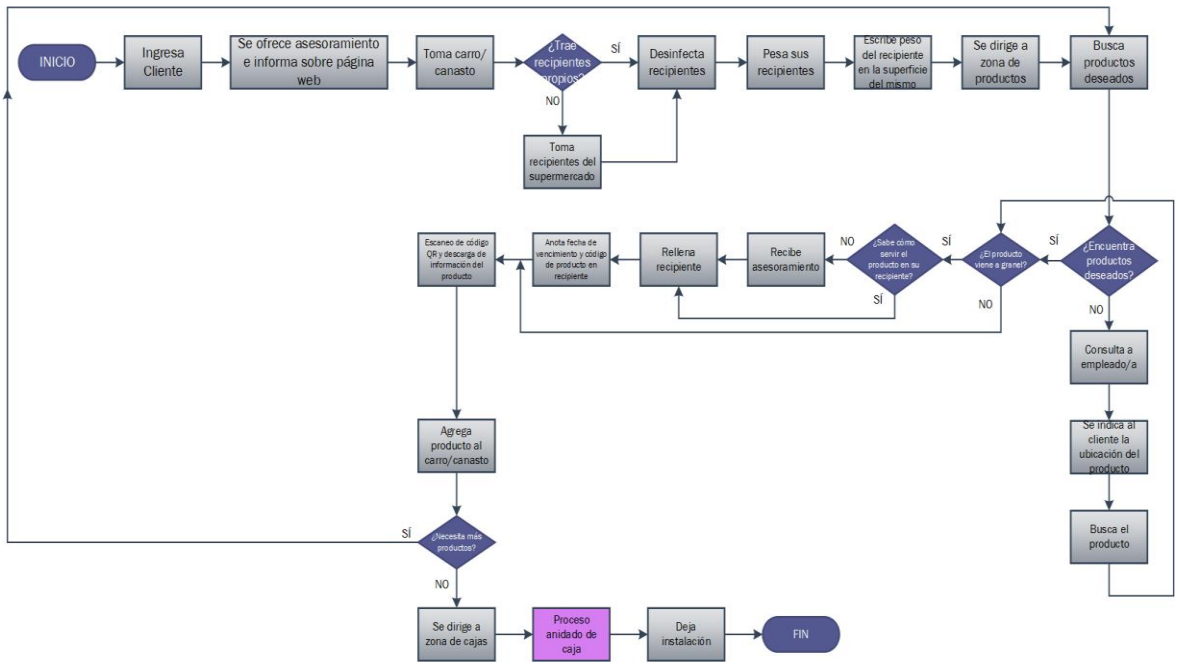


Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de compra por canal físico en un supermercado "cero desperdicios"

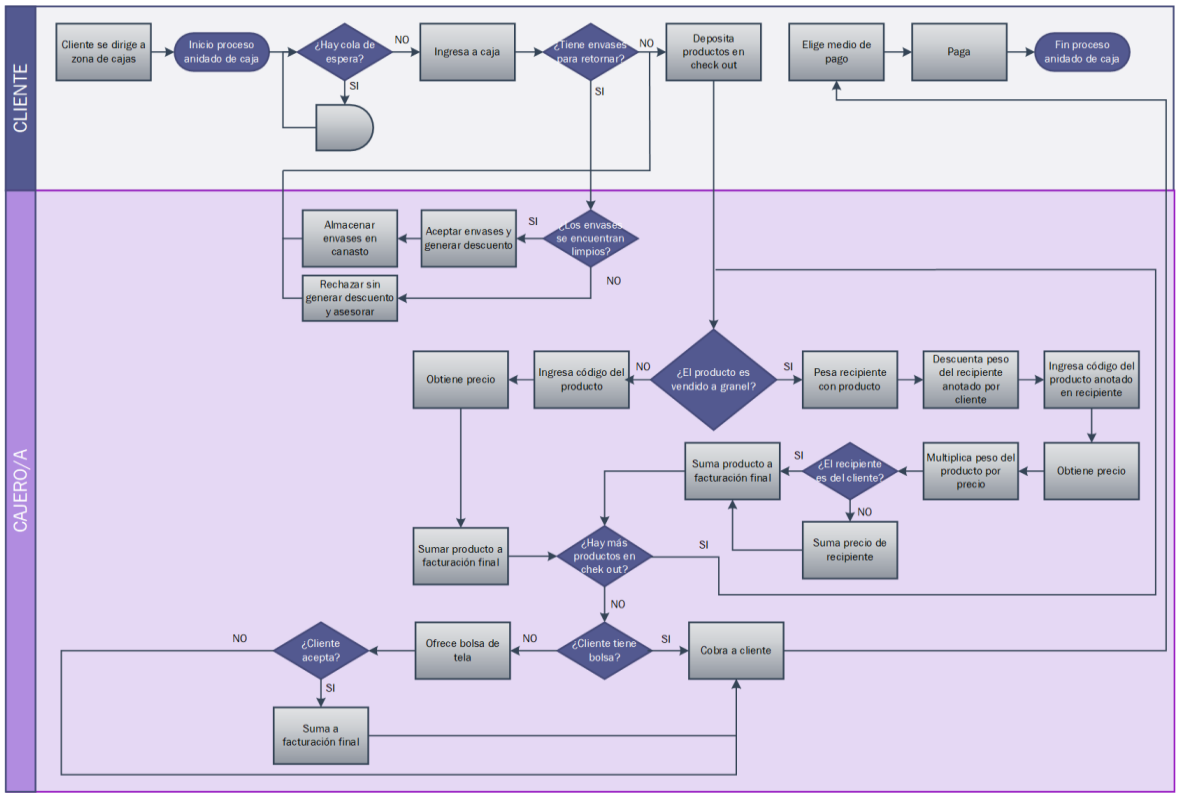


Figura 2 Diagrama de flujo del proceso anidado de caja en supermercado "cero desperdicios"

4.2.1. Canal online.

En las figuras 3 y 4 se muestran los diagramas de flujo que representan el proceso de compra a través de la página web del supermercado.

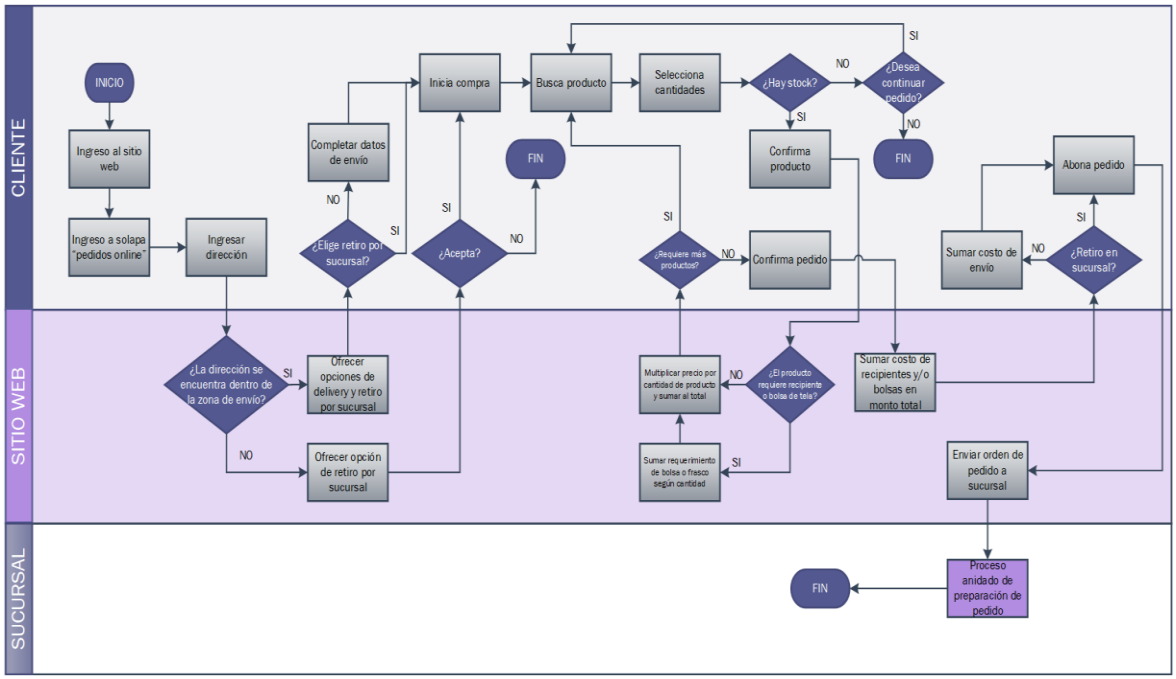


Figura 3 Diagrama de flujo del proceso de compra online en supermercado "cero desperdicios"

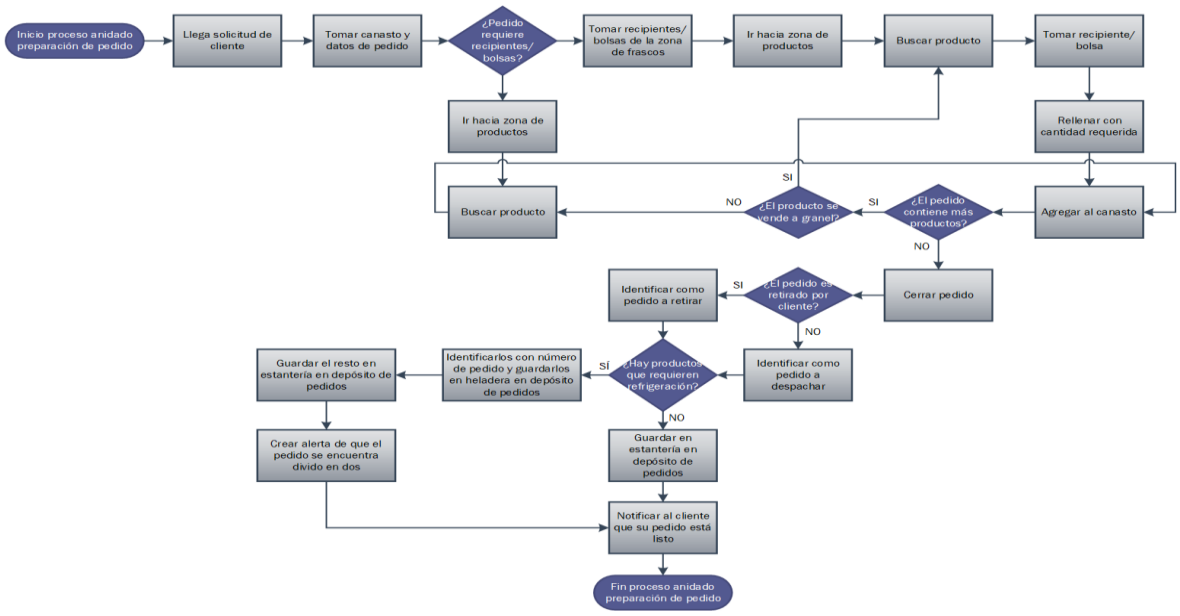


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso anidado de preparación de pedido en supermercado "cero desperdicios"

4.3. Características de productos a comercializar.

- Bebidas: los jugos se ofrecerán en botellas de vidrio provenientes directamente del fabricante que una vez consumidas serán retornadas para su reutilización. En el caso del vino, este se expende en barriles o toneles de madera con canilla en su parte inferior. De manera similar ocurre en el caso de la cerveza, que se exhiben en heladeras para barriles de cerveza choperas.
- Productos de almacén: para el caso de cereales, arroces, avenas, maíz, sémolas, legumbres, semillas, frutos secos, cacao, café en grano, yerba, azúcar y condimentos se utilizan dispensers automáticos por gravedad, de plástico, con cierre hermético. El Código Alimentario Argentino prohíbe la venta de pastas alimenticias secas sueltas, por lo tanto se comercializan pastas frescas, almacenadas en bandejas de plástico dentro de heladera exhibidoras horizontales. En el caso de aceites y vinagres, estos se ofrecen en contenedores de acero inoxidable con canilla en la parte inferior. Para el caso de té en hebras y golosinas se utilizan recipientes plásticos con tapa y cuchara para servir. En cuanto a los productos lácteos, los quesos untables, leches y yogures son vendidos en recipientes de vidrio, que luego son retornados a sus fabricantes para la reutilización. Siempre que sea necesaria la refrigeración, los productos serán almacenados en heladeras exhibidoras verticales.
- Panadería: se comercializan galletas, galletitas, facturas, panes, sándwiches, budines y tortas realizados de forma artesanal, ubicados en estanterías defendidas, para evitar su contaminación. De ser requerida refrigeración, los productos serán ubicados en heladeras exhibidoras horizontales.
- Frutería y verdulería: las frutas y verduras a vender serán orgánicas y se dispondrán en muebles expositores.
- Artículos de limpieza: aquellos artículos de limpieza en estado líquido, como lo son jabón para ropa, suavizante, desinfectante, desodorante para piso, limpiavidrios, desengrasante, entre otros, se presentan en máquinas dispensadoras o “vending”. Las mismas poseen un depósito en la parte trasera donde se ubican los distintos productos. El cliente ubica la botella en el lugar indicado y presiona el botón del producto que desea comprar para rellenar su envase. Este tipo de productos tienen la característica de ser biodegradables y no contener sustancias tóxicas. Para el caso de esponjas, cepillos, rejillas y demás se pueden encontrar productos de origen artesanal con cerdas vegetales, y por lo tanto biodegradables y compostables. Estos productos no vienen en envases y tienen cabezales desmontables para su cambio luego del desgaste. Existe, además, una versión sólida para productos como el detergente, con característica biodegradable, lo que permite prescindir completamente de un envase.
- Artículos de perfumería: los jabones, shampoo y acondicionador líquidos se ofrecen en máquinas dispensadoras al igual que los productos de limpieza. Existe además una versión sólida

de estos productos. Para el segundo caso, no es necesario ningún envase plástico para su comercialización. Todos estos son libres de químicos, veganos y libres de crueldad animal. Los cepillos de dientes tienen mango de bambú, un material biodegradable, y poseen cerdas reciclables. Se comercializan en cajas de cartón, también biodegradables. Dentro del grupo de artículos de cosmética, se comercializarán productos naturales, sin químicos (sulfatos, siliconas, parabenos, derivados del petróleo), libres de crueldad animal y veganos. Entre ellos se encuentran crema para manos y cuerpo, pasta de dientes, desodorante en crema, crema de limpieza, etc. Para el caso de las cremas se utilizarán máquinas similares a las expendedoras de productos de limpieza, pero con una menor capacidad. El resto de los productos serán comercializados en frascos de vidrio u hojalata que son retornados al fabricante para su reutilización. Otros productos a mencionar son aquellos de higiene femenina. Bajo esta categoría se encuentran toallitas y protectores de tela reutilizables y copas menstruales.

4.4. Diseño del salón de ventas.

Las áreas necesarias en el salón de ventas para brindar el servicio en un supermercado “cero desperdicios” son:

1) Zonas de producto,
2) Zona de pesaje,
3) Zona de cajas registradoras,
4) Zona de carros y canastos,
5) Zona de frasco

El diseño de la instalación tiene en cuenta la demanda que abastece un supermercado “cero desperdicios”. En primera instancia se calcula la demanda en cantidad de hogares en base a proyecciones poblacionales de INDEC, datos de compras sustentables realizadas en Argentina y a datos recabados en la encuesta, obteniéndose un total de 1529 hogares.

Para obtener la demanda potencial en cantidad de artículos se obtuvieron los datos de consumo, característicos de la población. Aquellos datos de consumo medidos por persona, se transforman a consumo por hogar a través de la tabla de adultos equivalentes por hogar, según quintil de ingreso proporcionada por INDEC (2020) en la Encuesta Nacional de los hogares. Los valores de consumo de cada artículo se multiplican por la cantidad de hogares a abastecer por el supermercado.

Luego se realizan los cálculos de requerimiento de espacio para cada una de las áreas.

4.4.1. Zona de producto.

Para diseñar este espacio se considera que la totalidad de los productos a comercializar se almacenan en el salón de ventas. Una de las principales razones es que no se necesita de grandes cantidades de stock porque, siempre que sea posible, los proveedores serán locales, por lo que el transporte para abastecimiento no representa prolongadas distancias. Otra razón está relacionada al modo de almacenamiento. Los productos regulares se empacan en unidades de carga, generalmente cajas, capaces de ser apiladas lo que permite almacenarlos con facilidad en pallets o estanterías. A su vez, estos productos se venden al público en el mismo envase que salen de la fábrica, conservando perfectamente sus condiciones de calidad. En un supermercado “cero desperdicios” los productos son provistos en grandes bolsas o envases para luego rellenar los depósitos correspondientes en el salón de ventas. Un supermercado “cero desperdicios” garantiza que los productos que vende son de calidad y están bien conservados, por lo que no resultaría correcto almacenar bolsas o envases abiertos en el depósito. Cuando el depósito son los mismos mobiliarios del salón de ventas, se asegura que los productos permanezcan en contenedores herméticos y adecuados para evitar alteraciones.

En base a la demanda en cantidad de artículos y a la frecuencia de compra, obtenida en encuestas, se calculan la cantidad de mobiliarios y el espacio requerido. Cada artículo se almacena en diferentes mobiliarios que cumplen las condiciones establecidas por el Código Alimentario Argentino. Los resultados se observan en la tabla 2.

Tabla 2 Requerimiento de espacio para mobiliarios

Mobiliario	Artículos a almacenar	Capacidad	Cantidad	Medidas (m)			Superficie de contención	Cantidad en altura	Longitud total (m)	Total Superficie requerida (m^2)
				Longitud	Alto	Profundidad				
Dispenser	Cereales; frutas secas; cacao y condimentos	8 l	76 u.	0,152	0,430	0,330	Estructura en pared	2	5,776	1,906
Dispenser	Legumbres; harinas; arroz; azúcar; yerba; café y sal	19 l	157 u.	0,150	0,710	0,330	Estructura en pared	1	23,550	7,772
Recipiente c/ cuchara	Galletitas; golosinas; chocolate y té	8 l	36 u.	0,300	0,180	0,250	Estantería	2	5,400	1,350
Contenedor c/ canilla	Vinagre y aceites	30 l	35 u.	0,250	0,470	0,250	Góndola	2	4,500	1,125
Barril p/ vino	Vinos	50 l	14 u.	0,550	0,410	0,410	Góndola	2	3,850	1,579
Heladera p/ barril	Cervezas	150 l	1 u.	2,750	1,000	0,700	N/A*	1	2,750	1,925
Máq. dispenser	Artículos de limpieza	100 l	18 u.	0,322	2,580	1,200	N/A	1	5,796	6,955
Máq. dispenser	Artículos de higiene	30 l	6 u.	0,322	0,774	1,200	N/A	1	1,392	1,670
Heladera exhibidora horizontal	Pastas y fideos frescos	330 l	1 u.	1,200	1,250	0,750	N/A	1	1,200	0,900
Estantería defendida	Amasados de pastelería y panes	N/A	2,95 m^3	5,373(1)	1,400(2)	0,400(6)	N/A	N/A	5,373	2,149
Mueble expositor	Frutas y verduras	N/A	3,35 m^3	2,874(4)	1,500	0,800(3)	N/A	N/A	2,874	2,299
Heladera exhibidora vertical	Yogur; leches; queso crema y untables; quesos duros, semiduros y blandos; jugos	0,47 m^3	2 u.	0,670	2,140	0,650	N/A	1	1,34	0,871
Góndola	Artículos de higiene, higiene femenina, limpieza	N/A	1,27 m^3	2,307(5)	1,400(2)	0,400(6)	N/A	N/A	2,307	0,923
TOTAL (m^2)										**31,424**

Orden de productos en salón de ventas:

Para el caso de los productos en salón de ventas se ubican teniendo en cuenta los siguientes requisitos:

- Las frutas y verduras no se ubican contra paredes porque están ubicadas en un mueble expositor con acceso de ambos lados.
- Es deseable que los productos alimenticios se ubiquen lejos de productos de limpieza e higiene para evitar cualquier posibilidad de absorción de olores.
- Siguiendo el criterio de distribución para un comercio minorista propuesto por Krajeswki, los productos comprados por impulso se ubicarán al ingreso del salón de ventas: golosinas, amasados de pastelería, bebidas alcohólicas. Mientras que aquellos productos de primera necesidad se ubicarán al final del salón.

Una vez cumplidos estos requisitos, los productos son ordenados por afinidad para que su ubicación resulte intuitiva para el cliente.

4.4.2. Zona de pesaje.

Esta zona está destinada a que los clientes, al ingreso del supermercado, pesen los recipientes a llenar, anoten su peso y los desinfecten. Para ello, la estación de pesaje está equipada con balanza, marcadores, etiquetas y elementos de desinfección.

La cantidad necesaria de estaciones de pesaje se calcula teniendo en cuenta las balanzas requeridas para brindar un nivel de servicio del 90%, con el fin de evitar la formación de filas de espera. A partir de la ecuación 1, se obtiene un requerimiento de 3 estaciones de pesaje.

$$Nro.balanzas = \frac{NS * T_{necesario}}{T_{disponible}} \quad (1)$$

Siendo NS el nivel de servicio; $T_{necesario}$ el tiempo promedio de ocupación de la balanza, calculado como el tiempo de uso por cliente multiplicado por la frecuencia de arribos obtenida de la encuesta; $T_{disponible}$ el tiempo durante el que está disponible la estación, igual a la jornada de apertura del supermercado.

Para una estación de pesaje se necesita 1 m^2 más 1 m^2 de pasillos.

4.4.3. Zona de cajas registradoras.

De forma análoga a la zona de pesaje, se calcula la cantidad de cajas registradoras (check outs) necesarios para brindar un nivel de servicio del 90%. Este valor resulta de 4 cajas registradoras, resultado de la ecuación 1, siendo, para este caso, el $T_{necesario}$ la cantidad de tiempo que los clientes pasan en el check out.

Para un chek out son necesarios 3.724 m^2 teniendo en cuenta las dimensiones de la instalación y el pasillo necesario.

4.4.4. Zona de carros y canastos.

Los carros de cuatros ruedas y los canastos son los principales equipos para el manejo de materiales dentro del supermercado, por parte del cliente. Nuevamente, a partir de la ecuación 1 se calcula la cantidad de equipos necesarios. En este caso el nivel de servicio es del 100%, ya que es indispensable tener disponibilidad de carros o canastos para que los clientes inicien la compra. Para esta situación el $T_{necesario}$ es igual al tiempo que los clientes permanecen dentro de la instalación. Se obtiene un requerimiento de 8 carros y 8 canastos.

Considerando las dimensiones de los carros de compra y de los canastos, siendo los primeros encastrables y los segundos apilables, y teniendo en cuenta espacio para pasillos, son necesarios 3,21 m^2.

4.4.5. Zona de frascos.

Se estima que el requerimiento de frascos decrecerá con el tiempo, cuando los clientes comiencen a adaptarse al modo de compra y al movimiento “cero desperdicios” y utilicen recipientes propios. Inicialmente se destina una superficie igual a la de zona de pesaje, de 2 m^2, cuya capacidad de guardado se adapta a la demanda a través de la altura de la estantería.

4.4.6. Análisis de relación de actividades.

Para determinar la distribución espacial del salón de ventas se realiza un análisis de relación de actividades. Se confecciona un diagrama de relación de actividades, como se observa en la figura 5. Las diferentes letras indican la cercanía que deben tener las diferentes áreas, siendo A absolutamente necesario que estos dos departamentos se encuentre uno al lado del otro, E especialmente importante, I importante, O ordinariamente importante, U sin importancia y finalmente X indica que no es deseable que se ubiquen uno al lado del otro.

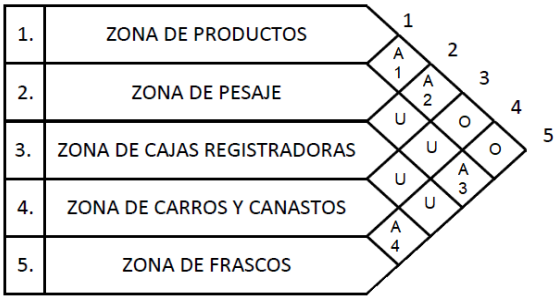


Figura 5 Diagrama de relación de actividades

En la tabla 3 se describen los códigos de razón utilizados debajo de los códigos de cercanía a modo de justificación.

Tabla 3 Códigos de razón para diagrama de relación de actividades

Código de razón	Razón
1	La selección de productos es el paso siguiente a pesar los frascos
2	Ir a sector cajas es el paso siguiente a selección de productos
3	El pesaje es el paso siguiente a tomar frascos

4	Los frascos que toma el cliente deben poder ponerse rápidamente en un carro/canasto para su comodidad

Luego, con la información del diagrama de relación de actividades se construye una hoja de trabajo, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4 Hoja de trabajo

Actividades	A	E	I	O	U	X
1.Zona de productos	2,3	-	-	4,5	-	-
2.Zona de pesaje	1,5	-	-	-	3,4	-
3.Zona de cajas registradoras	1	-	-	-	2,4,5	-
4.Zona de carros y canastos	5	-	-	1	2,3	-
5.Zona de frascos	2,4	-	-	1	3	-

Finalmente, con ayuda de la hoja de trabajo, se confecciona un diagrama adimensional de bloques. Cuyo resultado se muestra en la figura 6. A su vez, se señala con flechas el flujo predominante del proceso de servicio, el del cliente.

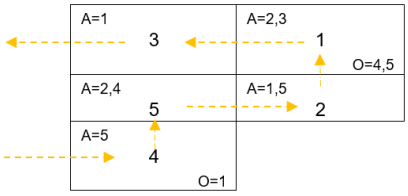


Figura 6 Diagrama adimensional de bloques

4.4.7. Plano del salón de ventas.

En base al diagrama adimensional de bloques, a los requisitos del orden de productos dentro del salón de ventas y a los requerimientos de espacio de la tabla 3 se realiza a escala el plano del salón de ventas, como se observa en la figura 7.

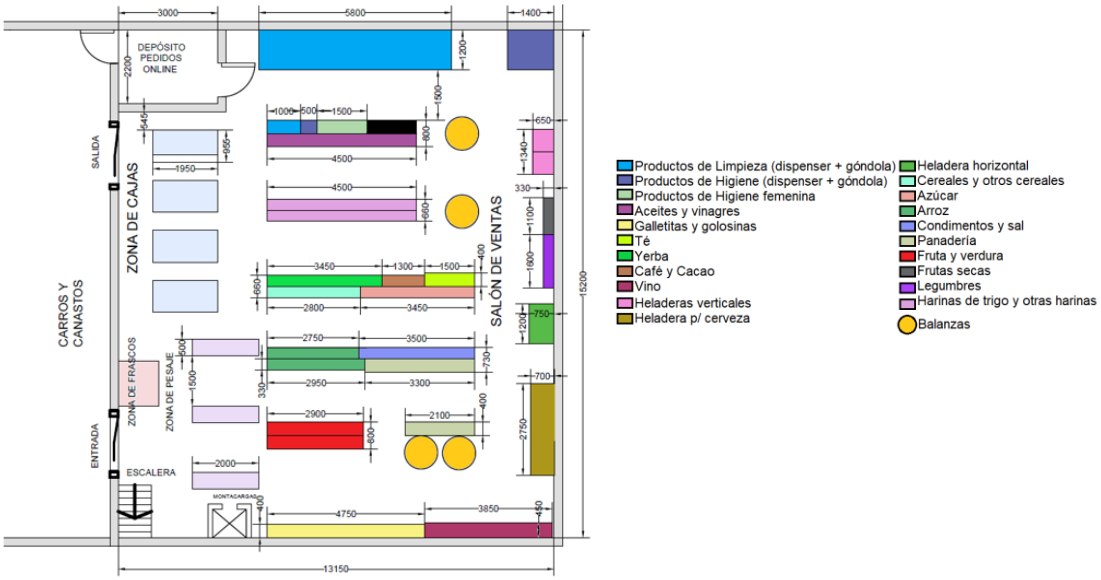


Figura 7 Plano de distribución del salón de ventas

Como se desprende de la figura 7, se requiere de una superficie de 13,15 m * 15,2 m para el salón de ventas. Cabe destacar que en el alcance de este trabajo no se presentan el diseño del piso superior en el que se incluyen el sector de oficinas, cuarto de elementos de limpieza y de servicios para los empleados tales como sanitarios, vestuarios y comedor.

4.5. Ventajas ambientales.

La ventaja ambiental más evidente de un supermercado “cero desperdicios” es la reducción de residuos plásticos, impactando directamente en la carga del relleno sanitario y en la reducción de

contaminación de suelos y cuerpos de agua. Por otra parte, el hecho de requerir de un recipiente lleva a planificar la compra, llevando indirectamente a lo que se denomina “consumo consciente” y a evitar el desperdicio de alimentos.

Otra ventaja ambiental notable está relacionada con la cadena de suministro “corta” vinculada al uso de proveedores locales, reduciendo así la generación de emisiones de los medios de transporte durante el abastecimiento.

Mientras que para los supermercados regulares estos aspectos representan una debilidad, para un supermercado “cero desperdicios” son una oportunidad.

5. CONCLUSIONES.

Para el diseño de la instalación de un supermercado “cero desperdicios” resultó de gran utilidad la realización de una encuesta para determinar el nivel de desarrollo del consumidor de productos sustentables en la ciudad de Mar del Plata. A partir de los datos recolectados se pudieron determinar las características del perfil del cliente como así también una estimación de la demanda.

Los criterios de diseño para una instalación de manufactura fueron aplicables a una instalación de servicio. Los diagramas de flujo permitieron una clara definición de los espacios requeridos en el diseño. El diagrama de actividades resultó en una herramienta muy importante para definir de manera sencilla las posiciones relativas de los sectores.

Las diferencias que se encuentran entre este supermercado y un supermercado regular, radican en que se pueden detectar áreas adicionales como lo son la zona de pesaje y la zona de frascos y que además, el salón de ventas actúa como depósito. Esta última característica es consistente con el movimiento “cero desperdicio” y es posible dada la cadena de suministro “corta” que se promueve.

Finalmente, las ventajas ambientales del supermercado más significativas se relacionan a los impactos ambientales producidos por el desecho de plásticos de un solo uso, por la extracción desmedida de recursos naturales y por las emisiones relacionadas al proceso productivo y al transporte logístico. Es importante aclarar que el cambio resulta masivo cuanto mayor sean las sucursales que existan en una región. Por lo tanto sería interesante el involucramiento de toda la sociedad y los organismos públicos, ya que es una posibilidad para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados al cuidado del medio ambiente y al consumo sostenible para el año 2030.

6. REFERENCIAS.

Ayuso, M. (03 de julio de 2021). Se usan 12 minutos y tardan décadas en degradarse, el impacto de las bolsas de plástico. *La Nación*. Obtenido de https://www.lanacion.com.ar/comunidad/se-usan-12-minutos-y-tardan-decadas-en-degradarse-el-impacto-de-las-bolsas-de-plastico-nid03072021/

Beitzen, E. (2016). *The prospects of zero-packaging grocery stores to improve the social and environmental impacts of the food supply chain.* Journal of Cleaner Production. doi:10.1016/j.jclepro.2016.09.227

Donatienne, I. (2019). *Expansion of the local, organic and zero-packaging food concept in three contexts: zero-packaging grocery stores, conventional supermarkets and ecostores.* Universidad de Maastricht, Países Bajos.

Fundación Vida Silvestre. (2021). Contaminación por plástico: un problema a escala mundial que ahoga los océanos del mundo. Obtenido de https://www.vidasilvestre.org.ar/?21420/Contaminacion-por-plastico-un-problema-a-escala-mundial-que-ahoga-los-oceanos-del-mundo

Krajewski L., R. L. (2008). *Administración de operaciones, procesos y cadena de valor.* México: Prentice Hall.

Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales.* México: Prentice Hall.

Organización de Naciones Unidas. (2018). Obtenido de https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures#:~:text=Solo%20se%20ha%20reciclado%20un,o%20en%20el%20medio%20ambiente.

Organización Internacional de Normalización. (2015). *Sistemas de Gestión Ambiental (ISO 14001).*

Organización Internacional de Normalización. (2016). *Sistemas de Gestión Ambiental, Directrices Generales sobre la Implementación (ISO 14004) .*

UNEP. (2020). *Prohibición de plásticos de un solo uso: conjunto de directrices para la sostenibilidad.*

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y DISEÑO DE ALMACÉN PARA UNA PYME DE VENTA MINORISTA DE ARTÍCULOS PARA EL HOGAR

Real, Agostina; Synek, Daniela Rocío; Zárate, Claudia Noemí

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
aggosreal@gmail.com
danielasynek@gmail.com
cnzarate@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

ATH S.A. es una empresa de servicios cuyo negocio consiste en la venta minorista de artículos del hogar, de deportes, de tecnología y de entretenimiento. Su almacén se encarga de suministrar productos a las 11 sucursales que posee en la ciudad de Mar del Plata. Actualmente la empresa cuenta con un almacén central y 5 depósitos satélites ubicados en diferentes sitios de la ciudad. Esto genera importantes inconvenientes en la gestión y entrega de los pedidos, disminuyendo la eficiencia en sus operaciones y afectando sensiblemente el servicio al cliente. El objetivo del trabajo fue diseñar un nuevo almacén centralizado que cuente con el espacio y los elementos de manipulación necesarios que permita mejorar la situación actual. Para ello, se relevaron en primer término los procesos que se desarrollan y la cantidad de posiciones que posee el almacén. A partir de este valor se llevó a cabo el diseño de un almacén con una capacidad 20% superior a la actual. A partir de los resultados del relevamiento de los procesos, se zonificó el almacén, dimensionándose los sectores de carga/descarga, las áreas de servicios, las oficinas y las áreas especiales. Para el dimensionamiento del sector de almacenamiento propiamente dicho se seleccionaron estanterías selectivas y de ángulo ranurado. Los equipos de manejo de material que se seleccionaron para el manejo de las cargas fueron carretillas contrapesadas y retráctiles, apiladores eléctricos, transpaletas manuales y carros tipo jaula. Como resultado se llegó a un almacén que posee una capacidad superior al almacén actual con una superficie que es un 32,9% menor. La metodología propuesta para el dimensionamiento del sector de almacenamiento permitió la sistematización del proceso.

Palabras Claves: Almacén, estanterías selectivas, estanterías de ángulo ranurado, equipo de manejo de material.

ABSTRACT

ATH S.A. is a service company whose business consists of the retail sale of household, sports, technology and entertainment items. Its warehouse is responsible for supplying products to its 11 branches. The company currently has one central warehouse and five satellite warehouses located in different parts of the city. This generates important inconveniences when supplying the branches, decreasing the efficiency of its operations and significantly affecting customer service. The objective of the work was to design a new centralized warehouse with the necessary space and handling elements to improve the current situation. To achieve this purpose, the first step was to survey the processes that are developed and the number of positions that the warehouse currently has, and based on this value, the design was carried out for a 20% higher capacity. Selective and metal point boltless shelving was selected. The material handling equipments that were considered most suitable are counterbalanced and reach trucks, electric stackers, hand pallet trucks and cage-type carts. Finally, based on these results, the warehouse was zoned, dimensioning in addition to the storage area itself, the loading/unloading sectors, service areas, offices and special areas. Compared to the current facilities, the proposed warehouse has, for a capacity of more than 20%, an area that is 32.9% smaller.

Keywords: warehouses, selective racking, metal point boltless shelving, material handling equipment.

1. INTRODUCCIÓN

La función del almacén es indispensable para que la organización sea competitiva en el mercado. Los almacenes deben estar correctamente diseñados para poder cumplir eficientemente distintas funciones, como recepcionar todos los productos que comercializa la compañía, llevar a cabo un control e inventario de los artículos almacenados, asegurar un correcto almacenamiento, facilitar la preparación de pedidos y agilizar el despacho de los mismos. Es fundamental que se provean los recursos humanos y Equipos de Manejo de Material (EMM) necesarios que mejor se adapten a las características del almacén, con el fin de efectuar una eficiente gestión de los artículos. Los principios para la organización eficiente de un almacén, consideran en forma conjunta 2 criterios que suelen ser contrapuestos (Mauleón, 2003):

1. Maximizar el volumen disponible en términos de metros cúbicos.
2. Minimizar las operaciones de manipulación y transporte interno.

Para diseñar un almacén, el primer paso es definir su distribución con el objetivo de aprovechar el espacio al máximo, facilitar la accesibilidad a las referencias y procurar el máximo índice de rotación posible. Para esto, se deben determinar los medios necesarios para obtener la mayor velocidad de movimiento con el fin de reducir los tiempos de trabajo. Asimismo, en el diseño se deben definir mínimamente 5 zonas esenciales para la operatoria de un almacén: zona de carga y descarga, zona de recepción y control, zona de almacenamiento, zona de expedición y preparación de pedidos, y zona de servicios.

En particular, la zona de almacenamiento propiamente dicha es el sector donde se hallan los artículos, habitualmente ubicados en estanterías. El tipo de estantería utilizado depende de ciertas variables tales como tipo de contenedor (pallet, caja, etc.), tipo de gestión del producto (FIFO, LIFO, FEFO), cantidad de unidades por cada tipo de producto, entre otras. En el diseño de este sector debe considerarse la cantidad de posiciones que deben almacenarse, las estanterías, la cantidad de niveles por estanterías, los EMM a utilizar y finalmente el ancho de pasillos.

El diseño de almacenes (tanto de sus funciones logísticas como de sus procesos de flujo de material) es un problema complejo, no sólo por las altas exigencias de los clientes en términos de plazo y variedad de producto, sino por el número de alternativas posibles. Estas alternativas son el resultado de la gran cantidad de factores a considerar, existiendo una fuerte interacción entre los mismos. Como consecuencia es difícil encontrar una solución “óptima” de forma analítica (Baker and Canessa, 2009). Analizar simultáneamente todas las configuraciones posibles en un único modelo resulta insoluble. No aparece aún una metodología de diseño sistemática y general en la bibliografía (Baker y Canessa 2009; Gu et al, 2010).

No obstante, muchos autores han propuesto una serie de pasos a seguir a la hora de llevar a cabo un diseño o rediseño del almacén (Rouwenhorst et al, 2000; Baker y Canessa 2009; Gu et al, 2010). Hasta el momento no se ha llegado a un consenso en relación a la naturaleza de las técnicas y métodos necesarios para llevar adelante cada uno de los pasos de diseño. En la práctica este hecho implica que la solución de diseño final se seleccione en base a la intuición, al juicio y principalmente a la experiencia del diseñador (Gu et al, 2010).

ATH S.A. es una empresa de servicios, cuyo negocio consiste básicamente en la venta minorista de artículos del hogar, de deportes, de tecnología y de entretenimiento. Tiene una trayectoria de 35 años en la ciudad, y actualmente es una de las empresas más importantes en su rubro.

En sus inicios, contaba con un solo local y con el transcurso de los años, su crecimiento ha sido exponencial, llegando al día de hoy a contar con 11 sucursales, más de 250 empleados y ofreciendo más de 6.000 productos diferentes.

Esta progresiva ampliación de la cartera implicó la necesidad de contar cada vez con más espacios de almacenamiento. En sus inicios contaban con una propiedad para dicho fin y luego, con el aumento de actividad, debieron adquirir y/o alquilar otros espacios ya que la capacidad del almacén original resultó insuficiente. Como resultado, en la actualidad, posee un almacén central y cinco depósitos satélites, localizados en distintos puntos de la ciudad, que se encargan de proveer los productos a las sucursales y a los domicilios de sus clientes.

La empresa considera que tanto la disponibilidad como la variedad de productos en el momento que lo requiere el cliente es prioritario, por lo que un almacén eficiente es decisivo para el éxito de la compañía. El no contar con un almacén centralizado, genera importantes inconvenientes al momento de la organización y gestión de los procesos de abastecimiento de las sucursales,

disminuyendo la eficiencia en sus operaciones y afectando sensiblemente el servicio al cliente. Se observan problemas tales como demoras ya sea en carga, descarga y preparación de pedidos, errores en los pedidos, pérdidas de productos, mercadería dañada, altos costos de distribución, etc.

Considerando la situación presentada, se plantea como objetivo de este trabajo, el diseñar un nuevo almacén unificado que cuente con el espacio, equipamiento y elementos de manipulación necesarios, que permita solucionar la problemática detectada.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo, en primer término, se realiza el análisis de la situación actual de la empresa y se relevan los procesos que se desarrollan en el almacén. Esto permitió detectar las zonas requeridas de la nueva instalación.

Para el cálculo del número de bocas en la zona de carga/descarga se utilizó la expresión (1).

$$Número\ de\ bocas = \frac{tiempo\ de\ carga/descarga * cantidad\ de\ cargas/descargas}{ventana\ horaria} \quad (1)$$

Tanto la distancia entre bocas como la superficie de la explanada se diseñó considerando los manuales de “Diseño moderno de andén” de Kelley Company, Inc (2000).

Para el dimensionamiento de la zona de almacenamiento propiamente dicha se siguió la siguiente metodología:

1. Definición de cantidad de posiciones requeridas
2. Determinación de las dimensiones del Módulo de Almacenamiento (Lm, Pm e Ym)
3. Definición de altura de la instalación y determinación de la cantidad de niveles en altura
4. Selección del EMM
5. Determinación de ancho de pasillo
6. Determinación de las dimensiones del sector
7. Cálculo de capacidad en cantidad de módulos

El dimensionamiento del área destinada a los servicios para el empleado se realizó considerando el número y tipo de personal que se desempeña en el sector, y siguiendo la metodología de Meyers y Stephens (2006). También se verificó el cumplimiento de la Ordenanza Municipal vigente (OM N°11.662/98) y del Código de Ordenamiento Territorial de Mar del Plata.

3. DESARROLLO

3.1. Situación actual

La Gerencia de Logística está a cargo del almacén central y de los 5 depósitos satélites. Se encuentra formada por un Gerente del Sector, y 18 auxiliares de logística. Son los responsables de suministrar mercadería a las sucursales en base a lo que los gerentes de cada una de ellas solicitan. A dicha gerencia responde un encargado de stock con 2 auxiliares y un encargado de postventa. La Gerencia de Compras está conformada por 3 compradores distribuidos por líneas de productos y 5 administrativos de compras, este sector es el que está en contacto directo con los proveedores.

ATH S.A. cuenta con un almacén central que actúa también como Centro de Distribución general de artículos para el hogar y 5 depósitos satélites. No todos son depósitos propios de la compañía, sino que algunos son alquilados. Los mismos están ubicados en los alrededores del centro de distribución. Entre sus 6 depósitos, ATH S.A. cuenta con una superficie destinada al almacenamiento de aproximadamente 9.500m^2.

La empresa comercializa una amplia gama de productos que se pueden clasificar en distintas categorías/familias: línea marrón (aparatos electrónicos relacionados con la imagen y el sonido), línea blanca (grandes electrodomésticos, relacionados con la cocina y la limpieza tales como heladeras, lavarropas, termotanques, etc.), tecnología, climatización, muebles, herramientas, juguetes, pequeños electrodomésticos, artículos de tiempo libre, rodados y gym, hogar, bazar.

3.1.1.Procesos operativos en el almacén

Para poder determinar los procesos operativos que se desarrollan en el almacén se concurrió al lugar y por medio de observación directa y entrevistas a gerentes, encargados y operarios, fue posible el relevamiento de los mismos. Se detallan brevemente a continuación:

- Recepción de mercadería: abarca desde la compra de artículos a los proveedores, hasta la descarga de los mismos en los distintos depósitos de la compañía.
- Ubicación de los productos: consiste en el traslado de los productos desde la zona de recepción hasta el almacenaje en su posición final.
- Preparación de pedidos: está relacionado con los procedimientos de salida de los productos del almacén ya sea para las sucursales como para los domicilios de los clientes. Consiste en concurrir al sector en el que está ubicado el producto, retirarlo en la cantidad correspondiente y trasladarlo hasta la zona de preparación de pedidos. Aquí se arma el pedido que consiste en el agrupamiento de los artículos en el pallet, el etiquetado, embalado si corresponde y el control.
- Expedición: es el proceso mediante el cual el pedido armado se carga en el camión y se envía a destino.
- Posventa: tiene lugar luego de que el cliente realiza la compra y el producto presenta falla. Son estrategias que buscan mejorar la experiencia del cliente después de la compra y asegurar su fidelización.

3.2. Diseño del almacén

Para el diseño del almacén, se partió de los datos brindados por la empresa y el cálculo se realizó considerando un aumento del 20% de su capacidad. Este incremento se definió considerando la tendencia de crecimiento del negocio en los últimos años. A partir de los procesos relevados, se diseña el nuevo almacén que contará con 7 zonas con el fin de alcanzar su óptimo funcionamiento y que seguidamente se detallan.

I. Zona de carga y descarga: Se utiliza la expresión (1) para calcular número de bocas utilizando las variables presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1 Cantidad de bocas para carga y descarga.

Cantidad de bocas		
Zona	**Carga**	**Descarga**
Tiempo de descarga/carga [h]	0,75	1,5
Cargas/descargas	14,4	10,8
Ventana horaria [h]	3	5
Total de bocas	3,6	3,24

Los resultados obtenidos indican que el sector contará con 4 bocas de carga y 4 de descarga. La diferencia entre ellas es el tamaño de los camiones que atracan. A fin de nivelar la cama del camión con el suelo del almacén, cada boca, contará con una rampa niveladora como sistema de ajuste.

En la Tabla 2 se presentan las dimensiones resultantes de los muelles de carga y descarga.

Tabla 2 Dimensiones de los muelles de carga y descarga

Zona Carga y Descarga	
Distancia entre ejes centrales	4,5*m*
Explanada	34,5*m*
Altura anden	1,2*m*
Ancho puertas	2,8*m*
Altura puertas	3*m*

II. Zona de recepción y control: aquí los productos quedarán almacenados momentáneamente mientras se lleva a cabo un control de calidad y se verifican las cantidades recibidas. Para el dimensionamiento, la empresa brindó la información de la cantidad de pallets promedio que llegan hoy en día por camión y, en función de ese dato se diseñó. Se consideró como mínimo 13 pallets, en aquellos casos que se reciban cantidades mayores, los mismos se podrán colocar en 2 hileras paralelas.

III. Zona de almacenamiento propiamente dicho: el diseño de este sector se detalla en 3.3.

IV. Zona de preparación de pedidos y expedición: en este sector habrá un sector destinado a la colocación de pallets donde se prepararán todos los pedidos, ya sean de clientes externos o internos (sucursales) con el objetivo de ser despachados una vez completados y embalados. Por este motivo, esta zona deberá estar próxima a la zona de carga con el fin de reducir los recorridos.

V. Oficinas: se determinó que al nuevo almacén se mudará la Gerencia de Logística junto con el encargado y los 2 administrativos de stock, y los 5 administradores de compras. Debido a esto, se considera necesario contar con una oficina individual para el Gerente de Logística y 2 oficinas compartidas, una para los administrativos de stock y otra para los de compras. Asimismo, en el ingreso al almacén habrá una oficina de recepción dónde se controlará tanto el ingreso como el egreso del personal.

VI. Zona de servicios para el personal: esta zona estará conformada por los sanitarios, los vestuarios, los comedores y el estacionamiento para el personal. El sector administrativo contará con un sanitario para mujeres, otro para hombres y tendrá también un comedor propio. En cambio, el sector del almacén contará con un sanitario de mujeres, un sanitario de hombres con 4 mingitorios, un vestuario para operarios con 2 duchas y 24 lockers, y un comedor. En cuanto al estacionamiento para el personal se determinaron 19 espacios para autos y camionetas, y 10 para motos.

VII. Zonas especiales: se consideran el sector destinado a devoluciones de clientes, el sector de pallets vacíos, los talleres de armado y la sala de carga de los EMM. El sector de devoluciones de clientes contará con pallets en posiciones de piso dónde se colocarán los artículos devueltos al almacén por falla y/o roturas. En el sector de pallets vacíos, se colocarán aquellos pallets que la empresa luego usará para el almacenamiento de los productos en las estanterías o el despacho de los mismos. Se ubicarán 12 pallets en posición de piso y se apilarán hasta 10 niveles. El almacén contará con dos talleres de armado que estarán juntos en la misma zona, uno destinado al armado de muebles y otro al armado de bicicletas. Se buscó que se localizaran en el mismo sector con el fin de tener todos los operarios en el mismo lugar y que haya una sola zona de herramientas. Para el armado de muebles se contará con cuatro mesas de trabajo mientras que para el armado de bicicletas se contará solamente con dos. Por último, en la sala de carga de EMM se cargarán las baterías de todos los EMM que se utilizan. Contará con 7 estaciones de carga, y cada estación deberá tener una plataforma aislada para poder apoyar las baterías durante el período de carga. El recinto reglamentariamente deberá contar con un lavaojos y ducha.

3.3. Diseño de zona de almacenamiento propiamente dicho

3.3.1.Definición de cantidad de posiciones requeridas

Actualmente la compañía comercializa aproximadamente 6.200 productos distintos. Los mismos tienen diversos tamaños y se almacenan en distintos tipos de contenedores: Arlog de (1m x1,2m), (1,2m x1,2m) y (1,2m x2m). También existen productos de tamaño pequeño que habitualmente no se encuentran paletizados.

Dada la gran cantidad de referencias, el análisis del stock realizado y las características asociadas a los tipos de estanterías, se proponen dos tipos de estanterías como mejores alternativas. Por un lado, las estanterías de ángulo ranurado para aquellos artículos más pequeños y/o frágiles que no se encuentran paletizados. Por el otro, las estanterías selectivas para los artículos restantes ya que representan la mejor respuesta si se requiere almacenar una gran variedad de referencias y se tienen pocos pallets de cada una de ellas.

La cantidad de posiciones de determina a partir del relevamiento realizado y se incrementa en un 20% para contemplar el crecimiento sostenido de la organización. En la Tabla 3 se presenta el detalle de las posiciones actuales y para las que se realizará el diseño del nuevo almacén.

Tabla 3 Cantidad de posiciones requeridas.

Tipos de Estanterías	Stock promedio anual	Posiciones Totales	Posiciones Totales de diseño
Selectivas	92.370	4.471	5.366
Ángulo Ranurado	16.787	452	543

De la Tabla 3 se desprende que se diseñará el nuevo almacén para 5.366 posiciones en estantería selectiva y 543 en estantería de ángulo ranurado.

3.3.2.Dimensión del módulo de almacenamiento

El módulo es la unidad que se utiliza para dimensionar el sector de almacenamiento. El mismo se define por tres variables básicas: longitud (Lm), profundidad (Pm) y altura entre módulos (Ym).

En cuanto a las estanterías selectivas, como se mencionó anteriormente, ATH S.A. utiliza los siguientes tipos de contenedores en función a los tamaños de los artículos a almacenar: pallets Arlog de $1m$x$1{,}2m$, pallets de $1{,}2m$x$1{,}2m$ y pallets de $1{,}2m$x$2m$.

Para los dos primeros tipos de pallets, se sugiere la manipulación del pallet por el lado A, como se indica en la Figura 1. Sin embargo, los pallets de $1{,}2m$x$2m$, dado su tamaño, se manipulan del lado más ancho (lado B), para un mejor apoyo y estabilidad en la estantería y en el EMM.

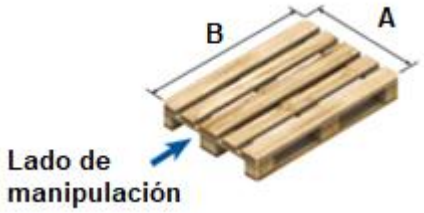


Figura 1 Manipulación de pallet.

Los módulos de las estanterías pueden estar formados por 1, 2 o 3 pallets como se presenta en la Figura 2. Cabe mencionar que la letra B referenciada en la figura, corresponde a la dimensión del lado de manipulación del pallet.

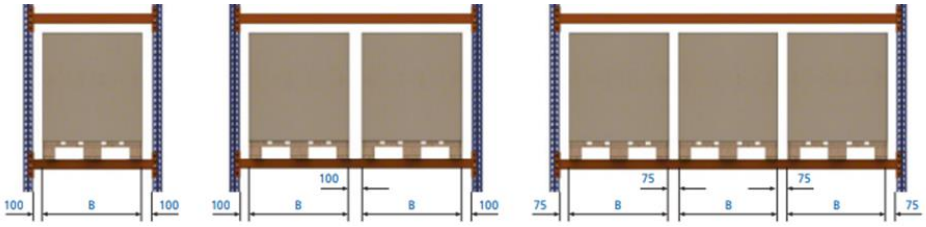


Figura 2 Módulos de estanterías.

Actualmente ATH S.A. posee estanterías formadas por módulos de 2 pallets, por lo que se optó continuar con la misma metodología. Para el caso de los pallets de $1{,}2m$x$2m$, los módulos dobles, estarán ocupados por una sola unidad.

Sabiendo que se van a utilizar 2 pallets por módulo y dependiendo de la dimensión y manipulación de los pallets, se determina la medida del larguero. En la Figura 3 se presentan las dimensiones de los largueros sugeridos por Mecalux.

Medidas del larguero

Pallet		Larguero
A	B	
800	1.200	1.900
1.000	1.200	2.300
1.200	1.200	2.700
800	1.200	2.700
1.000	1.200	3.300
1.200	1.200	3.900

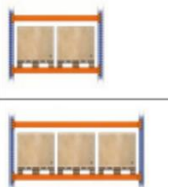


Figura 3 Dimensiones de los largueros.

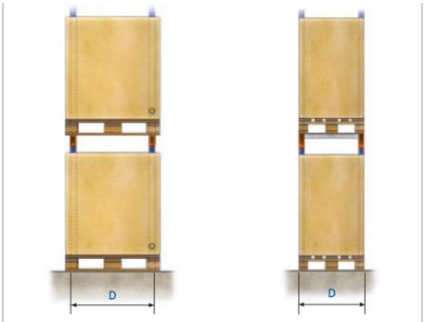
Cabe aclarar que para llevar a cabo el análisis de los pallets de $1{,}2m$x$2m$ se tomó una equivalencia con los Arlog. Es decir, que un módulo de un pallet de mayor dimensión equivale a un módulo de 2 pallets Arlog juntos, sin el espacio de seguridad entre ellos de $0{,}1m$. En la Tabla 3, se resume la dimensión del larguero para cada tamaño de pallet. A este valor obtenido, se le debe agregar la

dimensión del ancho de puntal siendo para este caso el de 0,101m (*Mecalux*) y con este dato, se obtiene la longitud del módulo en la tercera columna de la Tabla 4.

Tabla 4 Dimensiones de los largueros y longitud del módulo.

Tamaño de pallet	Larguero	Lm
Pallet Arlog 1m x 1,2m	2,3m	2,401m
Pallet 1,2m x 1,2m	2,7m	2,801m
Pallet 1,2m x 2m	2,2m	2,401m

Luego, se determina la profundidad del bastidor Pm, en función al catálogo de Mecalux. En la Figura 4 se presentan las profundidades propuestas por Mecalux:



Medidas de la profundidad del bastidor (mm)

Pallets tomados por el lado estrecho	Medidas de los pallets	Pallets tomados por el lado ancho
D = 1.000	800 x 1.200	D = 700
D = 1.000	1.000 x 1.200	D = 900
D = 1.000	1.200 x 1.200	D = 1.100

Figura 4 Medidas de la profundidad del bastidor.

Si bien el pallet de 1,2mx2m se manipula del lado más ancho, tanto la profundidad del pallet como del bastidor es de 1,2m, por lo que se mantiene la misma medida (D) para este tipo de pallet como para los otros. En conclusión, la profundidad del bastidor resulta de 1m para todos los tipos de contenedores. Sin embargo, se debe considerar que el pallet debe sobresalir del bastidor 0,1m de ambos lados para un mejor apoyo. Por lo tanto, la profundidad del módulo Pm es de 1,2m.

Por otro lado, las estanterías de ángulo ranurado se caracterizan por ser desmontables, pudiendo variar tanto en altura como en longitud. Si bien las posiciones se pueden adaptar, se utilizarán las de 0,9m x 0, 45m ya que coincide con las dimensiones que utiliza la empresa actualmente.

3.3.3.Determinación de la cantidad de niveles en altura

Actualmente las estanterías de ATH S.A. poseen 3 alturas de nivel distintas (Y) de 2,35m, 1,75m y 1,4m. Estas alturas se conservarán en la propuesta. Cabe destacar que, Y está formado por la altura del pallet con carga incluida, la altura del larguero (h) y la holgura requerida para la manipulación con el EMM seleccionado. En la Figura 5 se pueden observar gráficamente las alturas mencionadas.

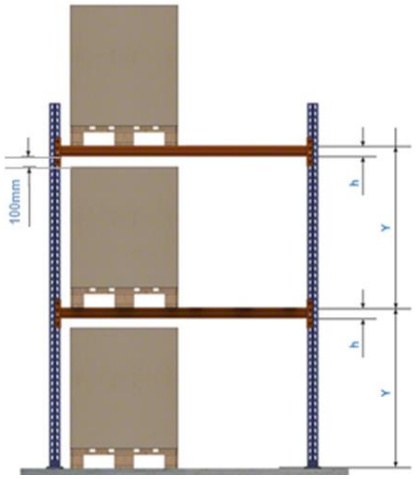


Figura 5 Dimensiones para altura de estantería.

Respecto de la altura total, se determinó que el bastidor tenga un alto total de 7,5m. De esta forma la altura del depósito, suponiendo instalaciones eléctricas y de sistemas de seguridad, será de aproximadamente 10-12m, que se puede considerar una altura estándar en este tipo de instalaciones. En la Tabla 5 se muestra la cantidad de niveles que se pueden colocar en 7,5m de altura para los 3 tipos de alturas de nivel (Y) estandarizadas.

Tabla 5 Niveles de estanterías selectivas.

Y [m]	Cantidad de niveles en 7,5 m
2,35	4
1,75	5
1,4	6

Para determinar la altura de la estantería de ángulo ranurado, se consideró la altura del hombre dado que el mismo no va a utilizar ningún EMM para el manejo de los artículos. Particularmente en Argentina, la altura promedio del hombre es de 1,74m. Por otro lado, se analizó ergonómicamente, según la planilla número dos de la Resolución 886/15 de evaluación de factores de riesgos "Levantamiento y/o descenso manual de cargas" la cual indica que para que la altura de levantamiento no sea considerada un factor de riesgo, el operario debe levantar, sostener y depositar la carga sin sobrepasar los 0,3m sobre la altura del hombro. Se determinó que cada estantería contará con 5 niveles, 1 sobre el piso y los 4 restantes en altura. La separación entre los estantes fue relevada del almacén actual y será de aproximadamente 0,44m, de esta forma el último estante se encontrará a 1,76m. Por lo que la altura total del bastidor resulta de 2,2m.

3.3.4. Selección de los Equipos de Manejo de Material (EMM)

Para la selección de los EMM se consideró el tamaño de las cargas a transportar, el peso de las mismas y la altura que deberán alcanzar respecto de la altura del bastidor. Se seleccionaron para la manipulación de pallets carretillas contrapesadas, carretillas retráctiles, apiladores eléctricos y transpaletas manuales, mientras que para el sector de estanterías de ángulo ranurado se seleccionaron únicamente carros tipo jaulas con estantes ya que permiten transportar mayor cantidad de artículos por recorrido.

3.3.5.Cálculo del ancho de los pasillos

En el sector de las estanterías selectivas, el ancho de los pasillos está estrechamente relacionado a los EMM seleccionados. Los mismos serán de 3,4m dado que las carretillas contrapesadas (Toyota Traigo 48V 4 Ruedas 1,6 Toneladas) son los equipos que requieren mayor ancho de pasillo comparado con el resto de los equipos.

En el sector de estanterías de ángulo ranurado, los pasillos son principalmente peatonales y para los carros tipo jaula (Carro de cromo con laterales de malla Esmelux®), por lo que los pasillos deberán ser de 1,5m por su dimensión.

3.3.6.Determinación de las dimensiones del sector

En función del terreno disponible y considerando una primera aproximación en la distribución de los sectores requeridos, se determina que el área para las estanterías selectivas es de 105mx60m, mientras que para las estanterías de ángulo ranurado es de 2,5mx55m.

3.3.7.Cantidad de módulos

Para determinar la cantidad de módulos en el largo y en el ancho, se partió de la cantidad de posiciones requeridas según la altura, considerando los resultados del relevamiento y en función de los mismos de determinó la cantidad de posiciones de piso requeridas. Los resultados se presentan en Tabla 6.

Tabla 6 Cantidad de posiciones según altura de los pallets

Tipo de contenedor	Alturas *[m]*					
	2,35 (4 niveles)		1,75 (5 niveles)		1,4 (6 niveles)	
	Posiciones totales					
	Posiciones totales	Posiciones en 4 niveles	Posiciones totales	Posiciones en 5 niveles	Posiciones totales	Posiciones en 6 niveles
Pallet Arlog	1.739	434,75	520	104	557	92,83
Pallet 1.200*mm* x 1.200*mm*	1.401	350,25	0	-	0	-
Pallet 1.200*mm* x 2.000*mm*	245	61,25	905	181	0	-

Para el cálculo de la cantidad de módulos que es posible alojar en el almacén, es necesario tener en cuenta que las estanterías deben ir separadas de la pared en el sentido longitudinal a 0,1m y de la pared del fondo a 0,15m.

3.3.7.1. Estanterías Selectivas

Se realizó el análisis para las estanterías selectivas considerando que las mismas serán colocadas en sentido longitudinal. Para determinar la cantidad de módulos en el largo, es necesario establecer el largo efectivo del almacén. La estantería que irá sobre la pared, no será cortada por el pasillo transversal, por lo que el largo será la longitud efectiva será L'=105m. Sin embargo, aquellas estanterías que no van sobre la pared, sí serán cortadas por un pasillo transversal de 3,4m (que permita el paso del EMM) entonces, L'=98,2m. Cabe aclarar que sobre la pared irá cualquier tipo de contenedor de los que poseen ancho de módulo de 2,401m. La cantidad de módulos se calculan utilizando la Fórmula (2).

$$Cantidad\ de\ módulos = \frac{L'}{Lm} \qquad (2)$$

Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7 Cantidad y tipo de módulo estanterías selectivas.

Tipo de contenedor	Lm	Cantidad Módulos	Tipo Módulo
Pallet Arlog 1m x 1,2m	2,401m	40,89	Doble
Pallet 1,2m x 1,2m	2,801m	35,05	Doble
Pallet 1,2m x 2m	2,401m	40,89	Simple
Estantería contra pared	2,401m	43,63	Doble

Una vez obtenida la cantidad de módulos, se debe calcular la cantidad de estanterías necesarias para cubrir las posiciones. De esta manera, para los módulos simples se aplica la Fórmula (3), mientras que para los dobles la Fórmula (4). Se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 8, sumando un total de 19 estanterías necesarias.

$$Estanterias\ (mód.simple) = \frac{Cant.de\ pos.por\ nivel}{Cant.módulos\ en\ el\ largo} \quad (3)$$

$$Estanterias.(mód.doble) = \frac{Cant.de\ pos.por\ nivel}{Cant.módulos\ en\ el\ largo * 2} \quad (4)$$

Tabla 8 Cantidad de estanterías selectivas necesarias.

Tipo de contenedor	Cantidad de niveles	Cantidad estanterías necesarias
Pallet Arlog 1m x 1,2m	4	5,3
	5	1,27
	6	1,13
Pallet 1,2m x 1,2m	4	5
Pallet 1,2m x 2m	4	1,49
	5	4,41
TOTAL	-	18,63

Se procede a calcular la cantidad de módulos en el ancho, utilizando la Fórmula (5) que se muestra a continuación:

$$Cantidad\ de\ calles = \frac{A'}{Pm\ +\ Ap} \quad (5)$$

Siendo A' el ancho efectivo, Pm la profundidad del módulo y Ap el ancho del pasillo. Para obtener el valor de Pm, hay que considerar que las estanterías se ubicarán espalda de rack con espalda de rack, por lo que se debe tener en cuenta la profundidad del bastidor total 2 veces y el espacio de seguridad (0,3m), resultando un valor de 2,7m. El ancho del pasillo en dicho sector de estanterías es de 3,4m y el ancho efectivo es de 59,2m. Al aplicar la fórmula se obtuvo que se requieren 9,7 calles, por lo que este valor se redondeó a 10, obteniendo un total de 20 estanterías dado que un módulo está conformado por 2 racks y una calle. Sin embargo, como se calculó anteriormente, la cantidad de estanterías necesarias es de 19 por lo que, a fin de optimizar el espacio y reducir la cantidad de huecos vacíos, el almacén se diseñará para dicha cantidad.

3.3.7.2. Estanterías Ángulo Ranurado

En segundo lugar, se realizará el análisis para las estanterías de ángulo ranurado, considerando también, que las mismas se colocarán en sentido longitudinal con respecto al lado de mayor ancho.

Se calcula la cantidad de calles, es decir, módulos en el ancho, mediante la Fórmula 5. En este caso, con el mismo criterio que para las estanterías selectivas pero con un espacio de seguridad de 0,02m, la variable Pm toma un valor de 0,92m. Mientras que A' es de 2,4m y Ap de 1,5m. Con estos datos, se obtiene 1 calle, es decir, 2 estanterías.

Luego, se calcula la cantidad de módulos en el largo a partir de la Fórmula 6. Para ello, se debe determinar el valor que toma la variable L. La estantería que irá sobre la pared, no será cortada por el pasillo transversal, por lo que al largo del almacén solo habrá que restarle la distancia a la pared (L=54,7m), dando como resultado 55 estantes. En cambio, aquellas estanterías que no van sobre la pared, sí serán cortadas por el pasillo transversal, obteniendo un largo de 50,2m y un valor de 60 estantes. En total, se alcanzan un total de 115 estantes.

$$Cantidad\ estantes\ cubiertos\ = \frac{L}{Ancho\ módulo} * calles \quad (6)$$

Por último, se determina el total de posiciones cubiertas al multiplicar la cantidad de estantes por la cantidad de niveles (5) resultando de 575. Se observa, que con la dimensión seleccionada se llega a cubrir la cantidad de posiciones necesarias (Tabla 3).

3.4. Plano del almacén

El nuevo almacén contará con siete zonas con el fin de alcanzar su óptimo funcionamiento. Las mismas se referencian en la Figura 6 con la siguiente numeración:

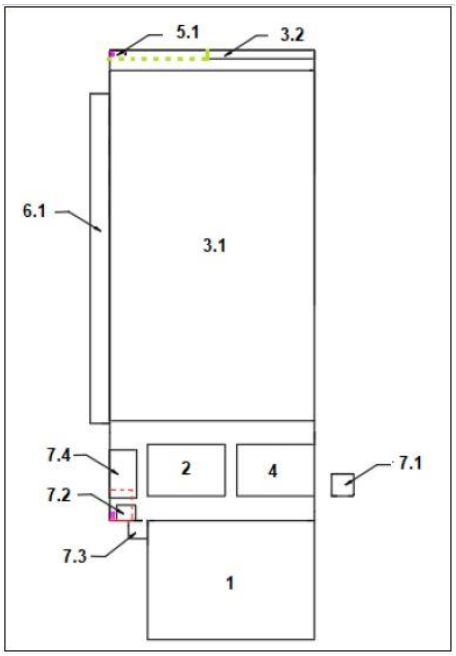


Figura 6 Plano del almacén

1. Zona carga y descarga
2. Zona de recepción y control
3. Zona de almacenamiento
3.1. Estanterías selectivas
3.2. Estanterías Ángulo Ranurado
4. Zona de preparación de pedidos y expedición
5. Zona de oficinas
5.1. Oficina de recepción (planta baja)
5.2. Primer piso administrativo (punteado verde)
6. Zona de servicios para el personal
6.1. Estacionamientos para el personal
6.2. Sanitarios y comedor sector administrativo (punteado verde, primer piso)
6.3. Sanitarios, vestuario y comedor sector de operarios (punteado rojo, primer piso)
7. Zonas especiales
7.1. Sala de carga de los EMM
7.2. Devoluciones de los clientes
7.3. Pallets vacíos
7.4. Talleres de armado

Cabe aclarar que los sectores correspondientes al primer piso, se encuentran delimitados por líneas punteadas. En cuanto a la sala de carga de los EMM, la misma estará alejada del almacén por el peligro de explosión ante la presencia de cualquier foco de ignición. Con el fin de facilitar su acceso, estará conectado al almacén por un pasillo techado.

4. RESULTADOS

Como resultado de este trabajo se obtuvo el diseño y dimensionamiento del almacén unificado para la empresa ATH S.A. El mismo contará con 7 zonas y una superficie destinada únicamente al almacenamiento de 6.374,5m^2, conformada por dos sectores de estanterías (selectivas y de ángulo ranurado). En cuanto al sector de estanterías selectivas, habrá un total de 19, y contará con 5.367 posiciones para almacenar los distintos productos. El sector de estanterías de ángulo ranurado, contará con 2 estanterías, con una capacidad de 575 posiciones.

5. CONCLUSIONES

A partir de la problemática inicial planteada y los datos brindados por la empresa, se diseñó un nuevo almacén centralizado. El mismo se diseñó para un total de 5.942 posiciones, siendo este número un 20% mayor que el de la cantidad de posiciones que actualmente posee el mismo. Por otro lado, la superficie de almacenamiento resultante calculada significa una reducción de la misma, respecto de la actual de aproximadamente un 33%. Esto se considera un doble propósito obtenido: un aumento de la capacidad de almacenamiento con una disminución de la superficie, habitualmente objetivos contrapuestos. El aprovechamiento en altura fue un elemento clave para poder lograr estos resultados. No obstante, esta solución requerirá de equipamiento de manejo de materiales adicionales.

La metodología propuesta por Meyers para el diseño de instalaciones de manufactura se aplicó de manera sencilla al diseño de los distintos sectores de servicios del almacén.

La metodología propuesta para el diseño del sector de almacenamiento propiamente dicho resulto en una herramienta robusta, que permitió sistematizar el proceso de diseño del mismo.

6. BIBLIOGRAFÍA

BAKER, P., & CANESSA, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. European Journal of Operational Research.

Código de Ordenamiento Territorial (COT). (2022). Extraído el 3 de septiembre de 2022, de https://appsvr.mardelplata.gob.ar/consultas/cot/index.asp

Esmelux. Carro de cromo con laterales de malla. Extraído el 8 de enero de 2022, de https://www.esmelux.com/carros-de-cromo-con-laterales-de-malla

GU, L., GOETSCHALCKX, M., & MCGINNIS, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. European Journal of Operation Research.

KELLEY COMPANY. (2000). Diseño moderno de andén. Kelley Company, Inc.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L. & MALHOTRA, M. (2008). Administración de operaciones. Octava edición. Pearson Educación.

MAULEÓN TORRES, M. (2003). Sistemas de almacenaje y picking. Díaz de Santos, S.A.

Mecalux. (2020). Estanterías de ángulo ranurado. Extraído el 5 de diciembre de 2021, de https://www.mecalux.com.ar/estanterias-metalicas-picking/estanterias-ranuradas

Mecalux. (2020). Racks selectivos. Extraído el 5 de diciembre de 2021, de https://mecaluxar.cdnwm.com/catalogos/racks-selectivos1.1.4.pdf

MEYERS, F. & STEPHENS, M. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales de manufactura. Pearson Education.

Ordenanza Municipal 11.662 de 1998 [Municipalidad del Partido de General Pueyrredón Departamento Deliberativo]. 26 de enero de 1998.

Resolución 886 de 2015 [Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social]. Superintendencia de riesgos del trabajo. 22 de abril de 2015.

ROUWENHORST, B., REUTER, B., STOCKRAHM, V., VAN-HOUTUM, G. J., & MANTEL, R. J. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. European Journal of Operational Research.

Toyota. Carretilla apiladora con conductor a pie. Extraído el 8 de enero de 2022, de https://media.toyota-forklifts.eu/published/23653_Original%20document_toyota%20mh.pdf

Toyota. Carretilla elevadora eléctrica. Extraído el 8 de enero de 2022, de https://media.toyota-forklifts.eu/published/21460_Original%20document_toyota%20mh.pdf

Toyota. Carretilla retráctil. Extraído el 8 de enero de 2022, de https://media.toyota-forklifts.eu/published/21504_Original%20document_toyota%20mh.pdf

Toyota. Transpaleta manual. Extraído el 8 de enero de 2022, de https://media.toyota-forklifts.eu/published/24106_Original%20document_toyota%20mh.pdf

DISEÑO DE UNA CADENA DE SUMINISTRO DE CICLO CERRADO PARA UNA PLAZA DE MERCADO

Ortiz González, Yenith Cristina

Escuela de Ingenierías y Tecnologías, Fundación Universitaria Monserrate UNIMONSERRATE.
ycortizg@unimonserrate.edu.co – induscris@yahoo.es

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general diseñar una cadena de suministros de ciclo cerrado para la plaza de mercado del municipio de Facatativá, y objetivos específicos son dos elaborar un diagnóstico de los procesos actuales y los actores que intervienen en la red de valor de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Estructurar la red de valor de ciclo cerrado con la identificación de los procesos y los actores que intervienen en la plaza de mercado del municipio de Facatativá. La metodología utilizada se divide en dos fases Fase 1: exploratoria y descriptiva. En esta fase, se recolecta la información por medio de un mapeo de actores y una clasificación proveedores, vendedores de la plaza, distribuidores y clientes, siendo esta fundamental para la fase 2: De estructuración. Con la información de la fase 1, estructura la red de valor de ciclo cerrado, para ello se utilizarán herramientas de logística integral para el diseño gráfico de la cadena propuesta para la plaza. Los resultados mostrar el Impacto en la capacidad científico-tecnológica con respecto a la Cadena de Suministros de Ciclo Cerrado (CSCC), como marco teórico fundamental. Este proyecto busca aportar nuevo conocimiento y multiplicación de experiencias, en el ámbito nacional como internacionales para el fortalecimiento de la Red de Valor de Ciclo Cerrado para las plazas de mercado de Colombia, partiendo de un caso de estudio. Impactos económicos. Generar herramientas que contribuyan a apoyar la toma de decisiones en procesos de desarrollo más sostenibles y responsables en pro de todos los actores. Impactos sociales. Cooperar con la Plaza de Mercado para que se proyecte como un centro de abastos para ayudar con la descongestión de la central de alimentos de Bogotá. Lograr la implementación de circuitos cortos de comercialización en los que los campesinos puedan vender sus productos, cumpliendo con todos los requisitos de bioseguridad.

Palabras Clave: Cadena de suministros de ciclo cerrado; Logística Inversa; Ciclo Cerrado; Logística Verde; Plaza de Mercado

ABSTRACT

The general objective of this research is to design a closed cycle supply chain for the market square of the municipality of Facatativá, and specific objectives such as elaborating a diagnosis of the current processes and the actors involved in the closed cycle value network of the market place of the municipality of Facatativá. Structure the closed cycle value network with the identification of the processes and actors involved in the market square of the municipality of Facatativá. The methodology used is divided into two Phase 1 phases: exploratory and descriptive. In this phase, the information is collected through a mapping of actors and a classification of suppliers, vendors of the square, distributors, and customers, this being fundamental for phase 2: Structuring. With the information of phase 1, the closed cycle value network is structured, for this purpose integral logistics tools will be used for the graphic design of the proposed chain for the square. The results show the Impact on scientific-technological capacity with respect to the Closed Cycle Supply Chain (CSCC), as a fundamental theoretical framework. This project seeks to provide new knowledge and multiplication of experiences, at the national and international level for the strengthening of the Closed Cycle Value Network for the marketplaces of Colombia, based on a case study. Economic impacts. Generate tools that contribute to support decision-making in more sustainable and responsible development processes for the benefit of all actors. Social impacts. Cooperate with the Market Square so that it is projected as a supply center to help with the decongestion of the Bogotá food plant. Achieve the implementation of short marketing circuits in which farmers can sell their products, complying with all biosecurity requirements.

Key words: Closed-loop supply chain; Reverse Logistics; Closed Cycle; Green Logistics; Market Square

1. INTRODUCCIÓN

La Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado es la representación de un proceso integrado que conjunta las actividades de la cadena de suministro tradicional y de Logística reversa en la búsqueda de una cadena de suministro bidireccional efectiva en costos y ambientalmente amigable (Chen et al., 2017). Por tal razón, esta investigación está centrada en diseñar la cadena de suministro de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá debido a que actualmente considerada como una de las mejores de Cundinamarca, porque todos los productos agropecuarios de primera calidad, sin pasar por intermediarios.

La presente investigación tiene como objetivo general diseñar una cadena de suministros de ciclo cerrado para la plaza de mercado del municipio de Facatativá, y dos objetivos específicos. Elaborar un diagnóstico de los procesos actuales y los actores que intervienen en la red de valor de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Estructurar la red de valor de ciclo cerrado con la identificación de los procesos y los actores que intervienen en la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Crear un aplicativo tecnológico para la implementación de la red de valor de ciclo cerrado en los procesos e incluyendo los actores. Para implementar una cadena de suministro bidireccional efectiva en costos y ambientalmente amigable.

1.1 Planteamiento del Problema y Justificación

La problemática principal encontrada es que la plaza no tiene una caracterización de sus actores, sus procesos y existe riesgo sanitario y ambiental en la distribución y comercialización de los productos. De esto surge la pregunta de investigación ¿Cómo una cadena de suministro de ciclo cerrado le permite a la plaza de mercado contribuir a los actores beneficios sociales, económicos y ambientales?

La Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado, busca cerrar el ciclo de la distribución inicial y el retorno de los productos y empaques; posteriormente, limita la emisión de energía y generación de desperdicio que son depositados en el medioambiente; para finalmente, proveer un bajo costo en el suministro de productos y derivados al cliente posiciona a la Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado como una cadena de suministro de enfoque proactivo ante la variable medioambiente.

Surge la necesidad a partir de las relaciones de todos los actores que intervienen en la plaza de mercado de Facatativá debido a que , puesto que el modelo de Red de Valor de Ciclo Cerrado, sé consólida como un modelo de negocio completo que incluye diferentes elementos; como la reducción de la huella de carbono, protección continua del medio ambiente y procesos logísticos que integren técnicas de manufactura verde para optimizar el ciclo de vida del producto.

1.2 Objetivo General

Diseñar una cadena de suministro de ciclo cerrado para la plaza de mercado del municipio de Facatativá.

1.3 Objetivos Específicos

- Elaborar un diagnóstico de los procesos actuales y los actores que intervienen en la red de valor de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá.
- Estructurar la red de valor de Ciclo Cerrado con la identificación de los procesos y los actores que intervienen en la plaza de mercado del municipio de Facatativá.

2. REFERENTE TEÓRICO

En la actualidad se reconoce que las organizaciones ya no compiten en el mercado como entidades individuales, sino que lo hacen como miembros de cadenas de suministro (Ali et al., 2017). Por tal razón para que sigan siendo competitivas tanto las empresas como las cadenas de suministro desarrollan distintos tipos de capacidades organizacionales, las cuales interactúan entre sí y generan un impacto en ambos niveles empresa y cadena (Ahmad et al., 2019). Por otra parte, es importante analizar la capacidad de absorción, la capacidad operativa de innovación, la capacidad

operativa de respuesta y la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro (Valles & Máynez, 2015).

2.1 Cadena de Suministro

Una cadena de suministro (CS) es el conjunto de actividades, instalaciones y medios de distribución necesarios para llevar a cabo el proceso de venta de un producto (Alkahtani & Kaid, 2018). Es la integración de la totalidad de las actividades asociadas al movimiento de bienes, desde la materia prima hasta la entrega al usuario final, para crear una ventaja competitiva sustentable (Duong et al., 2019). Por lo tanto, la cadena incluye la administración de sistemas, fuentes, programación de la producción, procesamiento de pedidos, dirección del inventario, transporte, almacenaje y servicio del cliente (Adhiatma et al., 2020).

También, es el conjunto de empresas eficientemente integradas por los proveedores, los fabricantes, distribuidores y vendedores mayoristas o detallistas coordinados, que buscan ubicar uno o más productos en las cantidades correctas, en los lugares correctos y en el tiempo preciso, buscando el menor costo de las actividades de valor de los integrantes de la cadena y satisfacer los requerimientos de los consumidores (Lambert & Pohlen, 2001). De igual forma, es un proceso que busca alcanzar una visión clara del suministro, basado en el trabajo conjunto de clientes, consumidores y vendedores para anular los costos que no agregan valor, mejorando la calidad, el cumplimiento de los pedidos, mayor velocidad y para introducir nuevos productos y tecnologías (Porter, 2015).

De acuerdo a lo anterior, se define la Cadena de Suministro -CS- como una red de instalaciones de distribución que realiza las funciones de obtención de materiales, transformación en productos intermedios y terminados y distribución a los clientes. Sin embargo, se encuentra la Cadena de Suministro Inversa la cual es la que se el flujo hacia atrás desde el cliente al suministrador (o disposición alternativa) con el objetivo de recuperar el valor del artículo retornado o minimizar los costes logísticos totales (Bastas & Liyanage, 2018).

2.2 Cadena de suministros de Ciclo Cerrado

La Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado (CSCC) es la representación de un proceso integrado, que agrupa actividades de la cadena de suministro tradicional y de logística de reversa, es la cadena de suministro bidireccional la cual es efectiva en costos y ambientalmente amigable. Al incorporar la Logística Reversa al proceso de negocios de la cadena de suministro tradicional, la Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado, se busca cerrar el ciclo de la distribución inicial y el retorno de los productos y empaques; posteriormente, limita la emisión de energía y generación de desperdicio que son depositados en el medioambiente; para finalmente, proveer un bajo costo en el suministro de productos y derivados al cliente. La Cadena de Suministro de Ciclo Cerrado (CSCC) es la que integra la cadena de suministro tradicional y la de Logística inversa (Ritola et al., 2022).

El objetivo principal de la CSCC es la creación de un circuito cerrado que facilite la continua reincorporación de los materiales, productos y empaques una y otra vez en el proceso productivo (Ghahremani-Nahr et al., 2020). En este tipo de cadenas se ve la importancia que juega la redistribución de los productos y empaques recuperados en la creación de un ciclo cerrado de producción y abastecimiento (Sahebi et al., 2019). Se resalta que la CSCC hace lo mismo que la cadena de suministro tradicional (abierta), pero además, contribuye a la sustentabilidad y sostenibilidad de las futuras generaciones(Rafigh et al., 2021).

Por ello, La CSCC Consiste en la unión de la cadena Directa y la Inversa. La directa implica principalmente el movimiento de productos desde los suministradores corriente arriba a los clientes corriente abajo, mientras que la inversa implica el movimiento de productos desde el cliente hacia la cadena de suministro corriente arriba para un posible reciclado o reutilización . Es posible distinguir entre dos diseños diferentes: La cadena de ciclo cerrado secuencial, en la cual el flujo inverso es independiente del flujo directo y la integrada, en la cual las rutas en el flujo inverso son las mismas que en el directo, así como el modelo de transporte con el objeto de optimizar los costes de transporte (Chen et al., 2017).

2.3 Los actores de la CSCC

Los actores de la CSCC juegan un papel principal debido a que estructuran la cadena y establecen los roles dentro y fuera de ella según como plantea Ballou (2004) los principales son los siguientes:

- **Proveedores**

Elemento inicial de la cadena de abastecimiento, se definen como las personas física u organizaciones que habitual o periódicamente ofrece, distribuye, vende, arrienda o concede el uso o disfrute de bienes, productos y servicios. Un proveedor certificado permitirá ofrecer productos con los requerimientos necesarios por el fabricante y permitirá asegurar su calidad y el tiempo de entrega en el momento y lugar adecuado.

- **Fabricantes (VENDEDORES PLAZA)**

Un fabricante se dedica a transformar materia prima para la construcción de un producto. La fábrica se dedica a elaborar productos o servicios que se encuentran regidos por los requerimientos y especificaciones de los clientes. La fábrica es parte esencial en la calidad en la elaboración de productos terminados.

- **Distribuidores**

Es aquella persona u organización que se encarga de distribuir los productos terminados en los puntos de venta que tienen contacto con el consumidor final. Es una parte vital de la cadena de abastecimiento debido a que una inadecuada manipulación del producto puede anular todo el proceso de calidad realizado en la fábrica.

- **Detallistas**

Es un Comerciante que vende al por menor o detal una mercancía. Es el punto de contacto directo con el cliente o consumidor final, por esto es necesario ofrecer un óptimo servicio y una presentación adecuada del producto a ofrecer.

- **Clientes o Consumidor**

Es la persona u organización que adquiere, realiza o disfruta de bienes, productos o servicios. Parte vital de la cadena de abastecimiento, debido a que estos son la razón de ser del negocio.

En el caso particular de la plaza de mercado de Facatativá se encuentran actores que se ubican en la parte de afuera de la plaza los cuales son los vendedores ambulantes quienes desempeñan un rol importante.

3. METODOLOGÍA

Es una investigación mixta debido a que se contempla un enfoque cuantitativo y cualitativo, es transversal y también será exploratoria y descriptiva. Correlacional – causal ya que intervienen diferentes variables (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La metodología se desarrolla en 2 fases:

3.1.1 Fase 1. Exploratoria y descriptiva. En esta fase, se recolecta la información, para describir los procesos actuales y participación de los diferentes actores, con el cual se establecerán las características fundamentales para la fase estructuración.

3.1.2 Fase 2. De estructuración. Con la información de la fase 1, estructura la red de valor de ciclo cerrado, para ello se utilizarán herramientas de logística integral.

3.2 Población objetiva

Todos los actores de la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Técnica de recolección de datos. Revisión bibliográfica, observación en campo, entrevista a expertos y consulta de actores a través de encuestas y entrevistas.

4. RESULTADOS

4.1 Resultados fase 1

Se elaboró un instrumento para hacer un Diagnóstico de los procesos actuales y los actores que intervienen en la red de valor de ciclo cerrado de la plaza de mercado del municipio de Facatativá. Se clasificó los actores y procesos por cada uno de los eslabones de la cadena y actores Logística de entrada intervienen proveedor del proveedor, proveedores, logística interna(operación) intervienen todos los actores de la plaza los diferentes puestos de venta logística de salida transporte y distribución, clientes y cliente del cliente.

4.1.1 ESLABÓN 1. Logística de entrada. Se encuentra lo siguiente todo está presentado en tablas, por la estructura del formato de este escrito se hace un resumen en texto:

4.1.2 clasificación de la producción agrícola municipio de Facatativá

1. **PRODUCTOS TRANSITORIOS**

Cultivos/variedad/producción tonelada/anual: papa R6, papa criolla, arveja maíz tecnificado lechuga zanahoria cebada.

2. **PRODUCTOS PERMANENTES**

Fresa monterrey, tomate de árbol amarillo, feijoa santa Ana, durazno dorado, mora castilla, plantas aromáticas varias.

4.1.3 Municipios proveedores

Villeta, Vergara, Utica, Supatá, Sasaima, Quebrada Negra, San Francisco, Nocaima , Nimaima, La Peña, La Vega, Albán, Cachipay, Caparrapí, Anolaima, La Mesa, Guayabal, S. Juan de Rioseco, Vianí, Bitume.

Figura 1. Caracterización de los actores municipios

4.1.4 ESLABÓN 2. Logística Interna

La plaza de mercado actual ocupa 11.977m2 de los cuales son útiles 3.250m2 un 27% del área total, comercializando 56 toneladas semanales representadas en 93 millones

Proveedores- listado de proveedores

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA MUNICIPIO DE FACATATIVÁ
(Priorizada por los principales productos)

	CULTIVOS	VARIEDAD	PRODUCCION TN/ANUAL
TRANSITORIOS	PAPA	R-12	10.930
	PAPA	SUPREMA	3.092
	PAPA CRIOLLA	YEMA DE HUEVO	3.384
	ARVEJA	SANTA ISABEL	3.041
	MAIZ TECNIFICADO	ICA V 508	1.328
	LECHUGA	BATAVIA	1.555
	ZANAHORIA	HIBRIDOS	1.269
	CEBADA	EXPLORER	569
PERMANENTES	FRESA	MONTERREY	16.058
	TOMATE DE ARBOL	AMARILLO	306
	FEIJOA	SANTA ANA	24
	DURAZNO	DORADO	66
	MORA	CASTILLA	10
	PLANTAS AROMATICAS	VARIAS	11.50
			4.90

Figura 2. Caracterización de los principales productos

4.1.5 ESLABÓN 3. Logística de salida

La plaza de mercado está comercializando semanalmente 56 toneladas promedio de alimentos valorizados en 93 millones de pesos semanales , 396 millones mensuales (en época de pandemia).

4.1.6 ESLABÓN 4. Logística de Transporte y Distribución

No se encontró registro de datos

4.1.7 ESLABÓN 5. Logística Inversa

No se tiene un área de disposición final, ni se hace manejo de residuos

4.1.8 ESLABÓN 6. FINANCIERO (costos)

No se encontraron datos.

4.2 Resultados fase 2

Se diseñó por medio de una gráfica la posición de los actores y eslabones de la cadena. Proveedores- plaza- clientes (internos, externos)

4.2.1 Diseños de la Cadena tradicional

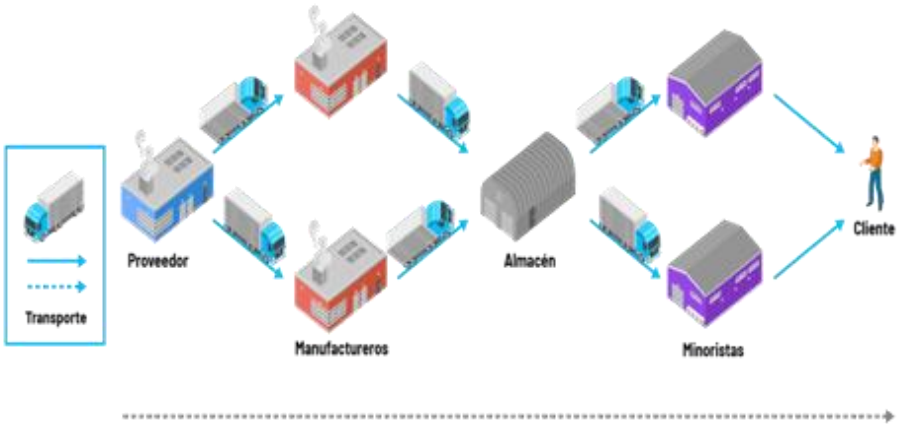


Figura 3. Diagrama Cadena Tradicional

4.2.2 Diseños de la Cadena inversa

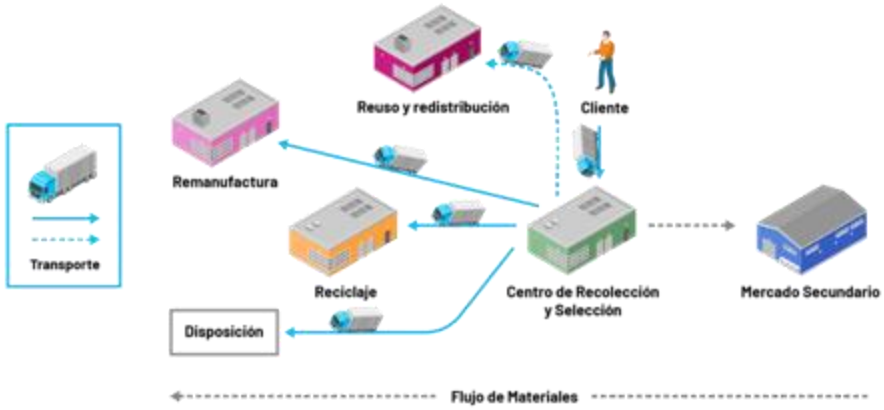


Figura 4. Diagrama Cadena Inversa

4.2.3 Diseños de la Cadena de Ciclo Cerrado

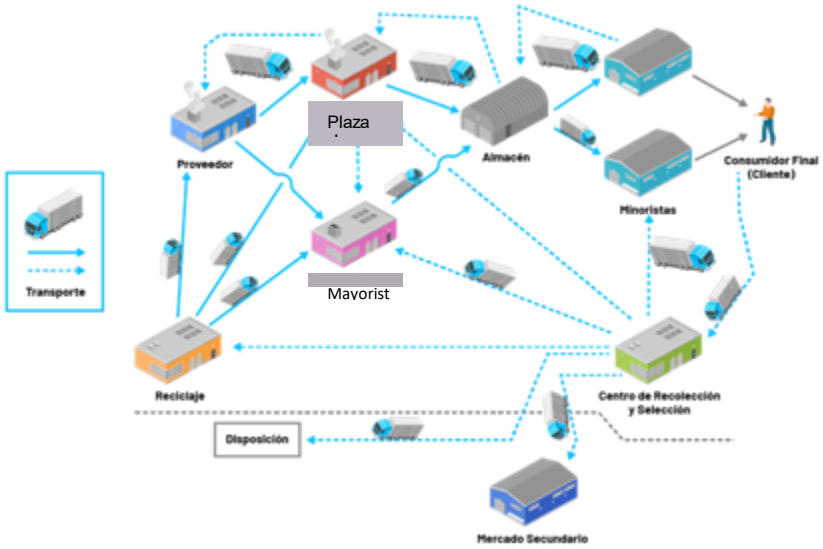


Figura 5. Diagrama Cadena Ciclo Cerrado

4.2.3 Diseños de la Cadena de Ciclo Cerrado propuesta para la plaza de mercado de Facatativá

Después de integrar el comportamiento de las cadenas, se elabora el diagrama que será el propuesto para la plaza.

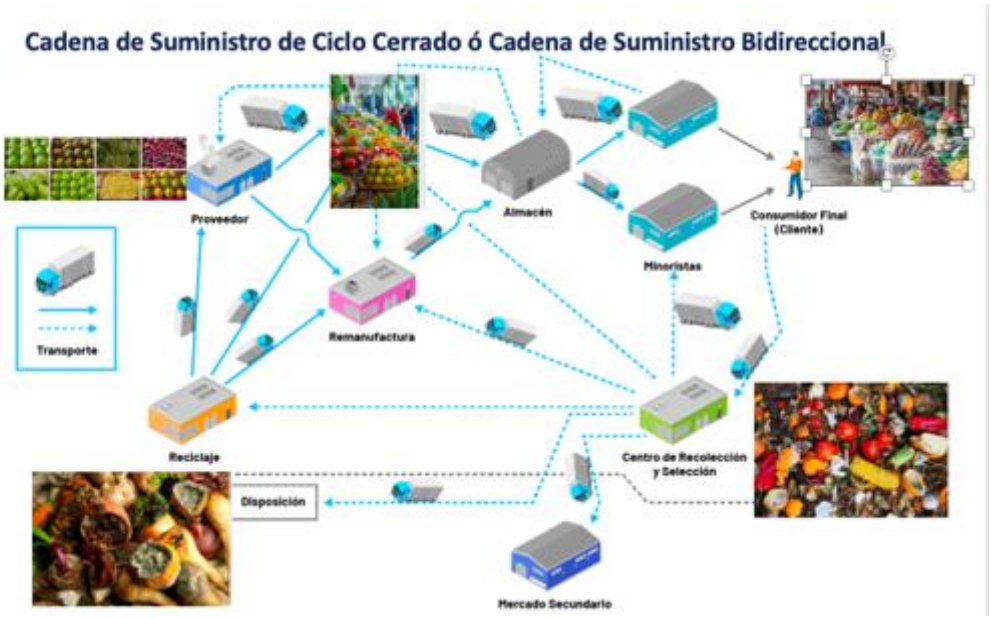


Figura 6. Diagrama Cadena Ciclo Cerrado propuesto

5. CONCLUSIONES

- Por medio de una Cadena de Suministros de Ciclo Cerrado CSCC se puede lograr la implementación circuitos cortos de comercialización en los que los campesinos puedan vender sus productos sin ningún inconveniente, cumpliendo con todos los requisitos de bioseguridad.

- Reconocer a nivel teórico que la CSCC permite una integración en la Plaza de Mercado objeto de estudio.

- La caracterización de los actores permite ver con mayor claridad como cada eslabón de la cadena tradicional se alimenta del otro, hasta formar una sola cadena que disminuya costos de operación.

- Una CSCC permite generar herramientas que contribuyan a apoyar la toma de decisiones en procesos de desarrollo más sostenibles y responsables en pro de todos los actores.

- Cooperar con la Plaza de Mercado para que se proyecte como un centro de abastos para ayudar con la descongestión de la central de alimentos de Bogotá.

- La CSCC permite reconocer los actores y aportar a la sostenibilidad de los mismos.

- Este proyecto desarrollará nuevo conocimiento y multiplicación de experiencias, en el ámbito nacional como internacionales para el fortalecimiento de la Red de Valor de Ciclo Cerrado para las plazas de mercado de Colombia.

5.1 Perspectivas de trabajo futuro

Elaborar el modelo de la cadena sostenible para la plaza y validarlo por medio de un software.

Agradecimientos: A la UNIMONSERRATE por apoyar la presente investigación y a la plaza de mercado del Municipio de Facatativá (Cundinamarca-Colombia).

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

6. REFERENCIAS

Adhiatma, A., Fachrunnisa, O., & Mustafa. (2020). Digital Knowledge Supply Chain for Creative Industry: A Conceptual Framework. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *993*, 914–924. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22354-0_85

Ahmad, M. F., Zamri, S. F., Hamid, N. A., Ahmad, A. N. A., Rahman, N. A. A., & Nawi, M. N. M. (2019). Comparative study of business excellence enablers between small and medium enterprises and multinational companies: A TQM survey result. *International Journal of Supply Chain Management*, *8*(1), 58–63.

Ali, M. H., Zhan, Y., Alam, S. S., Tse, Y. K., & Tan, K. H. (2017). Food supply chain integrity: The need to go beyond certification. *Industrial Management and Data Systems*, *117*(8), 1589–1611. https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2016-0357

Alkahtani, M., & Kaid, H. (2018). Supplier selection in supply chain management: A review study. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, *10*(2), 107–130. https://doi.org/10.1504/IJBPSCM.2018.098305

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.

Bastas, A., & Liyanage, K. (2018). Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, *181*, 726–744. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.110

Chen, X., Chuluunsukh, A., Yun, Y., & Gen, M. (2017). Design of Closed-Loop Supply Chain Model with Efficient Operation Strategy. *Proceedings of the Eleventh International Conference on Management Science and Engineering Management*, 962. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59280-0_79

Duong, B. A. T., Truong, H. Q., Sameiro, M., Sampaio, P., Fernandes, A. C., Vilhena, E., Bui, L. T. C., & Yadohisa, H. (2019). Supply chain management and organizational performance: The resonant influence. *International Journal of Quality and Reliability Management*. Scopus. https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2017-0245

Ghahremani-Nahr, J., Nozari, H., & Najafi, S. E. (2020). Design a green closed loop supply chain network by considering discount under uncertainty. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, *7*(3), 238–266. https://doi.org/10.22105/JARIE.2020.251240.1198

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill Mexico.

Lambert, D. M., & Pohlen, T. L. (2001). Supply Chain Metrics. *The International Journal of Logistics Management*, *12*(1), 1–19. https://doi.org/10.1108/09574090110806190

Porter, M. E. (2015). *Ventaja competitiva: Creación y sostenimiento de un desempeño superior (2a. ed.)*. Grupo Editorial Patria. http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblioamericasp/detail.action?docID=4824579

Rafigh, P., Akbari, A. A., Bidhandi, H. M., & Kashan, A. H. (2021). Sustainable closed-loop supply chain network under uncertainty: A response to the COVID-19 pandemic. *Environmental Science and Pollution Research*. https://doi.org/10.1007/s11356-021-16077-6

Ritola, I., Krikke, H., & Caniëls, M. C. J. (2022). Learning-based dynamic capabilities in closed-loop supply chains: An expert study. *The International Journal of Logistics Management*, *33*(5), 69–84. https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2021-0044

Sahebi, I. G., Masoomi, B., Ghorbani, S., & Uslu, T. (2019). Scenario-based designing of closed-loop supply chain with uncertainty in returned products. *Decision Science Letters*, *8*(4), 505–518. https://doi.org/10.5267/j.dsl.2019.4.003

Valles Monge, L., & Máynez Guaderrama, A. (2015). Capacidades de absorción, innovación y respuesta: Su influencia en la agilidad de cadena de suministro. *Cultura Científica y Tecnológica*, *12*(56), 107–121.

Una metaheurística biobjetivo para el problema de secuenciación de trabajos repetitivos en una configuración productiva *flowshop heijunka*

Zalba, Valentina [(1)]; Toncovich, Adrián Andrés [(2)]

[(1)] *Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).*
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. zalbavalentina@gmail.com.
[(2)] *Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).*
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. atoncovi@uns.edu.ar.

RESUMEN

En este trabajo se abordó el problema de secuenciación en un ambiente *flowshop*, teniendo en cuenta demandas no unitarias para los trabajos, buscando minimizar el tiempo total de finalización de todos los trabajos ($C_{máx}$) a la vez que se persigue mantener una mezcla de producción adecuada a lo largo de la secuencia. Se propuso un procedimiento para resolver el problema: una metaheurística biobjetivo basada en recocido simulado y búsqueda tabú. El algoritmo biobjetivo propuesto generó un conjunto de soluciones que representa una aproximación a la frontera óptima de Pareto. Se desarrolló un trabajo experimental para evaluar el rendimiento de la técnica utilizada, recurriendo para esto al conjunto de instancias correspondientes a un problema de escala industrial, obteniéndose un desempeño preliminar satisfactorio tanto en cuanto a la calidad de los conjuntos de soluciones obtenidos, así como al esfuerzo computacional requerido. A través del enfoque de solución adoptado, aplicado al caso de estudio analizado, se pueden seleccionar secuencias que representen un compromiso adecuado entre los tiempos de suministro de producción y el establecimiento de un flujo uniforme de trabajo en la instalación.

Palabras clave: Secuenciación - *Flowshop* - *Heijunka* - Metaheurísticas - *Recocido simulado* - Búsqueda Tabú - Optimización de Pareto

ABSTRACT

In this paper, a sequencing problem in a flowshop environment was studied, taking into account non-unitary demands for jobs, seeking to minimize the total completion time of all jobs ($C_{máx}$) while maintaining an adequate production mix throughout the sequence. A procedure to solve the problem was proposed: a bi-objective metaheuristic based on simulated annealing and tabu search. The proposed bi-objective algorithm generated a set of solutions that represents an approximation to the Pareto optimal frontier. An experimental work was developed to evaluate the performance of the technique used, resorting to the set of instances corresponding to a problem of industrial scale, obtaining a satisfactory preliminary performance both in terms of the quality of the sets of solutions obtained, as well as the computational effort required. Through the adopted solution approach, applied to the analyzed case of study, sequences that represent an adequate compromise between production lead times and the establishment of a uniform work flow in the facility can be selected.

Keywords: Sequencing - Flowshop - Heijunka - Metaheuristics - Simulated Annealing - Taboo Search - Pareto Optimization.

1. INTRODUCCIÓN

El ambiente crecientemente competitivo en el que desenvuelven actualmente sus actividades las empresas industriales requiere el permanente desarrollo de técnicas y procedimientos innovadores que contribuyan positivamente en el proceso de toma de decisiones. Estas herramientas deben están diseñadas de forma adecuada para proporcionar soluciones que resulten altamente competitivas y de calidad y que puedan obtenerse, igualmente, en tiempos reducidos. La generación de programas de operaciones en instalaciones de manufactura constituye uno de los problemas que frecuentemente debe plantearse mediante estos métodos. En entornos reales, la factibilidad de alcanzar soluciones óptimas se encuentra restringida, en gran parte, por la alta complejidad computacional que caracteriza a estos problemas ([1], [2]). Es por ello que resulta necesario, dados los inconvenientes que plantea la obtención de programas óptimos, disponer de estrategias apropiadas que faciliten la resolución de los problemas implicados, invirtiendo un esfuerzo de cómputo razonable, proporcionando soluciones competentes, que tengan en cuenta las consecuencias significativas de la programación de operaciones sobre la rentabilidad de las instalaciones productivas ([1], [2], [3]).

Las materias primas y diversos componentes experimentan diversas transformaciones que los convierten en productos finales a través de las diferentes operaciones que conforman los procesos de fabricación. En términos generales, cualquier problema de programación de operaciones se podría modelar empleando un enfoque de programación matemática [4]. En este trabajo se aborda específicamente el problema de secuenciación de trabajos repetitivos en un entorno *flowshop* permutativo *just-in-time*. Este problema consiste en encontrar la mejor secuencia de producción para un conjunto de trabajos repetitivos (no unitarios) que se deben procesar en una línea de fabricación/montaje constituida por una serie máquinas/equipos, respetando que todos los trabajos sigan la misma secuencia de trabajo a través de las máquinas de la línea y que todas las máquinas procesen los trabajos empleando la misma secuencia, en el marco de los requerimientos establecidos para el funcionamiento de los sistemas *just-in-time* que plantean, entre otros aspectos, la nivelación de la producción (*heijunka*) en función de la demanda sobre intervalos cortos de tiempo [5].

El objetivo de este trabajo consiste, entonces, en presentar un procedimiento general eficiente para generar secuencias de buena calidad en sistemas productivos del tipo *flowshop* bajo un entorno *just-in-time*. Las métricas de eficiencia a las que se recurre para determinar la calidad de las secuencias están dadas por el *makespan* ($C_{máx}$) y una medida que tiene en cuenta el nivelado de la producción. El *makespan* constituye una de las métricas de rendimiento más empleada con el fin de evaluar la calidad de las soluciones en problemas de secuenciación y se puede definir como el tiempo total de fabricación requerido para terminar de producir todos los trabajos emitidos o próximos a emitirse en la instalación dentro de un horizonte de planificación dado [4]. Por otra parte, en este trabajo, el objetivo asociado con el nivelado de la producción se expresa a través de la minimización del valor de la desviación *heijunka* (DH), que representa la cantidad de veces que no se respeta en la secuencia considerada la mezcla de producción requerida para cada tipo de producto/trabajo que se produce en la línea.

A lo largo de los años, la resolución de problemas de secuenciación se ha planteado a través de diversos enfoques, tanto aproximaciones exactas como heurísticas se han aplicado para diseñar algoritmos adaptados a distintas configuraciones productivas [6]. Los procedimientos metaheurísticos se destacan entre los enfoques aproximados por proporcionar un adecuado balance entre la calidad de las soluciones que entregan y el esfuerzo computacional requerido para generarlas, por lo cual han generado una significativa aceptación. Particularmente, la metodología empleada para abordar problema en cuestión está basada en una estrategia metaheurística que puede caracterizarse como una versión multiobjetivo de la metaheurística recocido simulado que incluye además elementos propios de la metaheurística búsqueda tabú.

Además, en este trabajo se introduce una formulación de programación matemática para problema de secuenciación que, debido a su naturaleza fuertemente combinatoria, como se expresó antes se resuelve mediante una metodología de solución adecuada. Este enfoque metaheurístico genera un conjunto de soluciones que permite aproximarse al frente o frontera óptima de Pareto [7]. Se desarrolla un trabajo experimental para evaluar el rendimiento de la técnica propuesta utilizando problemas de tamaño reducido en una primera etapa y posteriormente recurriendo al conjunto de instancias Nissan-9Eng.I [8].

El trabajo está organizado de acuerdo con la estructura que se consigna seguidamente. En la Sección 2 se describe el problema de secuenciación just-in-time y la formulación de programación matemática biobjetivo correspondiente. Luego, en la Sección 3 se presentan los conceptos relevantes relacionados con la metodología de solución propuesta para resolver el problema, basada parcialmente en contribuciones previas del segundo autor ([9], [10], [11] ,[12]). En la Sección 4 se realizan algunas consideraciones con respecto a la implementación realizada y los resultados preliminares encontrados. Por último, la Sección 5 expone las conclusiones del trabajo y las líneas de investigación futuras.

2. EL PROBLEMA DE SECUENCIACIÓN *JUST-IN-TIME*

La metodología *just-in-time* (JIT) plantea como objetivo general, que sirve de guía en su aplicación, la fabricación de artículos de calidad superior, a lo largo de un proceso productivo que recurra al mínimo inventario posible y elimine cualquier tipo de desperdicio o gasto innecesario, con el fin de atender las necesidades de los clientes precisamente cuando se plantean, exactamente en las cantidades requeridas [5]. La reducción de los tiempos de suministro de fabricación, el incremento del "ancho de banda", la mejora de la calidad a través de la aplicación de los principios de la mejora continua y la disminución de costos, por medio de la implementación de un sistema logístico de "arrastre" o sistema "*pull*", son los resultados esperados de la implementación de la estrategia básica asociada con la metodología de producción JIT.

Las técnicas de producción JIT constituyen un conjunto de procedimientos tecnológicos y de gestión que se implementan con el fin de alcanzar los resultados indicados antes, para obtener un flujo de materiales que posea una adecuada flexibilidad y vea facilitado su ajuste a las fluctuaciones de la demanda, buscando, al mismo tiempo, minimizar el volumen del desperdicio generado durante el proceso de manufactura [13]. Un efecto significativo sobre la generación de las secuencias de producción viene determinado por la técnica JIT denominada nivelado de la producción o *heijunka*. El nivelado de la producción implica la definición de cantidades diarias de producción que no sufran variaciones significativas. Dichas cantidades establecen patrones de actividad que les dan a los responsables de los puestos de trabajo una perspectiva respecto de los requerimientos que se generarán en el corto plazo, no constituyen necesariamente las cantidades estrictas que se deberán producir. Las cantidades determinadas por el nivelado de la producción permiten estimar, de forma aproximada, los recursos requeridos para producir, a partir de lo cual se puede establecer una programación definitiva.

La obtención de una gran diversidad diaria de lotes de tamaño reducido, que se contrapone a la producción de series largas de un artículo único, representa el resultado que se espera alcanzar mediante un programa de producción nivelado. Las eventuales variaciones de la demanda podrán absorberse de forma más efectiva mediante un plan que posea dichas características.

Con el fin de determinar secuencias niveladas en líneas de producción dedicadas a la fabricación tipos o modelos de artículos heterogéneos uno de los criterios aplicados usualmente viene dado por la estabilidad de la tasa de consumo de materiales o componentes ([14], [15], [16]).

Refiriéndonos concretamente a este trabajo, con el fin de tener en cuenta los requerimientos concernientes a la nivelación de la producción, característicos de los sistemas JIT, que a su vez facilitan la implementación de estrategias de personalización masiva, características de los entornos Industria 4.0, se plantea el objetivo de minimizar la desviación *heijunka* (DH), calculada como la frecuencia con la que no se respeta la mezcla de producción requerida en la secuencia considerada [8]. Por otra parte, se adiciona como medida de desempeño de las secuencias la minimización del *makespan* ($C_{máx}$), calculado como el valor máximo entre los tiempos de terminación de todos los trabajos, para considerar los criterios de eficiencia y utilización de los recursos productivos.

Las hipótesis fundamentales adoptadas para la modelación del problema se introducen seguidamente:

- La configuración del sistema productivo corresponde a la estructura de un *flowshop* permutativo. Las secuencias de trabajo pueden considerarse equivalente para todos los trabajos, debido a que necesariamente todos los productos/trabajos deben ser procesados en todas las máquinas siguiendo el mismo orden de procesamiento.
- El análisis se ha limitado al caso determinístico en el que se asumen conocidos el número de productos/trabajos que deben secuenciarse y sus respectivos tiempos de procesamiento.

- Cada trabajo puede procesarse a lo sumo en una única máquina en un instante de tiempo dado. Igualmente, cada máquina puede procesar un único trabajo por vez y todas las máquinas están disponibles en todo momento para procesar los trabajos cuando sea necesario. No existen prioridades de procesamiento entre los trabajos en cada máquina.
- El tiempo de traslado de los trabajos de una máquina a la siguiente se considera despreciable.
- No existen restricciones en cuanto al espacio de almacenamiento intermedio entre máquinas/estaciones de la línea de producción.
- El tiempo de preparación (*setup*) asociado al cambio de producto en una estación/máquina de la línea de producción es nulo o despreciable.

2.1. Modelo matemático del problema

Esta sección describe formalmente el problema bajo análisis utilizando una formulación de programación matemática multicriterio, que puede resolverse utilizando un *software* de optimización general de programación entera mixta.
Los índices y parámetros del modelo se definen de la siguiente manera:

i: Índice asociado con el tipo de producto/trabajo; $i = 1, \dots, I$.

j: Índice asociado con el producto/trabajo; $j = 1, \dots, N$.

k: Etapa dentro de la secuencia de fabricación de D productos/trabajos; $k = 1, \dots, D$.

l: Índice asociado con la máquina/estación de la línea de producción; $l = 1, \dots, M$.

p_{jl}: Tiempo de procesamiento del producto/trabajo j en la máquina l ($p_{jl} > 0$).

d_i: Cantidad demandada del tipo de producto/trabajo i.

D: Sumatoria de las cantidades demandadas de los distintos tipos de productos/trabajos.

λ_i: Mezcla de producción (proporción) ideal del tipo de producto/trabajo i: $\lambda_i = \frac{d_i}{D}$.

r_{ij}: Parámetro de valor $\begin{cases} 1 \text{ si el producto/trabajo } j \text{ pertenece al tipo } i; \\ 0 \text{ en caso contrario.} \end{cases}$

Las variables de decisión del problema se describen a continuación:

X_{jk}: Variable binaria $\begin{cases} 1 \text{ si el producto/trabajo } j \text{ se asigna en la posición } k \text{ de la secuencia;} \\ 0 \text{ en cualquier otro caso.} \end{cases}$

P_{kl}: Tiempo de procesamiento del producto/trabajo situado en la posición k de la secuencia en la máquina l.

B_{kl}: Tiempo de inicio de operación del producto/trabajo situado en el lugar k de la secuencia en la máquina l.

C_{kl}: Tiempo de finalización de la operación del producto/trabajo situado en la posición k de la secuencia en la máquina l.

$C_{máx}$: *Makespan*, tiempo máximo de finalización del último producto/trabajo procesado en la última máquina.

Y_{ik}: Cantidad de unidades del tipo de producto/trabajo i producidas hasta la etapa k.

Seguidamente se introduce el modelo de programación matemática para el problema:

$$Minimizar\{\ f_1 = C_{máx};\ f_2 = \sum_{i=1}^{I}\sum_{k=1}^{D} min(1;\ |Y_{ik} - \lfloor \lambda_i k \rfloor|) \times min(1;\ |Y_{ik} - \lceil \lambda_i k \rceil|)\} \quad (1)$$

$Sujeto\ a$:

$$\sum_{j=1}^{N} X_{jk} = 1 \quad k = 1,\dots,D \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^{D} X_{jk} = 1 \quad j = 1,\dots,N \tag{3}$$

$$Y_{ik} = \sum_{j=1}^{N} \sum_{q=1}^{k} X_{jq} r_{ij} = 1 \quad i = 1,\dots,I \ y \ k = 1,\dots,D \tag{4}$$

$$P_{kl} = \sum_{j=1}^{N} X_{jk} p_{jl} \quad k = 1,\dots,D \ y \ l = 1,\dots,M \tag{5}$$

$$C_{kl} = B_{kl} + P_{kl} \quad k = 1,\dots,D \ y \ l = 1,\dots,M \tag{6}$$

$$B_{kl} \geq C_{(k-1)l} \quad k = 2,\dots,D \ y \ l = 1,\dots,M \tag{7}$$

$$B_{kl} \geq C_{k(l-1)} \quad l = 2,\dots,M, k = 1,\dots,D \tag{8}$$

$$C_{máx} \geq C_{kM} \quad k = 1,\dots,D \tag{9}$$

$$B_{k1} \geq 0 \quad k = 1,\dots,N \tag{10}$$

$$X_{jk} \in \{0,1\} \quad j = 1,\dots,N \ y \ k = 1,\dots,D \tag{11}$$

La Ecuación (1) introduce los objetivos del problema: minimización del *makespan* ($C_{máx}$) y de la desviación *heijunka* (DH). Las Ecuaciones (2) y (3) exigen, por un lado, que, en toda máquina, solamente un producto/trabajo sea asignado a cada posición de la secuencia, y, por el otro, que una única posición de la secuencia sea asignada a cada producto/trabajo en toda máquina. La Ecuación (4) determina la cantidad de unidades del producto/trabajo tipo i secuenciados hasta la posición k de la secuencia.

La Ecuación (5) determina el tiempo de procesamiento del producto/trabajo situado en la posición k de la secuencia en la máquina l. La Ecuación (6) define el tiempo de terminación de la operación del trabajo/producto asignado a la posición k de la secuencia en la máquina l. Por otro lado, el inicio de la operación del trabajo/producto asignado a la posición k de la secuencia en la máquina l debe ser mayor o igual que el tiempo de terminación de la operación previa en la misma máquina (Ecuación (7)). La Ecuación (8) requiere que el comienzo de la operación del producto/trabajo situado en la posición k de la secuencia en la máquina l sea mayor o igual que el tiempo de terminación de la operación previa del mismo producto/trabajo. Por su parte, la Ecuación (9) define el *makespan* como el tiempo máximo de finalización de todos los trabajos. La Ecuación (10) restringe el comienzo de la primera operación del producto/trabajo j. La Ecuación (11) define las variables binarias del modelo.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En esta sección, primeramente, se presentan algunos conceptos vinculados con los procesos de toma de decisiones multicriterio y la optimización multiobjetivo que resultan relevantes para la definición de una metodología de solución para el problema considerado. Luego se introduce el procedimiento basado en el recocido simulado que se propone para abordar el problema de secuenciación biobjetivo planteado en la sección anterior.

3.1. Toma de decisiones multicriterio y optimización multiobjetivo

En los problemas de optimización combinatoria se trata de determinar la configuración óptima de un conjunto de elementos discretos persiguiendo se verifiquen ciertas condiciones y restricciones determinadas. Además, en el caso de que el problema sea multiobjetivo, se tiene más de un criterio para valorar la calidad de una dada configuración (solución), por lo cual se asigna un objetivo (minimización o maximización) a cada uno de estos criterios [17].

La forma en que se combinan los procesos de búsqueda y de toma de decisiones constituye la primera determinación que debe efectuarse en relación con un problema de optimización multiobjetivo. Esto puede concretarse de acuerdo con una de las siguientes alternativas [18]:

- Tomar decisiones (establecer prioridades) y buscar después (estrategia *a priori*): el usuario determina prioridades para cada uno de los objetivos y, luego, se desarrolla la búsqueda de una o varias soluciones que consideren estas prioridades.
- Buscar y luego tomar decisiones (estrategia *a posteriori* o generadora): en primera instancia, se genera un conjunto de soluciones y posteriormente el usuario debe elegir la más conveniente.

- Proceso interactivo de búsqueda y toma de decisiones: el usuario participa a lo largo del proceso de búsqueda con la finalidad de orientarlo hacia soluciones que resulten competentes, efectuando un ajuste de prioridades durante su ejecución.

El modo en el que se evalúa la calidad de las soluciones representa otra decisión relevante en la optimización multiobjetivo. Se dispone de distintas alternativas:

- Combinación de los objetivos: se convierte el problema multiobjetivo en un problema de un objetivo único integrando los distintos criterios en un valor escalar único.
- Alternancia de los objetivos: se plantea la optimización de un criterio por vez imponiendo condiciones en los valores de los restantes. En esta situación, con frecuencia, resulta difícil establecer el orden según el cual debe optimizarse cada criterio.
- Evaluación basada en el principio de Pareto: un vector que incorpora los valores de todos los objetivos define la aptitud de la solución, y se hace uso del concepto de dominancia para fijar las prioridades entre las distintas soluciones.

El concepto de dominancia puede explicitarse de la siguiente manera: sean $A = (a_1, a_2, \ldots, a_P)$ y $B = (b_1, b_2, \ldots, b_P)$ dos vectores que contienen los valores de los objetivos para dos soluciones de un problema de minimización P-objetivo, se dice que:

- A domina estrictamente a B si $a_p < b_p$, para $p = 1,2, \ldots, P$.
- A domina ampliamente a B si $a_p \leq b_p$, para $p = 1,2, \ldots, P$ y $a_p < b_p$, para al menos un p.
- A y B no son comparables si A no domina (estricta o ampliamente) a B, ni B domina (estricta o ampliamente) a A.

3.2. Optimización de Pareto

El conjunto de todas las soluciones no dominadas que existen en el espacio de búsqueda multiobjetivo constituye la frontera o frente óptimo de Pareto. Si se formula un procedimiento de búsqueda con el fin de conseguir un conjunto de soluciones no dominadas, las soluciones halladas deben representar una aproximación eficiente a la frontera óptima de Pareto o conjunto de soluciones eficientes del problema.

La optimización de Pareto comprende todas las metodologías que se pueden emplear para obtener la frontera óptima de Pareto o un conjunto de soluciones que proporcione una aproximación válida a dicha frontera. La mayor parte de los problemas de optimización multiobjetivo no poseen algo que pueda distinguirse como el óptimo global o la mejor solución y a menudo presenta dificultades el hecho de definir prioridades para los criterios antes de comenzar la búsqueda, estas características hacen que la optimización de Pareto resulte un enfoque atractivo para resolver este tipo de problemas. Una condición que debe cumplirse para que un problema tenga características que lo definan como multiobjetivo es que los criterios se encuentren en conflicto.

Un elemento importante en la optimización de Pareto está representado por la evaluación de la calidad de la frontera obtenida. Esto da lugar un problema multicriterio en sí mismo debido a que pueden tenerse en cuenta distintos criterios para determinar la bondad de la frontera generada: el número de soluciones no dominadas, la cercanía entre la frontera obtenida y la frontera óptima de Pareto (si esta es conocida), la cobertura de la frontera (extensión y distribución de las soluciones) y el hipervolumen, entre otros [19].

Los problemas multiobjetivo de optimización combinatoria y, como caso particular, los de secuenciación presentan dificultades en su resolución debido a que el tamaño del espacio de búsqueda crece exponencialmente al aumentar el tamaño de problema, llevando a que la aplicación de algoritmos exactos se vuelva imposible. Con frecuencia, a fin de obtener soluciones subóptimas en tiempos razonables, en estos casos se aplican métodos aproximados: heurísticas y metaheurísticas. Además, no se suele disponer de una definición teórica completa del espacio de soluciones y, por consiguiente, no se tiene un entendimiento certero acerca de la localización y morfología de la frontera óptima de Pareto.

3.3. Procedimiento metaheurístico basado en el recocido simulado

En esta sección se describe el algoritmo basado en el recocido simulado al que se recurre para resolver el problema planteado anteriormente.

El Recocido Simulado representa un método basado en búsqueda local que fue desarrollado a partir de una analogía con el fenómeno del recocido [20] para resolver problemas complejos de optimización. Los métodos de búsqueda local buscan en el entorno de la solución actual aquella solución con el mejor valor del criterio elegido, se mueven hasta él, y repiten la operación hasta que no resulte posible mejorar la solución en el entorno examinado. Al aplicar sistemáticamente este procedimiento se obtiene, en general, un óptimo local para el problema. Para no arribar a óptimos locales se debe incorporar un mecanismo diversificador que permita, potencialmente, explorar todo el espacio de soluciones. En el caso del recocido simulado la estrategia globalizadora permite, con cierta probabilidad, movimientos hacia soluciones que empeoran el valor actual del objetivo.

El procedimiento desarrollado tiene la estructura de un procedimiento de recocido simulado con archivo de soluciones de Pareto (PASA, *Pareto Archived Simulated Annealing*, [21]) que incorpora también los elementos propios de un algoritmo de recocido simulado multiobjetivo (MOSA, *MultiObjective Simulated Annealing*, [22]).

3.3.1. Procedimiento PASA

Este método, propuesto en [21], emplea una función de agregación de las funciones objetivo, junto con un sistema de archivo/registro de soluciones no dominadas. Suponiendo que las funciones objetivo que deben minimizarse, $f_p\ , p = 1, 2, \dots, P$, son todas positivas, el problema puede convertirse en un problema de minimización monobjetivo a través de la siguiente función de agregación: $G(S) = \sum_{p=1}^{P} ln(f_p(S))$. Así, la siguiente expresión:

$$\Delta G = G(S_c) - G(S_a) = \sum_{p=1}^{P} ln\left(\frac{f_p(S_c)}{f_p(S_a)}\right) \quad (12)$$

representa la variación relativa media de las funciones objetivo entre la solución actual y la solución candidata. Si $\Delta G > 0$, la S_c deteriora la media relativa del conjunto de funciones objetivo. Si $\Delta G < 0$, la S_c mejora la media relativa del conjunto de funciones objetivo. En el primer caso la solución S_c se acepta con una probabilidad dada por $PA = e^{-\Delta G/T}$, donde T es el parámetro de control que simula el papel de la temperatura en el proceso físico del recocido. El método lleva un archivo de soluciones no dominadas que se gestiona de la siguiente forma:

- Si S_c está dominada por al menos una de las soluciones del archivo, no se agrega al conjunto.
- Si S_c domina a una o más soluciones del archivo, S_c se agrega reemplazando a las soluciones dominadas por ella.
- Si S_c no domina, ni está dominada por las soluciones del archivo, S_c se agrega sin reemplazar soluciones.

Para que durante el proceso de búsqueda se consiga una aproximación a la totalidad de la frontera eficiente, resulta necesario reiniciar la búsqueda regularmente a partir de una de las soluciones archivadas seleccionada al azar. PASA incorpora los parámetros clásicos del recocido simulado:

- T: Parámetro de control (temperatura), valor real positivo que varía de un valor inicial, T_0, mayor a otro final, T_f, menor durante la ejecución del algoritmo.
- N_{salt}: Número de iteraciones realizadas por el algoritmo para un cierto valor de T.
- α: Función en T, $\alpha = \alpha(T)$, que determina la variación de T. En general: $\alpha\,(T) = \alpha\,T$, en la práctica se adopta: $\alpha \in [0{,}8;\ 0{,}99]$.
- N_{fin}: Máximo número de iteraciones sin mejora.

Para resolver el problema, se aplica el procedimiento que sigue para encontrar un conjunto de soluciones potencialmente eficientes:

i. Inicio
   - Se aplica un procedimiento constructivo para generar una solución inicial, S_0.
   - Se evalúa $f_p(S_0), \forall\ p$.
   - Se incorpora S_0 al conjunto de soluciones eficientes: $CE = \{S_0\}, Ncont = t = 0, T = T_0$.

ii. Iteración t

- Se genera de forma aleatoria una solución en el entorno de S_a, $S_c \in V(S_a)$.
- Se evalúa $f_p(S_c), \forall\, p$.
- Se calcula ΔG aplicando la Ecuación (12).

Si $\Delta G \leq 0$, se acepta la nueva solución: $S_a \leftarrow S_c$, $N_{cont} = 0$.

En otro caso, se acepta S_c con una probabilidad $PA = e^{-\Delta G/T}$. Se genera un número aleatorio uniformemente distribuido en el intervalo [0;1]:

$$S_a \begin{cases} \leftarrow S_c, N_{cont} = 0. si\ \varepsilon \leq PA, \\ \leftarrow S_a, N_{cont} = N_{cont} + 1, si\ \varepsilon > PA. \end{cases}$$

- Si corresponde, se actualiza CE teniendo en cuenta a S_c aplicando el criterio de dominancia antes mencionado.
- $t \leftarrow t + 1$: Si t es múltiplo de N_{salt}, $T = \alpha\, T$, en caso contrario se mantiene el valor de T. Si $N_{cont} = N_{fin}$ o $T < T_f$, se detiene la ejecución, en caso contrario se prosigue.
- Se reporta el conjunto de soluciones eficientes CE encontrado durante el proceso de búsqueda.

4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS EXPERIMENTALES PRELIMINARES

El procedimiento metaheurístico propuesto, adaptado al problema bajo estudio, fue programado bajo el entorno *MS Visual Basic for Applications*® (versión 7.1) de MS Excel® y fue ejecutado en un equipo con procesadores Intel(R) Xeon(R) Silver 4214 @ 2,2 GHz 2,19 GHz (2 procesadores), 32,0 GB de memoria RAM y un sistema operativo Windows® 10 Pro.

Con el fin de estudiar el comportamiento del procedimiento metaheurístico propuesto, inicialmente se realizaron algunos experimentos preliminares sobre problemas de tamaño reducido generados de forma aleatoria para depurar el algoritmo metaheurístico y comparar su desempeño con respecto a las soluciones exactas obtenidas a través de un proceso enumerativo. Posteriormente, con el fin de evaluar el rendimiento del procedimiento para problemas de tamaño real de la industria se recurrió al conjunto de instancias Nissan-9Eng.I [8]. Para este conjunto de problemas, los resultados proporcionados por el procedimiento metaheurístico se compararon entre sí tomando como referencia la aproximación a la frontera de Pareto obtenida a partir de doce corridas/réplicas del algoritmo, dado que los tiempos de cálculo y requerimientos de memoria necesarios para obtener los conjuntos óptimos de Pareto resultan excesivamente elevados para estas instancias de mayor tamaño. El desempeño se evaluó en relación con las propiedades de las fronteras generadas en cada corrida: el número de soluciones generadas, su variabilidad, su convergencia, el hipervolumen y el esfuerzo computacional requerido en función de los parámetros de interés que definen los distintos problemas.

Puede decirse que el procedimiento propuesto pudo generar para todos los problemas de tamaño reducido las fronteras óptimas de Pareto. En el caso del conjunto de instancias Nissan-9Eng.I se pudo apreciar que el algoritmo propuesto proporciona fronteras aproximadas que tienen un desempeño razonable en cuanto a cobertura, densidad, convergencia, estabilidad y esfuerzo computacional, en estos problemas de escala industrial, expresada en términos del número de pedidos/trabajos que se deben secuenciar y el número de máquinas/estaciones de trabajo que conforman la línea de producción.

Además, cabe consignar que en el transcurso del trabajo experimental se encontraron ciertas dificultades a la hora de determinar los parámetros de resolución del algoritmo para conseguir un mejor desempeño para algunos de los problemas resueltos. Por esta razón, se considera que las contribuciones futuras en esta línea de trabajo deberían explorar alternativas que permitan obtener una definición y ajuste automatizados de los parámetros de resolución del procedimiento metaheurístico biobjetivo.

A continuación, en las Tablas 1 y 2 se presenta la información relacionada con cada uno de los casos resueltos, seguido por la Tabla 3 que expone los resultados obtenidos. En particular, en la Tabla 2 se especifican los 23 planes de demanda considerados ($\varepsilon \in E$, donde E es el conjunto de índices asociado con los planes de demanda) en el sistema de producción de la empresa que opera una línea de ensamble que fabrica nueve tipos de motores que se encuentran agrupados a su vez

en tres familias de producto: SUV, *Vans* y *Trucks*, los tres primeros tipos de motores corresponden a la familia SUV, los dos siguientes a la familia *Vans* y los cuatro últimos a la familia *Trucks*.

Tabla 12. *Tiempos de procesamiento en segundos para cada uno de los 9 tipos de productos/trabajos en las máquinas de las 21 estaciones de trabajo. Fuente: [1].*

k/i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Promedio
1	104	100	97	92	100	94	103	109	101	100,0
2	103	103	105	107	101	108	106	102	110	105,0
3	165	156	164	161	148	156	154	164	155	158,1
4	166	175	172	167	168	167	168	156	173	168,0
5	111	114	114	115	117	117	115	111	111	113,9
6	126	121	122	124	127	130	120	121	134	125,0
7	97	96	96	93	96	89	94	101	92	94,9
8	100	97	95	106	94	102	103	102	100	99,9
9	179	174	173	178	178	171	177	171	174	175,0
10	178	172	172	177	178	177	175	173	175	175,2
11	161	152	168	167	167	166	172	157	177	165,2
12	96	106	105	97	101	100	96	104	96	100,1
13	99	101	102	101	99	101	96	102	99	100,0
14	147	155	142	154	146	143	154	153	155	149,9
15	163	152	156	152	153	152	154	156	156	154,9
16	163	185	183	178	169	173	172	182	171	175,1
17	173	179	178	169	173	178	174	175	175	174,9
18	176	167	181	180	172	173	173	168	184	174,9
19	162	150	152	152	160	151	155	148	167	155,2
20	164	161	157	159	162	160	162	158	157	160,0
21	177	161	154	168	172	170	167	149	169	165,2

Tabla 13. *Demanda diaria según tipo de trabajo/producto i para cada plan de demanda/experimento ($\varepsilon \in E$). Fuente: [1].*

$\varepsilon \in E$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SUV	*Van*	*Truck*	Total
1	30	30	30	30	30	30	30	30	30	90	60	120	270
2	30	30	30	45	45	23	23	22	22	90	90	90	270
3	10	10	10	60	60	30	30	30	30	30	120	120	270
4	40	40	40	15	15	30	30	30	30	120	30	120	270
5	40	40	40	60	60	8	8	7	7	120	120	30	270
6	50	50	50	30	30	15	15	15	15	150	60	60	270
7	20	20	20	75	75	15	15	15	15	60	150	60	270
8	20	20	20	30	30	38	38	37	37	60	60	150	270
9	70	70	70	15	15	8	8	7	7	210	30	30	270
10	10	10	10	105	105	8	8	7	7	30	210	30	270
11	10	10	10	15	15	53	53	52	52	30	30	210	270
12	24	23	23	45	45	28	28	27	27	70	90	110	270
13	37	37	36	35	35	23	23	22	22	110	70	90	270
14	37	37	36	45	45	18	18	17	17	110	90	70	270
15	24	23	23	55	55	23	23	22	22	70	110	90	270
16	30	30	30	35	35	28	28	27	27	90	70	110	270
17	30	30	30	55	55	18	18	17	17	90	110	70	270
18	60	60	60	30	30	8	8	7	7	180	60	30	270
19	10	10	10	90	90	15	15	15	15	30	180	60	270
20	20	20	20	15	15	45	45	45	45	60	30	180	270
21	60	60	60	15	15	15	15	15	15	180	30	60	270
22	20	20	20	90	90	8	8	7	7	60	180	30	270
23	10	10	10	30	30	45	45	45	45	30	60	180	270

Tabla 14. *Resultados obtenidos a partir de las 12 corridas realizadas para cada uno de los planes de demanda/experimentos.*

Plan de demanda	N° promedio de soluciones generadas	Desv. est. del n° de soluciones	Cobertura promedio	Cobertura (%)	Hipervolu-men promedio	Desv. est. del hipervolu-men
1	7,50	2,91	0,92	8,33 %	12 3862,25	8868,70
2	6,75	3,02	0,83	9,26 %	9112,17	1909,22
3	2,75	0,75	0,67	33,33 %	75,75	8,85
4	4,25	2,26	0,31	10,26 %	25 581,83	3222,93
5	3,83	1,19	1,67	27,78 %	1063,58	454,56
6	2,17	0,94	0,25	25,00 %	538,42	85,22
7	4,33	0,65	0,67	16,67 %	402,67	108,78
8	5,58	1,44	0,58	8,33 %	2768,67	537,07
9	1,08	0,29	0,92	91,67 %	2,83	0,58
10	4,00	0,00	2,50	62,50 %	276,42	5,43
11	4,83	1,80	0,25	8,33 %	4469,92	539,71
12	5,33	1,30	0,50	10,00 %	2818,83	495,45
13	5,00	1,35	0,67	8,33 %	7401,92	958,09
14	5,92	3,09	0,42	8,33 %	4318,50	503,60
15	3,17	0,94	0,25	12,50 %	1854,92	402,99
16	6,92	2,75	0,92	9,17 %	16 491,25	1497,31
17	5,50	1,38	0,92	15,28 %	3454,25	320,10
18	2,42	0,67	0,08	8,33 %	620,50	54,68
19	4,33	0,65	1,92	47,92 %	352,33	31,15
20	4,67	1,15	0,25	8,33 %	9779,00	1042,75
21	1,83	1,85	0,75	75,00 %	8937,58	2516,13
22	4,25	0,75	1,67	41,67 %	3352,83	21,92
23	5,67	2,35	0,42	8,33 %	3591,58	486,26

Por otro lado, la Figura 15 muestra los conjuntos de soluciones eficientes obtenidos para el problema asociado con el plan de demanda Nº 19 La serie que representa los puntos de datos mediante circunferencias muestra todos los conjuntos de soluciones obtenidos a partir de las doce corridas del algoritmo, mientras que la serie que muestra los puntos de datos mediante cuadrados llenos con una cruz interna muestra la aproximación a la frontera óptima de Pareto del problema, que en este caso está constituida por cuatro secuencias, apreciándose la relación contrapuesta entre los objetivos analizados.

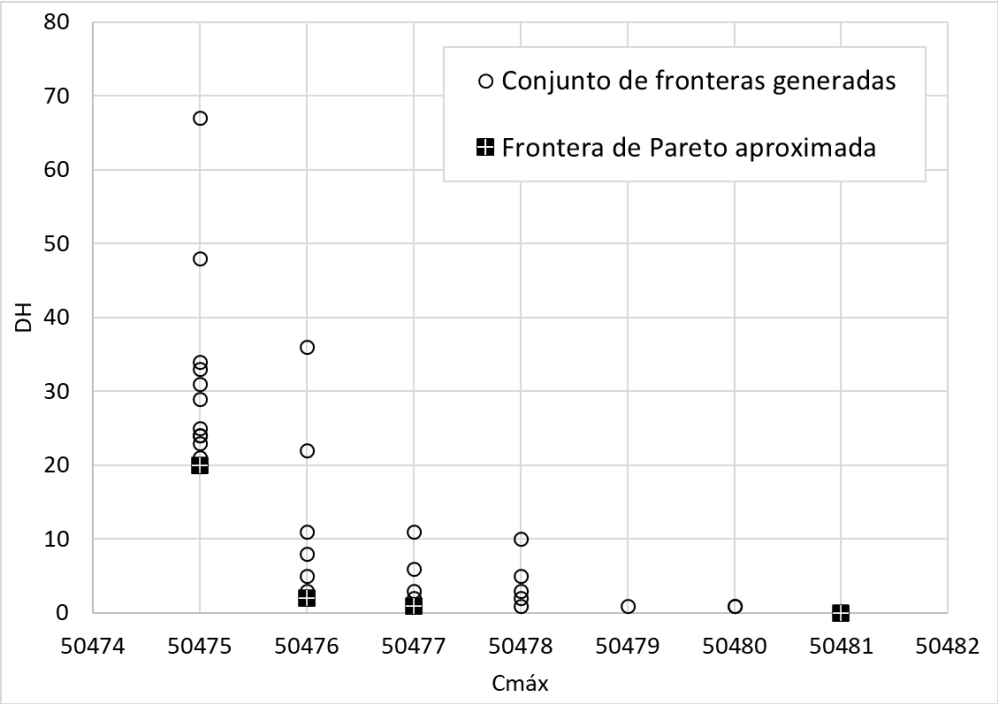


Figura 15 *Fronteras de Pareto generadas para el plan de demanda Nº 19 del conjunto de instancias Nissan-9Eng.I.*

5. CONCLUSIONES

El problema de secuenciación *just-in-time* abordado en este trabajo se ha resuelto utilizando una aproximación metaheurística multiobjetivo basada en el recocido simulado, alcanzándose el objetivo de investigación planteado inicialmente. El uso de esta estrategia metaheurística ha demostrado ser pertinente a partir de la comparación de los resultados preliminares obtenidos con los proporcionados por una estrategia enumerativa que proporciona la solución exacta, para el caso de problemas de dimensiones reducidas. Para problemas de mayor tamaño correspondientes al conjunto de instancias del caso real de un sistema de producción de una empresa que opera una línea de ensamble de motores para la industria automotriz, el análisis preliminar de algunos resultados permite concluir que el método proporciona fronteras aproximadas con buenas propiedades, fundamentalmente en lo referente a la amplitud y distribución de las soluciones no dominadas obtenidas.

Para confirmar estos resultados resultaría necesario profundizar el estudio y diseño experimental con el fin de determinar las mejores configuraciones de parámetros para el algoritmo. Además, debería proponerse un método exacto o aproximado alternativo para contrastar los resultados, el cual podría estar basado en el método de las ε-restricciones o el método de las ε-restricciones aumentado u otras aproximaciones basadas en estrategias (meta)heurísticas. No obstante, se considera que dada la naturaleza combinatoria del problema abordado esto hará necesario generar conjuntos de problemas de menor tamaño que los del conjunto Nissan-9Eng.I que puedan resolverse en tiempos razonables usando estas estrategias.

La modelación del problema a través de un enfoque biobjetivo ha resultado satisfactoria para tener en cuenta las características del problema, ya que se tienen dos criterios de rendimiento que se encuentran en conflicto para evaluar las secuencias generadas. Por tal motivo resulta de interés ofrecer al decisor un conjunto de soluciones alternativas a partir de las cuales se pueda seleccionar la más adecuada en función de situación concreta que se esté experimentando, buscando alcanzar un compromiso adecuado entre el mejor aprovechamiento de las instalaciones y el flujo uniforme de trabajo y materiales en la planta.

La consideración del objetivo relacionado con la desviación *heijunka* se ha planteado a partir de la violación de las proporciones requeridas de la mezcla de producción de los distintos tipos de producto en la secuencia, pero podrían plantarse formulaciones alternativas que consideren la desviación máxima o total de dichas proporciones para tener en cuenta los efectos concretos que pueden resultar del incumplimiento de la mezcla de producto sobre las operaciones.

Las contribuciones adicionales en esta línea de investigación podrían estar orientadas en el desarrollo de procedimientos de autoajuste de los parámetros del algoritmo y en la aplicación de

otras estrategias multicriterio, tales como la programación por metas, al problema analizado. Asimismo, podrían tenerse en cuenta otras restricciones y objetivos de interés existentes en los entornos de fabricación reales y estrategias de solución que permitan incluir la incertidumbre en el análisis.

6. AGRADECIMIENTOS

La primera de las/os autores de este trabajo agradece el financiamiento recibido de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur a través de una Beca para Alumnos Avanzados. Además, los autores desean agradecer el financiamiento recibido a través de los Proyectos de Grupos de Investigación 24/ZJ39 y 24/J084 de la Universidad Nacional del Sur.

7. REFERENCIAS

[1] Blazewicz, J.; Ecker, K.H.; Pesch, E.; Schmidt, G.; Weglarz, J. (2007). *Handbook on scheduling: from theory to applications*. Editorial Springer. Berlin Heidelberg.

[2] Pinedo, M.L. (2016). *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems, Quinta Edición*. Editorial Springer Cham. Heidelberg New York Dordrecht London. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-26580-3

[3] Framiñán, J.M.; Leisten, R.; García, R.R. (2014). *Manufacturing Scheduling systems*. Editorial Springer. Londres.

[4] Baker, K.R.; Trietsch, D. (2019). *Principles of Sequencing and Scheduling, Segunda Edición*. Editorial Wiley. Hoboken, EE.UU.

[5] Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. Editorial Productivity Press. New York, EE. UU.

[6] Gmys, J., Mezmaz, M., Melab, N., Tuyttens, D. (2020). "A computationally efficient branch-and-bound algorithm for the permutation flow-shop scheduling problem". *European Journal of Operational Research. Vol. 284, no. 3, págs. 814-833*. https:// doi. org/ 10. 1016/j. ejor. 2020. 01. 039

[7] Landa, J.; Burke, E. (2002). "A tutorial on multiobjective metaheuristics for scheduling and timetabling". *Actas del 1st Workshop on Multiobjective Metaheuristics*. París, Francia.

[8] Bautista-Valhondo, J. (2021). "Exact and heuristic procedures for the Heijunka-flow shop scheduling problem with minimum makespan and job replicas". *Progress in Artificial Intelligence*. Vol. 10, no. 4, págs. 465-488. https://doi.org/10.1007/s13748-021-00249-z

[9] Toncovich, A. (2019): "Un problema de secuenciación en un entorno de producción just-in-time resuelto mediante un procedimiento metaheurístico". Actas del *XII Congreso de Ingeniería Industrial (COINI 2019)*. Río Gallegos, Argentina.

[10] Toncovich, A.; Oliveros Colay, M.J.; Moreno-Jiménez, J.M. (2008). "A mathematical programming model for a production scheduling problem in the furniture industry". Actas de la *18th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2008)*. Skövde, Suecia.

[11] Rossit, D.A.; Toncovich, A.; Rossit, D.G.; Nesmachnow, S. (2021). "Flow Shop Scheduling Problems in Industry 4.0 Production Environments: Missing Operation Case". *Handbook of Smart Materials, Technologies, and Devices: Applications of Industry 4.0, págs. 1-23*.

[12] Rossit, D.A.; Toncovich, A.; Rossit, D.G.; Nesmachnow, S. (2021). "Solving a flow shop scheduling problem with missing operations in an Industry 4.0 production environment". *Journal of Project Management, Vol. 6 (1), págs. 33-44*.

[13] Marín, F.; Delgado, J. (2000). "Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción". *Revista de Economía Industrial. Vol. 1, no. 331, págs. 35-41*.

[14] Sumichrast, R.; Rusell, R. (1990). "Evaluating mixed-model assembly line sequencing heuristics for JIT production systems". *Journal of Operations Management. Vol. 9, no. 3, págs. 371-390*.

[15] Bautista-Valhondo, J. (2021). "Heijunka-inspired planning and sequencing methods in the apportionment problem in electoral systems [Métodos de planificación y secuenciación Heijunka inspirados en el problema del Reparto en Sistemas electorales]". *Dirección y Organización. no. 73, págs. 18-38*. DOI: 10.37610/DYO.V0I73.590

[16] Zhou, B.-H.; Peng, T. (2017). "Optimal schedule of just-in-time part distribution for mixed-model assembly lines". *Jilin Daxue Xuebao (Gongxueban)/Journal of Jilin University*

(Engineering and Technology Edition). Vol. 47, no. 4, págs. 1253-1261. DOI: 10.13229/j.cnki.jdxbgxb201704034

[17] Korte, B.; Vygen, J. (2018). *Combinatorial optimization: Theory and algorithms, Sexta Edición*. Editorial Springer. Berlín, Alemania.

[18] Ehrgott, M.; Gandibleux, X. (2002). *Multiple criteria optimization: state of the art annotated bibliographic surveys.* Editorial Kluwer. Dordrecht, Países Bajos.

[19] Knowles, J.; Corne, D. (2002). "On metrics for comparing nondominated sets". *Congress on Evolutionary Computation (CEC2002)*. Honolulu, Estados Unidos.

[20] Du, K.-L.; Swamy, M.N.S. (2016). Search and optimization by metaheuristics: Techniques and algorithms inspired by nature. Editorial Springer International. Suiza. DOI: 10.1007/978-3-319-41192-7

[21] Engrand, P.; Mournay, X. (1998). *Une méthode originale d'optimisation multiobjectif*. Reporte Técnico HT-14/97/035/A, EDF-DER.

[22] Ulugu, E.; Teghem, J.; Fortemps, P.; Tuytttens, D. (1999). "MOSA method: a tool for solving multiobjective combinatorial optimization problems". *Journal of Multicriteria Decision Analysis. Vol. 8, no. 4, págs. 221-236*.

Aplicación de un modelo de ruteo con límite de tiempo para la recolección de RSU

Heine, Franco Bautista [(1)]; Rossit, Diego Gabriel [(2)]; Toncovich, Adrián Andrés [(3)]

[(1)] *Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).*
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. bauti.heine@gmail.com.
[(2)] *INMABB, Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET.*
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. diego.rossit@uns.edu.ar.
[(3)] *Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur (UNS).*
Av. Alem 1253, 8000, Bahía Blanca, Argentina. atoncovi@uns.edu.ar.

RESUMEN

La recolección de Residuos Sólidos Urbanos es un servicio de suma importancia en las ciudades actuales. No solo por las implicancias ambientales que puede generar por una incorrecta gestión, sino también por la alta erogación presupuestaria que representa para el municipio y la alta sensibilidad social a modificaciones en el servicio. Por lo tanto, una planificación eficiente es indispensable para el desarrollo armonioso de una ciudad. En este aspecto, el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones puede contribuir a mejorar la eficiencia en la planificación logística del sistema y disminuir los costos asociados. En particular, en este trabajo se aborda un caso de la ciudad de Bahía Blanca donde se propone un modelo de programación matemática mixta-entera para determinar las mejores rutas de recolección considerando restricciones de tiempo de servicio y de capacidad, con el objetivo de minimizar la distancia recorrida. Para la confección de instancias se consideraron diversas cuestiones tecnológicas, así como estudios de campo previos realizados en la ciudad. De resultados preliminares puede inferirse que el modelo propuesto es capaz de resolver instancias completas que corresponden a barrios de la ciudad en tiempos razonables.

Palabras Claves: Residuos Sólidos Urbanos, Planificación, Logística, *Vehicle Routing Problem with Time Limit*, Optimización, Programación mixta-entera.

ABSTRACT

The collection of Municipal Solid Waste is a very important service in today's cities. Not only because of the environmental implications that can be generated by improper management, but also because of the significant budget expenditure that it represents for the municipality and the high social sensitivity to changes in the service. Therefore, efficient planning is essential for the harmonious development of a city. In this regard, the use of decision-making support tools can help improve efficiency in the logistics planning of the system and reduce the associated costs. In particular, this paper deals with a case of the city of Bahía Blanca where a mixed-integer mathematical programming model is proposed to determine the best collection routes considering service time and capacity restrictions and with the objective of minimizing the distance traveled. For the preparation of instances, various technological issues were considered, as well as previous field studies carried out in the city. From preliminary results it can be inferred that the proposed model is capable of solving in reasonable times complete instances that correspond to neighborhoods of the city.

Keywords: Municipal Solid Waste, Planning, Logistics, *Vehicle Routing Problem with Time Limit*, Optimization, Mixed-integer programming.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la urbanización lleva asociado un aumento en la tasa de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) cuya tendencia no se espera que se revierta a la brevedad (Hoornweg et al., 2015). Por eso, en las ciudades existe un gran interés en la gestión eficiente del sistema de RSU a los efectos de mitigar el impacto ambiental, social y económico de este volumen creciente de residuos (Cavallin et al., 2020). En este aspecto, el desarrollo de herramientas de apoyo a la toma de decisiones basadas en la investigación de operaciones puede colaborar en la toma de mejores decisiones en tiempos más acotados que favorezcan una gestión eficiente.

Particularmente, en este trabajo se propone un modelo para resolver el problema de recolección de RSU basado en un problema de ruteo de vehículos considerando restricciones de capacidad y de tiempo máximo de las rutas. Este modelo es aplicado en instancias simuladas de la ciudad de Bahía Blanca. Resultados preliminares han demostrado que el modelo propuesto es capaz de resolver instancias de escala real de la ciudad.

Este trabajo se estructura de la siguiente forma: En la Sección 2 se presenta una revisión de la bibliografía relacionada con el problema abordado. En la Sección 3 se desarrolla el modelo matemático correspondiente al problema. El caso de estudio se introduce en la Sección 4. El trabajo de experimentación se desarrolla en la Sección 5. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones del trabajo y las futuras líneas de investigación.

2. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA RELACIONADA

El diseño de las rutas de recolección de RSU en contenedores constituye un típico caso de aplicación del conocido VRP (*Vehicle Routing Problem*). Generalmente, la resolución de un VRP consiste en determinar la mejor ruta, en términos de algún criterio específico, que recorra un determinado conjunto de puntos, teniendo en cuenta distintas restricciones (Toth y Vigo, 2002). Dentro de los criterios pueden mencionarse la minimización de tiempos, costos y número de vehículos necesarios. Dentro de las restricciones pueden enumerarse la limitación de la capacidad de los vehículos, los límites de tiempo en las rutas, las ventanas de tiempo de los lugares a visitar, entre otras. Los VRP son problemas conocidos de gran complejidad en teoría computacional, que requieren un número de variables enteras y restricciones que crece exponencialmente con el número de lugares a visitar (Lenstra y Kan, 1981).

El problema de recolección de RSU ha sido abordado por numerosos autores con diversas técnicas, tanto por medio de métodos heurísticos como exactos. En Beliën et al. (2012) y Han y Ponce Cueto (2015) se desarrollan extensas revisiones sobre estos trabajos. En el caso de Argentina pueden encontrarse algunos trabajos sobre aplicaciones de modelos VRP para resolver el problema de diseño de rutas de recolección. Por ejemplo, en Bonomo et al. (2012) y Larrumbe (2009) se implementan modelos de programación matemática para planificar las rutas de recolección de contenedores de residuos en la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires. En la ciudad de Concordia, Bertero (2015) presenta una aplicación para diseñar las rutas de recolección de la ciudad haciendo un esfuerzo por minimizar la cantidad de giros para facilitar la implementación de las rutas por las autoridades. En Braier et al. (2017), mediante modelos de programación entera, se planifica la recolección de residuos reciclables en la ciudad de Morón. En Fermani et al. (2020) y Rossit et al. (2021) se resuelven VRP con restricciones de capacidad para casos de la ciudad de Bahía Blanca con herramientas exactas y heurísticas. En Mahéo et al. (2020) se resuelve un problema combinado de diseño de rutas de recolección y dimensionamiento de puntos limpios para instancias pequeñas de la misma ciudad con un método de descomposición de Benders.

En este trabajo se propone dar continuidad a los trabajos previos considerando casos de VRP en la ciudad de Bahía Blanca que incorporan la restricción de límite de tiempo debido a la jornada laboral de los conductores de los vehículos de recolección.

3. MODELO MATEMÁTICO

El VRP con límite de tiempo aquí estudiado puede formalizarse a través de un modelo de programación matemática que incluye la siguiente definición de conjuntos, parámetros y variables.

Conjuntos	
K	conjunto de viajes de los vehículos recolectores que pueden realizarse.
I	conjunto de puntos limpios a recolectar.
Parámetros	
C	capacidad de los vehículos recolectores.
T	límite de tiempo de la jornada laboral de los conductores.
c_i	volumen de residuos a recolectar en el punto limpio $i \in I$
t_{ij}	tiempo de viaje desde el punto limpio $i \in I$ hasta el punto limpio $j \in I$
tc_i	tiempo de servicio en el punto limpio $i \in I$ (recolección de RSU).
td_0	tiempo de descarga del RSU acumulado en el vehículo en el depósito (planta de transferencia).
Variables	
x_{ij}^k	variable binaria que tiene el valor 1 si el vehículo recolector durante el viaje $k \in K$ circula desde el punto limpio $i \in I$ hasta el punto limpio $j \in I$, 0 en el otro caso.
u_i^k	variable auxiliar continua incorporada para la eliminación de *subtours*.
v_i^k	variable auxiliar continua incorporada para limitar el tiempo por recorrido.

Teniendo en cuenta estos conjuntos, parámetros y variables el modelo matemático del problema puede expresarse en las siguientes Ecuaciones (1)-(9).

$$min \sum_{i,j \in M', \forall j \neq i, k \in K} x_{ij}^k \, t_{ij} \qquad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i \in I, i \neq 0, j \neq i, k \in K} x_{ij}^{k} = 1, \forall j \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I, i \neq 0, j \neq i, k \in K} x_{ji}^{k} = 1, \forall j \in I \quad (3)$$

$$\sum_{j \in I, j \neq 0} x_{0j}^{k} \leq 1, \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I, j \neq i, k \in K} x_{ij}^{k} - \sum_{i \in I, j \neq i, k \in K} x_{ji}^{k} = 0, \forall j \in I \quad (5)$$

$$u_i^k - u_j^k \leq C(1 - x_{ij}^k) - c_j \,, \forall\, i, j \in I, j \neq i, k \in K \quad (6)$$

$$v_i^k - v_j^k \leq T(1 - x_{ij}^k) - t_{ij} - tc_j \,, \forall\, i, j \in I, j \neq i, j \neq 0, k \in K \quad (7)$$

$$v_{ik} - v_{jk} \leq T + T(1 - x_{ij}^k) - t_{i0} - td_0 \,, \forall\, i, j \in I, j \neq i, k \in K \quad (8)$$

$$x_{ij}^k \in \{0; 1\}, u_i^k, v_i^k \geq 0, \forall\, i, j \in I, k \in K \quad (9)$$

El objetivo planteado consiste en minimizar el tiempo total de recorrido durante la recolección de los residuos secos y húmedos, tal como lo muestra la Ecuación (1). Por su parte, las restricciones impuestas al modelo se presentan desde la Ecuación (2) hasta la (9). Las Ecuaciones (2) y (3) garantizan que se visite una única vez a cada nodo y que desde estos se salga hacia otro nodo una única vez, excepto en el caso del nodo *0* que corresponde al depósito, del cual puede salir e ingresar las veces que sean necesarias. La Ecuación (4) asegura que desde el depósito se salga como máximo una única vez para cada posible recorrido. La Ecuación (5) refiere a la conservación del flujo en el recorrido mientras que la Ecuación (6) impide la formación de *subtours*. Las Ecuaciones (7) y (8) aseguran que el tiempo por recorrido no supere el tiempo máximo establecido por la jornada laboral. La Ecuación (9) define las variables binarias y no negativas del modelo.

4. CASO DE ESTUDIO

En la mayor parte de la ciudad de Bahía Blanca actualmente se realiza una recolección puerta a puerta con residuos sin diferenciar. El uso de un sistema de contenedorización tiene algunos beneficios frente a este sistema. Por lo tanto, en la ciudad considerada en este trabajo, el servicio de recolección de residuos posee aún solo un enfoque higienista, es decir, una recolección que no contempla el recupero de materiales reciclables, y aun así representa el 12 % del presupuesto municipal (Cavallin et al., 2020). Un sistema de contenedores diferenciados en residuos reciclables y no reciclables no solo contribuiría a recuperar la fracción reciclable de los residuos y, por ende, disminuir el impacto ambiental de su disposición final, sino que, además, disminuiría la cantidad de puntos necesarios a visitar por parte de las rutas de recolección y, por ende, las distancias recorridas por los vehículos con respecto a un sistema “puerta a puerta” (donde el vehículo recolector visita cada domicilio para recolectar los residuos) como el que posee actualmente la ciudad. Como se ha destacado en otros estudios latinoamericanos recientes esto ocasiona no solo una disminución de los costos logísticos del sistema con respecto al sistema de recolección “puerta a puerta” (Blázquez y Paredes, 2020; Gilardino et al., 2017) sino también una morigeración del impacto ambiental a través de la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero (Gilardino et al., 2017). Por esta razón, se vienen desarrollando trabajos en este sentido por distintos grupos de la ciudad (Cavallin et al., 2020).

En el presente trabajo, se proyecta avanzar una instancia más, enfocándose en la logística de recolección. Particularmente, se propone un modelo para abordar el diseño de las rutas de los

vehículos recolectores considerando las restricciones de capacidad y de tiempo máximo de la ruta -teniendo en cuenta la jornada laboral-.

5. EXPERIMENTACIÓN COMPUTACIONAL.

En las siguientes subsecciones se presentan las instancias utilizadas y los resultados de la experimentación computacional.

5.1. Descripción de instancias.

Las instancias utilizadas constituyen cuatro escenarios reales de la logística de recolección de RSU de Bahía Blanca construidos sobre la base de los datos de un relevamiento de campo (Cavallin et al., 2020). Se estudian dos planificaciones distintas para la disposición de los contenedores, considerando la recolección de ambas fracciones de residuos: tanto los secos como los húmedos. Dichas planificaciones contemplan la opción de separar los contenedores en residuos húmedos y secos a la vez que consideran la opción de utilizar diferentes frecuencias de recolección. Las planificaciones difieren fundamentalmente en cuanto a la frecuencia con la cual se plantea recolectar los residuos secos, conformando de esta manera las siguientes instancias que se describen en la Tabla 1.

Los parámetros del modelo fueron estimados de la siguiente forma. Las distancias y tiempos de viaje entre los puntos limpios fueron calculadas utilizando Open Source Routing Machine (2021) basado en OpenStreetMap (OpenStreetMap contributors, 2017). Para dicho fin se utilizó un procedimiento desarrollado por Vázquez Brust (2018) en el lenguaje de programación R. El tiempo de servicio en cada punto limpio fue estimado con base en el trabajo desarrollado por Carlos et al. (2019) donde se describe el tiempo de descarga promedio para cada contenedor y la cantidad y tipos de contenedores acumulados en cada lugar. El tiempo de descarga al finalizar el recorrido en el relleno sanitario fue estimado en 8 minutos, en línea con lo estimado en estudios similares de la literatura (Owusu et al., 2019). Para la estimación de la capacidad operativa del camión compactador se tuvo en cuenta la capacidad volumétrica indicada por el fabricante (21 m^3) multiplicada por la relación de compresión, la cual difiere según el tipo de residuo. Se estimó una relación de compresión de 1,5:1 y 3:1 para residuos húmedos y secos, respectivamente, en línea con los valores hallados experimentalmente por otros autores para estos tipos de residuos (Lavee y Nardiya, 2013; Zbib y Wøhlk, 2019). Finalmente, el tiempo máximo de la ruta se fijó en 6 horas de acuerdo a la jornada laboral según la legislación vigente.

Tabla 1. *Descripción de instancias*.

Nombre	Frecuencia de recolección (veces/semana)	Tipo de residuo	Cantidad de residuo (m^3)	Cantidad de puntos limpios
Instancia 1	6	Húmedos	57,911	69
Instancia 2	4	Secos	155,198	69
Instancia 3	6	Húmedos	57,911	79
Instancia 4	3	Secos	232,797	79

5.2. Resultados

El modelo fue implementado utilizando el paquete de optimización Pyomo (Hart et al., 2017) en un entorno de Python. Para la resolución se utilizó CPLEX versión 22.1.0.0 (International Business Machines Corporation (IBM), 2022). Las ejecuciones fueron realizadas en un computador personal con un procesador Intel Core i5-3570 @ 3.40GHz con 12 GB de memoria RAM con sistema operativo Windows 10. Se fijó un límite de tiempo para cada ejecución de 3600 segundos.

Los resultados obtenidos inicialmente se exponen en las Tablas 2 y 3. A los efectos de evaluar la influencia del máximo número de rutas permitidas se realizaron distintas ejecuciones del modelo. La Tabla 2 corresponde al establecimiento de un máximo de rutas posibles de 30 mientras que la Tabla 3 corresponde a la fijación de un número máximo de rutas igual a 5. Debe destacarse que el mínimo teórico de rutas sobre la base de la capacidad (total de residuo acumulado dividido por la capacidad del vehículo) ronda entre los 2 y 4 viajes para todos los escenarios.

$$|K|_{min} = ceil\left(\sum_{i \in I, i \neq 0} c_j / C\right) \tag{10}$$

Tabla 2. *Resultados de la resolución de las instancias,* $|K|$*=30.*

Instancia	***Tiempo de viaje (min)***	***Tiempo de descarga (min)***	***Tiempo total de la ruta (min)***	***gap***	***Nº de rutas***
Instancia 1	65,03	16	130,67	34,38 %	2
Instancia 2	78,57	24	213,41	45,69 %	3
Instancia 3	321,69	152	527,41	85,46 %	19
Instancia 4	383,41	184	732,65	87,80 %	23

Tabla 3. *Resultados de la resolución de las instancias,* $|K|$*=5.*

Instancia	***Tiempo de viaje (min)***	***Tiempo de descarga (min)***	***Tiempo total de la ruta (min)***	***gap***	***Nº de rutas***
Instancia 1	54,61	16	120,25	21,85 %	2
Instancia 2	76,07	24	210,91	43,85 %	3
Instancia 3	71,51	16	141,23	34,36 %	2
Instancia 4 (k = 6)	145,84	40	351,08	67,86 %	5

De la Tabla 2 se puede visualizar que el modelo es capaz de resolver las instancias requeridas. Sin embargo, se encuentra que los gap informados son relativamente altos en las Instancias 3 y 4. Asimismo se contrasta que la cantidad de rutas en ambas instancias es relativamente alta con respecto al mínimo de rutas teóricas. Se realiza una ejecución utilizando como máximo número de rutas posibles 5 (que supera al mínimo teórico) cuyos resultados se presentan en la Tabla 3. En la instancia 4 debió utilizarse $|K|$=6 porque para el tiempo máximo de 3600 con $|K|$=5 no se encontraba una solución factible. Con respecto a los resultados de la Tabla 2 en términos del valor de la función objetivo (tiempo de viaje) para todas las instancias consideradas se obtuvieron mejoras. La mejora promedio en el valor del funcional fue de 40 % y la mayor mejora fue en la Instancia 3 (78 %).

Continuando con la intención de recortar el número de viajes se aplicó el modelo con una función objetivo modificada teniendo en cuenta el tiempo de descarga al final de la ruta/recorrido. Es decir, la Ecuación (1) fue reemplazada por la Ecuación (11) y, por ende, el modelo aplicado consistió en dicha Ecuación sumada a las Ecuaciones (2)-(9).

$$min \sum_{i,j \in M', \forall j \neq i, k \in K} x_{ij}^k \, t_{ij} + \sum_{i \in M', \forall i \neq 0, k \in K} x_{i0}^k \, td_0 \tag{11}$$

Los resultados de este último modelo se presentan en la Tabla 4. Los resultados fueron dispares, obteniéndose una mejora del 10 % en la Instancia 1 y una desmejora del 8 % en la Instancia 3 con respecto a la Tabla 2. Por otro lado, se obtuvo una pequeña mejora en la Instancia 2 (<1 %) y ninguna variación en la Instancia 4. El número de rutas se mantuvo igual con respecto a la Tabla 2.

Tabla 4. *Resultados de la resolución de las instancias, k=30.* Función Objetivo Modificada.

Instancia	***Tiempo de viaje (min)***	***Tiempo de descarga (min)***	***Tiempo total de la ruta (min)***	***gap***	***Nº de rutas***
Instancia 1	58,44	16	124,08	42,67 %	2
Instancia 2	78,38	24	213,22	58,32 %	3
Instancia 3	346,99	152	552,71	90,63 %	19
Instancia 4	383,41	184	732,65	91,76 %	23

5.3. Uso de inecuaciones válidas

Como fue mencionado anteriormente, el modelo presentado es un problema computacional difícil. En particular, contiene muchas soluciones simétricas. Se dice que hay dos soluciones simétricas si estas tienen el mismo valor de función objetivo pero diferentes asignaciones de las variables (Mahéo et al., 2022). Por ejemplo, dada una ruta resulta equivalente para el algoritmo de solución que sea recorrida indistintamente por cualquiera de los camiones. Una forma de abordar este problema consiste en agregar inecuaciones válidas (IV) al modelo. Una IV es una restricción que reduce el tamaño de la región factible del problema sin eliminar todas las soluciones óptimas (Dror et al., 1985). En este caso utilizamos las inecuaciones válidas que fueron propuestas en Mahéo et al. (2022): i) el punto limpio más lejano es asignado a la primera ruta, ii) siendo K un conjunto ordenado no puede utilizarse una ruta k si la ruta k-1 no fue utilizada y iii) las variables auxiliares asociadas a la carga al comienzo de cada ruta (u_0^k) son iguales a cero. Además, se adiciona la inecuación válida propuesta por Dror et al. (1994) donde se obliga la salida de las k primeras rutas, donde $k = |K|_{min}$ (mínimo teórico de viajes de la Ecuación 10).

Tabla 4. *Resultados de la resolución de las instancias, k=30* con cortes (inecuaciones) válidos.

Instancia	***Tiempo de viaje (min)***	***Tiempo de descarga (min)***	***Tiempo total de la ruta (min)***	***gap***	***Nº de rutas***
Instancia 1	53,12	16	118,76	0% (521,31 [s])	2
Instancia 2	59,72	24	194,56	0% (116,95 [s])	3
Instancia 3	423,9	224	701,62	86,57%	28
Instancia 4	423,9	224	813,14	83,45%	28

Los resultados de la Tabla 4 indican que la introducción de inecuaciones válidas permitió mejorar los resultados con respecto a la Tabla 2 en las Instancias 1 y 2 (18% y 24% de mejora en el tiempo de viaje). Asimismo, en estas soluciones pudo probarse la optimalidad de las soluciones. Por otro lado, en las instancias 3 y 4 las soluciones fueron peores en términos de la función objetivo que en la Tabla 2.

Las Figuras 1 y 2 muestran la representación gráfica de las dos rutas obtenidas para la Instancia 1, para la cual se alcanza el resultado óptimo.

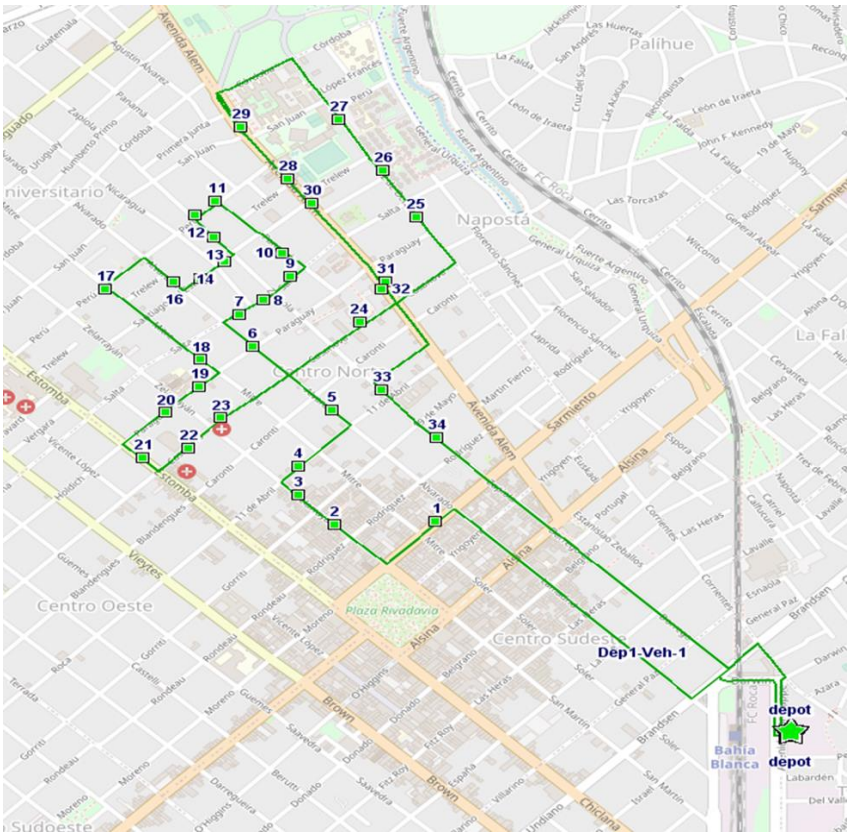


Figura 1 *Ruta de recolección nº 1 de la solución óptima para la Instancia 1*

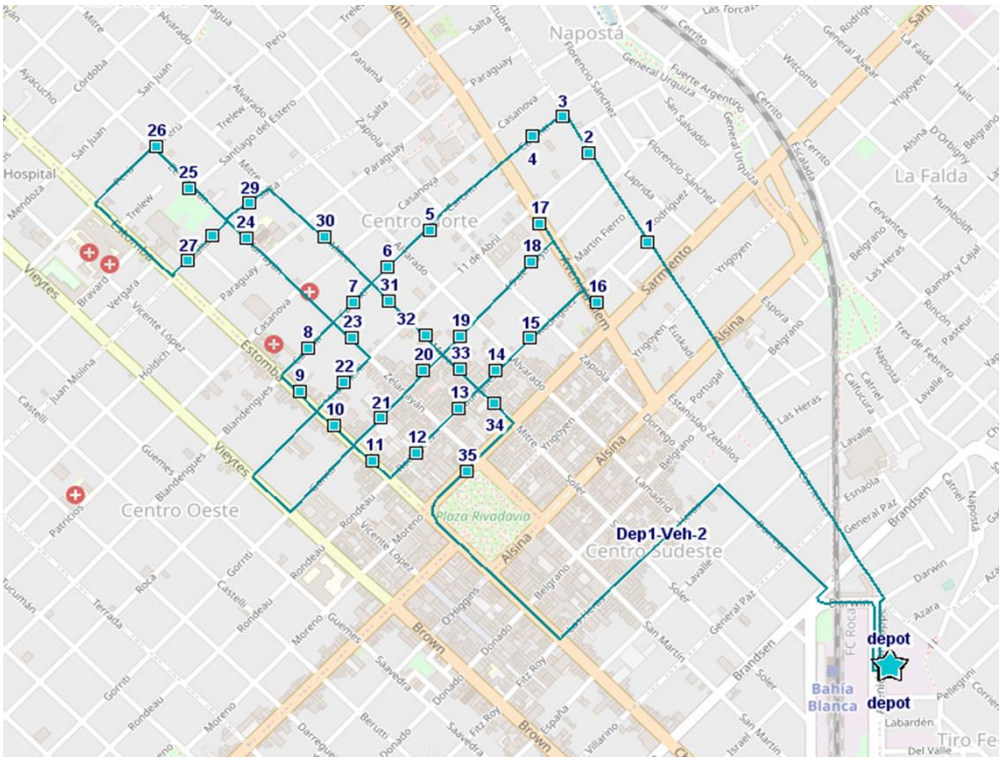


Figura 2 *Ruta de recolección nº 2 de la solución óptima para la Instancia 1.*

6. CONCLUSIONES

Encontrar nuevas herramientas para volver más eficiente la logística de residuos sólidos urbanos (RSU) constituye una inquietud acuciante en las sociedades actuales. Este trabajo está centrado en la resolución de problemas de recolección de residuos para el área de Bahía Blanca considerando restricciones de capacidad y de tiempo total de la ruta. Para dicho fin se propone un modelo de programación mixta entera cuya implementación se realiza en un entorno de Python y se resuelve con el software CPLEX.

La experimentación se realizó sobre cuatro instancias reales de la ciudad de Bahía Blanca. Asimismo, se evaluaron dos modalidades distintas del modelo para limitar el número de rutas. Los resultados preliminares indican que el modelo fue capaz de presentar soluciones factibles para el problema. Se implementaron algunas estrategias para disminuir el número de rutas: disminuir el número potencial de rutas y asignar una penalización a la generación de nuevas rutas en la función objetivo. La disminución del número potencial de rutas fue la estrategia que obtuvo mejores resultados permitiendo no solo disminuir el total de rutas sino obtener un mejor valor del funcional. Asimismo, al ser evidente que la mayoría de las soluciones tenían *gaps* altos se realizaron ejecuciones del modelo incorporando inecuaciones válidas para eliminar soluciones simétricas en la región factible y del mínimo número de viajes. Estas ejecuciones dieron resultados dispares, permitiendo obtener el resultado óptimo en algunas instancias pero empeorando el valor del funcional en otras.

Como línea de trabajo a futuro se propone la aplicación de métricas de atracción visual como parte de los objetivos deseados y la resolución de problemas mediante estrategias metaheurísticas.

7. AGRADECIMIENTOS

El primer autor de este trabajo agradece el financiamiento recibido de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur a través de una Beca para Alumnos Avanzados. Además, los autores desean agradecer el financiamiento recibido a través de los Proyectos Grupales de Investigación 24/ZJ39 y 24/J084 de la Universidad Nacional del Sur. Los autores también agradecen a la Ingeniera Victoria Herrán Symonds, egresada de la Universidad Nacional del Sur que ha colaborado con esta línea de investigación desde su comienzo.

8. REFERENCIAS.

Beliën, J., De Boeck, L.; Van Ackere, J. (2012). “Municipal solid waste collection and management problems: a literature review”. *Transportation Science. Vol. 48, no. 1, págs. 78-102*.

Blazquez, C., y Paredes, G. (2020). Network design of a household waste collection system: A case study of the commune of Renca in Santiago, Chile. *Waste Management*, 116, 179-189.

Carlos, M., Gallardo, A., Edo, N., y Abaso, J. (2019). Influence of the municipal solid waste collection system on the time spent at a collection point: a case study. *Sustainability*, *11*(22), 6481.

Han, H.; Ponce Cueto, E. (2015). “Waste collection vehicle routing problem: literature review”. *PROMET - Traffic & Transportation. Vol. 7, no. 4, págs. 345-358*.

Bertero, F. (2015). *Optimización de recorridos en ciudades. Una aplicación al sistema de recolección de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Concordia*. Tesina de Grado. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina.

Braier, G., Durán, G., Marenco, J.; Wesner, F. (2017). “An integer programming approach to a real-world recyclable waste collection problem in Argentina”. *Waste Management & Research*. Vol. 35, no. 5, págs. 525-533.

Bonomo, F., Durán, G., Larumbe, F.; Marenco, J. (2012). “A method for optimizing waste collection using mathematical programming: a Buenos Aires case study”. *Waste Management & Research. Vol. 30, no. 3, págs. 311-324*.

Cavallin, A., Rossit, D., Herrán, V., Rossit, D., & Frutos, M. (2020). Application of a methodology to design a municipal waste pre-collection network in real scenarios. Waste Management & Research, 38(1_suppl), 117-129.

Dror, M., Laporte, G., y Trudeau, P. (1994). Vehicle routing with split deliveries. *Discrete Applied Mathematics*, *50*(3), 239-254.

Fermani, M., Rossit, D., & Toncovich, A. (2020). A simulated annealing algorithm for solving a routing problem in the context of municipal solid waste collection. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1408, págs. 63-76.

Gilardino, A., Rojas, J., Mattos, H., Larrea, G., y Vázquez, I. (2017). Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru). *Journal of Cleaner Production*, 156, 589-603.

Hart, W., Laird, C., Watson, J., Woodruff, D., Hackebeil, G., Nicholson, B., y Siirola, J. (2017). *Pyomo-optimization modeling in Python*. Springer.

Hoornweg, D., Bhada-Tata, P., & Kennedy, C. (2015). Peak waste: When is it likely to occur?. Journal of Industrial Ecology, 19(1), 117-128.

International Business Machines Corporation (2022). User's Manual for IBM ILOG CPLEX Optimization Studio 22.1.0. International Business Machines Corporation. Disponible en: https://www.ibm.com/docs/en/icos/22.1.0 (Último acceso: 24-8-2022).

Lavee, D., y Nardiya, S. (2013). A cost evaluation method for transferring municipalities to solid waste source-separated system. *Waste Management*, *33*(5), 1064-1072.

Larrumbe, F. (2009). *Optimización de la Recolección de Residuos en la Zona Sur de la Ciudad de Bu*

Lenstra, J.; Kan, A. (1981). "Complexity of vehicle routing and scheduling problems". *Networks. Vol. 11, no. 2, págs. 221-227*.

Mahéo, A., Rossit, D., & Kilby, P. (2020). A Benders decomposition approach for an integrated bin allocation and vehicle routing problem in municipal waste management. *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1408, págs. 3-18.

Owusu, F., Oduro, S., Essandoh, H., Wayo, F., y Shamudeen, M. (2019). Characteristics and management of landfill solid waste in Kumasi, Ghana. *Scientific African*, *3*, e00052.

Rossit, D., Toncovich, A., & Fermani, M. (2021). Routing in waste collection: A simulated annealing algorithm for an Argentinean case study.

Open Source Routing Machine (2021). *Servicio de cálculo de rutas gratuito*. Disponible en: http://project-osrm.org/.

OpenStreetMap contributors (2017). *Descarga del mapa del planeta obtenida de https://planet.osm.org*. Disponible en: https://www.openstreetmap.org.

Toth, P., y Vigo, D. (Eds.). (2002). *The vehicle routing problem*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Vázquez Brust, A. (2018). Ruteo de alta perfomance con OSRM. *RPubs*. Disponible en:

https://rpubs.com/HAVB/osrm.

Zbib, H., y Wøhlk, S. (2019). A comparison of the transport requirements of different curbside waste collection systems in Denmark. *Waste Management*, *87*, 21-32.

APLICACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE MÉTODOS EN LA PLANEACIÓN DE LA CONDUCCIÓN ADMINISTRATIVA Y OPERATIVA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

Garzon Aguirre, Luis Alfonso; Hernández Reyes, Hernando; Fernández Miranda, María José; Corrales Buelvas, Amelia Margarita

Facultad de Ingenierías, Universidad de Córdoba - Colombia
lgarzon@correo.unicordoba.edu.co, hhernandezreyes59@correo.unicordoba.edu.co, mfernandezmiranda13@correo.unicordoba.edu.co, acorrales@correo.unicordoba.edu.co

RESUMEN

Este artículo muestra el desarrollo de un proyecto de aula como respuesta a las necesidades de las universidades de colocar en práctica las enseñanzas impartidas a sus estudiantes, presentamos el estudio de curvas de aprendizaje en la empresa de fabricación y comercialización de elementos para la construcción Multibloques S.A.S.

Actualmente, el sector manufacturero adopta técnicas de producción que tienden a crear valores de tiempo que no se comprueban en la práctica y dejan de lado la capacidad cognoscente del ser humano. Asimismo, las técnicas de mejora de la producción han sido enfocadas en la reducción de tiempos y costos, a su vez, las investigaciones realizadas sobre curvas de aprendizaje en la producción son escasas y es un método de gran importancia para la mejora de la productividad. El objetivo principal es utilizar los estudios de tiempos y movimientos, más allá del solo cálculo del tiempo estándar, es decir, la utilización de los estudios de ingeniería de métodos en la planeación de la conducción administrativa y operativa de la planta de producción, empleando las curvas de aprendizaje como herramienta de diagnóstico y mejora del proceso; temas que son abordados en la asignatura Ingeniería de Métodos, correspondiente a la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Córdoba - Colombia. Así se pretende que las futuras investigaciones sean participes del cierre de la brecha entre la academia, las empresas y el ser humano.

Palabras Claves: Curvas de aprendizaje, eficiencia, productividad.

ABSTRACT

The article shows the development of a classroom project in response to the universities´ necessity to put into practice the teachings oriented to their students, to this end, we present the study of learning curves in the company that manufactures and markets elements for construction Multibloques S.A.S.

Currently, the manufacturing sector adopts production techniques that tend to create time values that tend to create times value that are not verified in practice and leave aside the cognitive capacity of the human being. Moreover, production improvement techniques have been focused on reducing time and costs, in turn, research on learning curves in production is scarce, and it is a method of great importance for improving productivity. The primary purpose of this paper is to use the time and movement studies beyond the simple calculation of the standard time; that is, the use of methods in engineering studies of methods in the planning of the administrative and operational management of the production plant, employing the learning curves as a diagnostic tool and improving the process; These topics are addressed in the Methods Engineering to the Industrial Engineering degree at the University of Córdoba - Colombia. Thus, it is intended that future research be involved in closing the gap between academia, business, and human beings.

Keywords: Learning curves, efficiency, productivity.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales cada vez se requieren más especializados y esto hace que la gestión empresarial sea más compleja, esta complejidad nos obliga a disponer de gran diversidad de estrategias de carácter general, esta estrategia aplicada toma el nombre de proceso industrial o proceso de fabricación y, en general, corresponde a la forma, procedimientos y etapas que se requieren para convertir la materia prima en producto final, a través de los denominados tecnológicos del proceso, los cuales corresponden a la participación porcentual de la materia prima en producto final mediante las etapas o procesos de fabricación establecidas y/o seleccionadas.

Lo anterior solo es posible si se cuenta con el desarrollo del recurso humano y este se realiza teniendo en cuenta el funcionamiento cognoscente de ese recurso, de esta manera se desea lograr un acercamiento al discernimiento de cómo opera el pensamiento y la naturaleza del ser humano racional, es decir, que aplica la racionalización en el aprendizaje al seleccionar el método de trabajo.

Esta investigación está encaminada a aportar en el cierre de la brecha que existe entre la academia, el sector empresarial y el ser humano, dado que es urgente establecer relación entre estos tres actores si queremos facilitar el logro de los objetivos empresariales, académicos y personales. Es necesario establecer que el uso de las curvas de aprendizaje, de las curvas de desempeño y, del pensamiento creador de superación y eficiencia de las personas en el aprendizaje, jugará un papel preponderante en la integralidad de las organizaciones empresariales, incorporando aspectos humanísticos transversales en los procesos actuales y futuros del acontecer empresarial.

Según Sullivan et al. (2004), “las curvas de aprendizaje como un modelo matemático que explica el fenómeno de aumento de la eficacia de un trabajador y la mejora del rendimiento de una organización a partir de la producción repetida de un producto o servicio”. Gráficamente es la muestra en el plano cartesiano de los resultados obtenidos por el individuo o la organización en un periodo de tiempo, donde el eje X representa el tiempo transcurrido o la duración del proceso de aprendizaje y el eje Y simboliza el progreso o éxito obtenido en ese lapso, lo que es igual a la cantidad de aprendizaje adquirido.

Con la curva de aprendizaje es posible establecer relación entre el tiempo estándar por unidad y el número de veces que se repita la acción o el número de unidades producidas, el resultado de lo anterior corresponde al cálculo en (Horas Hombre/Unidad), (Costo/Unidad), (Horas Maquina/ Unidad) o en su defecto (Recursos Utilizados/Unidad). Utilizados para la fabricación del denominador, es decir, una unidad, lote o serie de fabricación.

Sin importar los ambientes productivos en que se aplique la conceptualización anterior, se recurre a la siguiente expresión matemática para el cálculo del porcentaje de aprendizaje.

$$\%\ aprendizaje = 2^{\frac{Log\ t_i - Log\ \ t_f}{Q_i - Qf}} \qquad (1)$$

Donde

Log t_i = Tiempo empleado en la unidad inicial.

Log t_f = Tiempo empleado en la unidad final.

Q_i = Cantidad Inicial.

Q_f = Cantidad final.

De esta manera se tiene que

$$c = \frac{Log\ t_i - Log t_f}{Q_i - Q_f} \quad (2)$$

Corresponde a la pendiente como exponente.

$$\%\ de\ aprendizaje = 2^c \quad (3)$$

Con la curva de aprendizaje representada en ecuación se emplea un método conocido para calcular la cantidad de recursos empleados en la fabricación de la unidad o unidades requeridas. Tradicionalmente se afirma que los métodos para resolver este tipo de planteamientos sobre curvas de aprendizaje son el método matemático, método logarítmico y el método del coeficiente o factor de correlación, entre otros métodos disponibles y conocidos para su aplicabilidad. (Anzanello & Fogliatto, 2011).

La publicación de (Wright, 1936) es considera la primera teoría sobre curva de aprendizaje y en ella se aborda el proceso de producción para los aviones Boing, considerando para esta teoría la relación entra el tiempo de fabricación y los costos de los mismos, en ella se enuncia que "Dado cualquier proceso donde haya repetición de las operaciones, el tiempo medio tendera a disminuir a razón del duplo en el número de repeticiones". De acuerdo con su descubrimiento se establece un modelo matemático de decrecimiento lineal, donde se relaciona que dadas las condiciones de repetición de las tareas se disminuye a una velocidad constante el tiempo requerido para finalizarla. Implicando una contribución a la eficiencia de la mano de obra, la organización del trabajo y el equilibrio entre la mano de obra y el capital.

Por lo anterior se realiza la investigación en una empresa de fabricación de elementos para la construcción, estos elementos corresponden a adobes para el levantamiento de paredes. La empresa se encuentra legalmente constituida ante la cámara de comercio de Colombia con el nombre de "MULTIBLOQUES S.A.S" bajo el grupo NIFF denominado grupo III-Microempresas. Ubicada en la ciudad de Montería, Departamento de Córdoba, del territorio nacional de la República de Colombia, la empresa tiene como objeto social la fabricación y comercialización de materiales para la construcción, obras civiles, sandblasting, bloques en concretos, bloques en arena y cemento, y servicio de transporte. En la actualidad de acuerdo con el código CIIU (clasificación industrial internacional uniforme) la empresa Multibloques S.A.S tiene facultad para desarrollar las siguientes actividades económicas.

- 2395: Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso.
- 2392: Fabricación de materiales de arcilla para la construcción.

2. PROBLEMA

La producción es considerada el corazón de las empresas, por lo que es una tarea cotidiana determinar a través de cálculos matemáticos el número de unidades fabricadas y con base a los recursos utilizados establecer la productividad, dado que con la mejora de este parámetro las empresas son más competitivas en el mercado. (Heizer et al., 2007) señalan que mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia, dado que solo mediante un aumento de la productividad puede mejorar el nivel de vida, la remuneración salarial, el capital y la dirección, lo cual se logra por ejemplo, reduciendo las entradas mientras las salidas se mantiene constantes o viceversa. Pero esta metodología no ha sido suficiente para involucrar la capacidad cognoscente del operario en el proceso, por ello se plantea una mejor forma de solucionar estas problemáticas organizacionales, señalando que en la actualidad los estudios realizados sobre curvas de aprendizaje se han enfocado en temas del área de la salud, por tanto, resulta indispensable hacer de la curva de aprendizaje un método de gran importancia para la mejora de la productividad, considerando al operario como el recurso más valioso y eje fundamental de la organización (Cardona et al., 2019).

Dado lo anterior, se propone la problemática presentada en la empresa Multipliques S.A.S, en la cual, en la producción por lotes se debe fabricar 16.000 unidades en lotes de 2.000 unidades. Se conoce de operaciones anteriores que el tiempo de proceso en Minuto-Hombre requeridos para la fabricación de las unidades es de 105 minutos. El primer lote se realizó en 40 minutos y el segundo

se planea para ser realizado en 38 minutos, por lo tanto, la preocupación del gerente de producción es conocer:

A. ¿Cuál es el porcentaje de la curva de aprendizaje calculado para la fabricación de los dos primeros lotes?
B. El gerente de producción no tiene claro si alcanzará a realizar los 8 lotes de 2.000 unidades/lote en los 105 minutos establecidos por el estándar de la compañía. Entonces, se pregunta, ¿cuál es el tiempo empleado para la fabricación de los 8 lotes?
C. En caso de no poder cumplir con el estándar de 105 minutos para los 8 lotes de 2.000 unidades cada uno, ¿cual deberá ser él % de la curva de aprendizaje? aplique el método de ensayo y error.
D. Obtener la ecuación de la curva de rendimiento empleando el método matemático para el cálculo de los tiempos de proceso para los valores iniciales y establecer el valor de R.
E. Si se realiza el método logarítmico para el cálculo de los tiempos de proceso para los valores iniciales ¿Cuál es la ecuación de la curva y el valor de R?
F. ¿Qué conclusiones se obtienen al comparar R en los métodos utilizados?

3. MÉTODOLOGIA.

Este trabajo de investigación está suscrito en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la información recopilada. Para las conclusiones y recomendaciones se emplea el método deductivo que va de lo general al particular, por el contrario en algunos apartes se lleva a cabo el método inductivo, que parte de situaciones específicas y continua a través de afirmaciones generales. También se lleva a la practica el método Analítico-Sintético para identificar los elementos del problema y establecer las interrelaciones de las variales, permitiendo la formulación de nuevos esquemas en el problema, resaltando que el método sintético es el utilizado en todas las ciencias experimentales para extraer las leyes generalizadoras y el método analítico lo complementa al apartar el proceso derivado del conocimiento a partir de leyes.

Las técnicas de investigación cuantitativas que recogen datos para transformarlos en números y establecer si hay relaciones de causalidad entre las variables como la encuesta, estudios correlacionales, estudios causales-Comparativos y los estudios experimentales fueron aplicados en el desarrollo del trabajo de investigación. A su vez, se implementan técnicas de investigación cualitativa como la observación, investigación bibliográfica, estudios etnográficos, la teoría fundamental, la narrativa y los de métodos de visualización y la entrevista.

La investigación surge con el desarrollo de la temática en el salón de clase durante el semestre académico 2021-2, en el periodo de enero y febrero de 2022 se realizó contacto con la empresa para manifestar la necesidad académica y beneficios para esta como resultado de colaborar en los trabajos de investigación, la recolección de datos se hizo mediante las visitas repetidas a la empresa durante los meses de febrero y abril por parte de los investigadores, seguidamente entre marzo y junio se llevó a cabo la ejecución de la investigación y análisis de los resultados.

Con los datos recopilados es posible el cálculo de los tiempos de proceso tanto el tiempo normal como el tiempo estándar, encaminado estos al cálculo de eficiencia operativa con la cual es muy probable que el empresario pueda realizar una revisión de salarios con el fin de generar ventajas en el ingreso familiar del operario, ya que en numerosas ocasiones el empresario se abstiene de hacer revisiones salariales por el desconocimiento de la eficiencia operativa. Con la metodología anterior se busca calcular el punto de normalización de la curva de aprendizaje, es decir, conocer el número de unidades necesarias a fabricar para que los tiempos de procesos sigan siendo los mismos y con ello el empresario puede participar en licitaciones y negociaciones, teniendo en cuenta la aplicación de la curva de valor en la extensión de la producción. También es pertinente la realización de encuestas de forma anónima para detectar los puntos críticos de los operarios respecto al pensamiento creativo y con base a los resultados obtenidos programar una serie de capacitaciones que serán la base de los procedimientos técnicos de ajuste administrativos y operativos que trae como resultado esta investigación. Adicionalmente esta investigación resulta ser una buena práctica para las personas participes en ella por el grado de experiencia en dichos procedimientos al poner en funcionamiento un nuevo diseño.

Finalizando en el periodo de julio a agosto del año en mención con la elaboración del informe y la realización de las conclusiones y recomendaciones emanadas de la investigación.

3.1. Descripción de las variables.

Las principales variables que intervienen en esta clase de trabajos son las siguientes:

- X_i Cantidad de unidades a producir en la unidad de tiempo, medida en unidades/hora, horas/100 unidades, horas/lote, Horas-Hombre/Unidad. Con esta variable es posible calcular la eficiencia cuando se compara con el número teórico de unidades a producir, este número teórico de unidades a producir es posible obtenerlo del diagrama cinemático de la máquina, en el caso que no se tenga este diagrama será necesario obtenerlo a través del Output de la misma
- S Velocidad de la línea en unidades/minutos, unidades/hora, Unidades/turno. Con esta variable es posible cargar la línea de producción, contando con la participación de los tiempos de proceso.
- T Tiempo de maquina disponible en Horas/turno, horas/día. Esta variable es el resultado del tiempo disponible después de hacer el tratamiento de holgura, demoras inevitables o suplementos, normalmente estas holguras se conocen como P.R.A (Personal and Relaxation Allowed)
- C Número de hombres sobre la línea. Esta variable permite calcular el TPM (Tiempo productivo de máquina)

4. RESULTADOS

En el presente apartado se detallan los resultados obtenidos al planteamiento propuesto aplicando los modelos de curvas de aprendizaje.

4.1. Porcentaje de la curva de aprendizaje

Para el cálculo del porcentaje de la curva de aprendizaje empleamos la siguiente ecuación.

$$Tasa\ de\ aprendizaje = \frac{Tiempo\ de\ la\ 2a\ unidad}{Tiempo\ de\ la\ 1a\ unidad}(100) \qquad (4)$$

Reemplazando valores en la ecuación (4) obtenemos que el porcentaje de aprendizaje es.

$$Tasa\ de\ aprendizaje = \frac{38\ Minutos - Hombre}{40\ Minutos - Hombre}(100)\ = 95\% \qquad (5)$$

Por tanto, la respuesta al inciso A es la siguiente.

$$N = 2^{\frac{\log B}{Log\ 2}} = 2^{\frac{Log\ 0.95}{Log\ 2}}\ = 0{,}95 \qquad (6)$$

4.2. Tiempo empleado para fabricación de los 8 lotes

Se debe calcular el tiempo acumulado hasta el lote 8, luego es necesario aplicar el método logarítmico para determinar la ecuación de la recta $Y = a + bt$, o lo que es igual $Y = a + KX$.

Se tiene conocimiento que el primer lote se realiza en 40 minutos. Con tasa de aprendizaje del 95%.

El segundo lote se realiza en $(40\ Minutos/Lote\ )\ (0{,}95)\ = 38\ Minutos.$

El cuarto lote se procesa en $(38\ Minutos/Lote)\ (0{,}95)\ = 36{,}1\ Minutos$

El octavo lote se ejecuta en $(36{,}1\ \ Minutos/Lote)(0{,}95) = 34{,}295\ Minutos$

Tabla 15. Tiempo en minuto-hombre con la tasa de aprendizaje 95% para los 8 lotes de fabricación.

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS – HOMBRE
1	40

2	38
4	36,1
8	34,295
TOTAL	148,395

Ahora se puede aplicar logaritmo en base 10 a los datos de la Tabla (1).

Tabla 16. Cálculo de logaritmo en base 10 para los tiempos en Minutos-Hombre con una tasa de aprendizaje del 95% para los 8 lotes de fabricación.

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS	LOG DEL LOTE	LOG DEL TIEMPO
1	40	0	1,602059991
2	38	0,301029996	1,579783597
4	36,1	0,602059991	1,557507202
8	34,295	0,903089987	1,535230807

La Tabla (2) incluye la información estadística correspondiente al cálculo del logaritmo para los tiempos de los lotes, lo cuales se grafican a continuación.

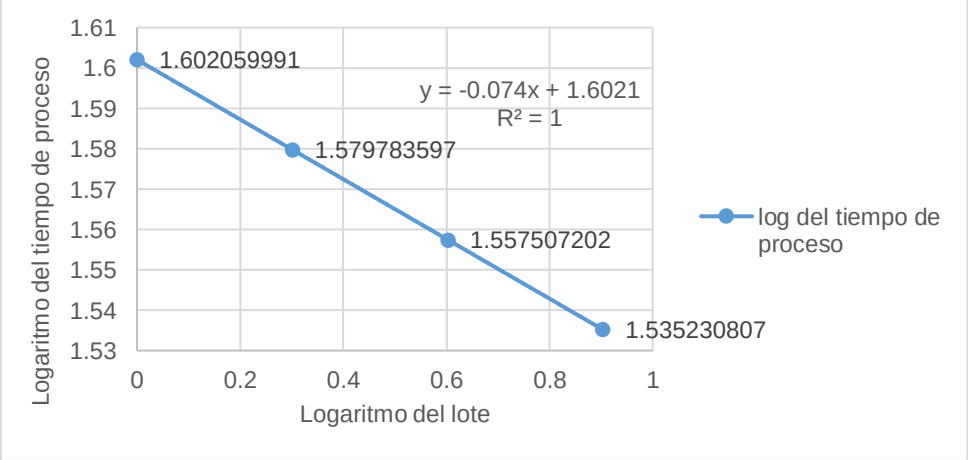


Figura 1. Gráfico del logaritmo de los tiempos en minutos-Hombre con la tasa de aprendizaje del 95% para los 8 lotes de 2000 unid/lote

Ahora se tiene que $Y = -0{,}074X + 1{,}6021$ entonces $Y = 1{,}6021 - 0{,}074X$, donde $log\ Y = Y$

$LOG\ K = 1{,}6021$ entonces, si $LOG\ K\ = \ 1{,}6021$, por consiguiente $K = 10^{1{,}6021} = 40{,}0036851 \cong 40{,}00$

Correlacionando los valores de la Figura (1), con el fin de obtener la ecuación Yx se tiene:

$$N\ = \ -0{,}074 \text{ y } X = X$$

Dado lo anterior, la ecuación de la curva de aprendizaje es.

$$Y_X = (40{,}00)(X^{-0{,}074})$$

Con esta ecuación hallamos los tiempos para los 8 lotes, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Tiempos calculados para los 8 lotes a partir de la ecuación de la curva de aprendizaje.

LOTE	$Y=KX^{-0.074}$
1	40
2	38,0000153
4	36,1000291
8	34,2950415

SUMA	148,3950859

Estos tiempos son iguales a los obtenidos en la Tabla (2). Como se observa con Tasa de aprendizaje del 95% el tiempo requerido para fabricar los 8 lotes es de 148 minutos y 0,395 centésimos de minuto, es decir 23,7 segundos.

4.3. Tiempo fabricación de los 8 lotes, por ensayo y error

Es apreciable que el tiempo de fabricación en Minutos-Hombre es mayor al estándar establecido (148 minutos y 23, 7 segundos), por lo que es necesario ajustar la tasa de aprendizaje para cumplir con el valor estándar deseado, luego procedemos aplicando un método de ensayo y error.

Para lo anterior observamos que, si los minutos calculados para el proceso son mayores que los minutos establecidos, entonces se debe reducir el porcentaje de la tasa de aprendizaje, digamos llevarla de 95% a 90%, de este modo:

Tabla 18. Tiempo total acumulado en Minutos-Hombre para el duplo los 8 lotes de fabricación

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO
1	40	40
2	36	76
4	32,4	108,4
8	29,16	137,56
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	137 Minutos y 33,6 Seg.	

Aún se encuentra el tiempo de proceso por encima de los 105 minutos estipulados, entonces ensayamos con una tasa de aprendizaje de 80%.

Tabla 19. Tiempo total acumulado en minutos-hombre para el duplo de los 8 lotes, calculado con tasa de aprendizaje del 80%.

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO
1	40	40
2	32	72
4	25,6	97,6
8	20,48	118,08
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	118 Minutos y 4,8 Seg.	

Se acerca el valor calculado, pero es necesario seguir simulando, ahora se toma una tasa de aprendizaje del 78%.

Tabla 20. Tiempo total acumulado en minutos-hombre para el duplo de los 8 lotes de fabricación, calculado con tasa de aprendizaje del 78%

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO
1	40	40
2	31,2	71,2
4	23,336	94,536
8	18,98208	113,51808
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	113 Minutos y 31,0848 Seg.	

Ahora probamos con 75% como porcentaje de la tasa de aprendizaje.

Tabla 21. Tiempo total acumulado en minutos-hombre para el duplo de los 8 lotes, calculados a partir de la tasa de aprendizaje del 75%

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO
1	40	40
2	30	70
4	22,5	92,5
8	16,875	109,375
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	109 Minutos y 22,5 Seg	

Ahora probamos con 72% como tasa de aprendizaje.

Tabla 22. Cálculo del Tiempo total acumulado en minutos-hombre con la tasa de aprendizaje del 72%

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO
1	40	40
2	28,8	68,8
4	20,736	83,536
8	14,92992	98,46592
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	98 Minutos y 27,9552 Seg.	

Se destaca que ya se tiene un entorno, es decir un valor que está por encima de 105 minutos y otro valor que está por debajo pero próximo a 105 minutos, los valores de la próxima interpolación son.

Con porcentaje de aprendizaje del 72% el acumulado de minutos de proceso es $109{,}375\ minutos$

Con porcentaje de aprendizaje del 75% el acumulado de minutos de proceso es $98{,}46592\ minutos$.

Una de las fórmulas de interpolación es la siguiente.

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} \qquad (7)$$

Donde

$$Y_1 = 0{,}75 \qquad X_1 = 109{,}375$$

$$Y_0 = 0{,}72 \qquad X_0 = 98{,}46592$$

Entonces.

$$Y = Y_0 + \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} = 0{,}72 + \frac{0{,}75 - 0{,}72}{109{,}375 - 98{,}46592} = 0{,}72 + 0{,}002750002 = 0{,}722750002$$

Ahora se conoce el porcentaje de aprendizaje que condiciona la terminación de los 8 lotes en 105 minutos, de 2000 unidades cada lote, para un total de 16.000 unidades. Comprobando se tiene la siguiente tabla.

Tabla 23. Calculo del tiempo total acumulado en Minutos-Hombre, a partir de la tasa de aprendizaje del 72.27%

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS - HOMBRE	TIEMPO ACUMULADO EN MINUTOS HOMBRE, CON C = 0,722750002
1	40	40
2	28,91000011	68,91000011
4	20,89470264	89,80470275
8	15,10164637	104,9063491~105 minutos

TIEMPO TOTAL ACUMULADO	104 Minutos y 54,380946 Seg

Por lo que se estipula que porcentaje de la curva de aprendizaje es de 72, 2750002% para que se tenga la posibilidad de terminar los 8 lotes de 2000 unidades cada lote en los 105 minutos establecidos.

Para el cálculo del porcentaje de aprendizaje por medio de una formula directa, es decir sin interpolación, tenemos.

$$n = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{Log\ 105 - Log 40}{Log\ 1 - Log 8} = \frac{0{,}419129307}{-0{,}903089987} = -0{,}464105806 \qquad (8)$$

Con este valor de n se calcula el valor del porcentaje de la curva de aprendizaje b, así.

$b = 2^{-0{,}464105806} = 0{,}724920249$, es decir b=72,492, valor muy aproximado al valor obtenido con el método de interpolación, siendo este método menos preciso que el método anterior.

Si queremos completar la ecuación de la curva de aprendizaje. Podemos sustituir uno de los puntos, por ejemplo (105, 1), así.

$$y = kx^{-x}, entonces \qquad (9)$$

$$k = \frac{y}{x^{-n}} = \frac{105}{1^{-0{,}464105806}} = 105$$

Si por alguna decisión decidimos tomar los puntos (40,8), entonces el valor k debe ser igual al anterior, es decir 105 minutos.

$$k = \frac{y}{x^{-n}} = \frac{40}{8^{-0{,}464105806}} = 104{,}9998424 \simeq 105\ minutos$$

Ahora se puede calcular el tiempo de proceso para cada lote, partiendo que el primer lote se fabricó en 40 minutos y el segundo en 38 minutos. Por tanto, cuando se evalúen los costos para la fabricación de los 8 lotes de 2000 unidades/lote, se hará sobre un tiempo de 105 minutos solo si la línea de fabricación puede llegar a un porcentaje de aprendizaje de 72,492%

Los tiempos de proceso para cumplir con el tiempo requerido de 105 minutos son.

Tabla 24. Tiempo acumulado en Minutos-Hombre que son requeridos para cumplir el estándar de 105 minutos

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS–HOMBRE CON C=72.49%	TIEMPO ACUMULADO EN MINUTOS-HOMBRE
1	40	40
2	28,99680996	68,99680996
4	21,0203747	90,01718466
8	15,23809526	105,2552799
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	105 Minutos 15,316794 Seg	

4.4. Ecuación de la curva aplicando método matemático

Las tablas empleadas anteriormente en este problema se desarrollaron con la aplicación del método matemático empleando la formula.

$$T_N = T_{n-1}(PORCENTAJE\ DE\ APRENDIZAJE), \qquad (10)$$

Teniendo presente que después de cada calculo la producción se dobla así.

El tiempo para la producción del primer lote de 2000 unidades es de 40 minutos, aplicando el método matemático para el segundo lote tenemos.

$$T_2 = T_{n-1}(PORCENTAJE\ DE\ APRENDIZAJE)$$

$$T_2 = T_{2-1}(0{,}722750002) = 40(\,0{,}724920249) = 28{,}91000011 \text{ minutos}$$

Para el cuarto lote será

$$T_4 = T_{lote\ anterior}(0{,}722750002) = 28{,}91000011(0{,}724920249) = 21{,}0203747 \text{ minutos}$$

Para el lote 8 será

$$T_8 = T_{lote\ anterior}(0{,}722750002) = 20{,}89470264(0{,}724920249) = 15{,}23809526 \text{ minutos}$$

Los valores anteriores originan la tabla anterior la cual se agrega para comodidad del lector.

Tabla 25. Comparación de los Tiempos acumulados en Minutos-Hombre para el duplo de los 8 lotes de fabricación.

LOTE	TIEMPO EN MINUTOS–HOMBRE CON C=72.49%	TIEMPO ACUMULADO EN MINUTOS-HOMBRE
1	40	40
2	28,99680996	68,99680996
4	21,0203747	90,01718466
8	15,23809526	105,2552799
TIEMPO TOTAL ACUMULADO	105 Minutos Y 15,316794 Seg	

Se presenta la gráfica que representa mejor los datos obtenidos en la Tabla 12.

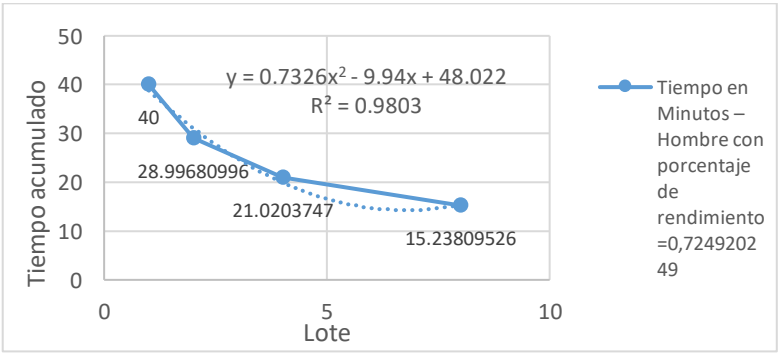


Figura 2. Tiempos en Minuto-Hombre con porcentaje de rendimiento 72.49%

Utilizando una función polinómica de grado 2 encontramos un coeficiente de determinación $R^2 = 0{,}9803$, esto indica que la variable dependiente depende linealmente de la variable independiente, es decir indica que el modelo explica casi toda la varianza. Si se calcula r lineal (coeficiente de correlación r de Pearson), el cual representa la correlación, se encuentra que esta es bastante fuerte con un valor de 99% ($\sqrt{0{,}9803} = 0{,}99$).

4.5. Ecuación de la curva aplicando método logarítmico

El método logarítmico permite calcular la mano de obra para cualquiera unidad y el tiempo requerido para cualquier valor de N.

$$T_N = T_1 N^n \quad (11)$$

$$T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} \ \ donde \quad (12)$$

- T_N. Tempo para para el lote N o la unidad N a establecer
- T_1. Horas o tiempo para producir la primera unidad o el primer lote 40 minutos
- N. Lote o unidad requerida a producir. Para este ejemplo el número de lotes de 2000 unidades/lote es de 8, para un total de 16.000 unidades fabricadas.
- Log b. Logaritmo del coeficiente de aprendizaje. El coeficiente de aprendizaje inicial es de 95%, pero para cumplir con el estándar de 105 minutos el coeficiente de aprendizaje es $0{,}724920249$, para ser coherente con los puntos a, b y c esta parte E del problema se realiza con 95% como coeficiente de aprendizaje.
- Log 2 Es una constante.

Utilizando la ecuación (4).

$$Tasa\ de\ aprendizaje = \frac{38\ Minutos - Hombre}{40\ Minutos - Hombre}$$

$$T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} = T_1 N^{\frac{Log\ 0{,}95}{Log\ 2}} = T_1 N^{-0{,}074000581 \simeq -0{,}074}$$

- Para el primer lote. $T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} = (40)1^{-0{,}074} = 40\ Minutos$
- Para el lote 2. $T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} = (40)2^{-0{,}074} = 38{,}00001531\ Minutos$
- Para el lote 4. $T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} = (40)4^{-0{,}074} = 36{,}1000291\ Minutos$
- Para el lote 8. $T_N = T_1 N^{\frac{Log\ b}{Log\ 2}} = (40)8^{-0{,}074} = 34{,}29504147\ Minutos$

Los datos obtenidos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 26. Tiempos en minutos-Hombre para los valores iniciales, obtenidos por medio del método logarítmico.

LOTE	UNIDADES	TOTAL UNIDADES ACUMULADAS	TIEMPO DE PROCESO MÉTODO LOGARÍTMICO
1	2000	2000	40
2	2000	4000	38,00001531
4	2000	8000	36,87678222
8	2000	16000	36,1000291

Se grafican los datos obtenidos de los cálculos matemáticos para la Tabla 13.

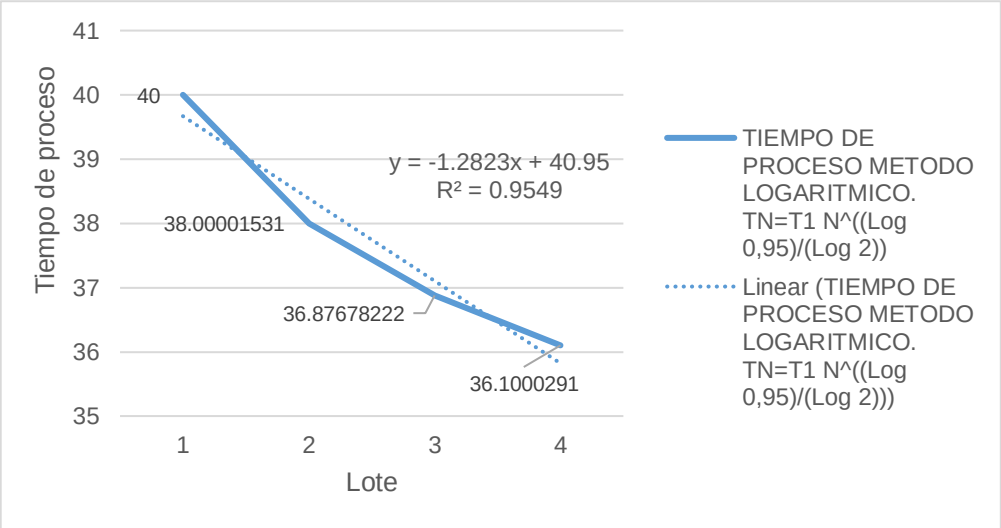


Figura 3 Tiempo de proceso método logarítmico. tn=t1 n^((log 0,95)/(log 2))

Esta grafica tiene un R^2=0,9549, esto indica que la variable dependiente depende linealmente de la variable independiente, es decir indica que el modelo explica casi toda la varianza. Si se calcula r lineal (coeficiente de correlación r de Pearson), el cual representa la correlación, se encuentra que esta es muy fuerte con un valor de 97,7189848% ($\sqrt{0{,}9549} = 0{,}977189848$) luego $r = 977189848$, en nuestro caso negativa dado que la curva viene decreciendo.

4.6. COMPARACIONES

Se relaciona en la misma tabla los valores calculados del método matemático y del método logarítmico, como se muestra a continuación.

Tabla 27. Comparación de los resultados obtenidos con la aplicación método logarítmico y método matemático para el cálculo de los tiempos en Minutos-Hombre.

LOTE	MÉTODO MATEMÁTICO	MÉTODO LOGARÍTMICO.
1	40	40
2	38	38,00001531
4	36.1	36,87678222
8	34.295	36,1000291
TOTAL	148.395	150.9768266

Lo anterior, se representa mejor en el siguiente gráfico.

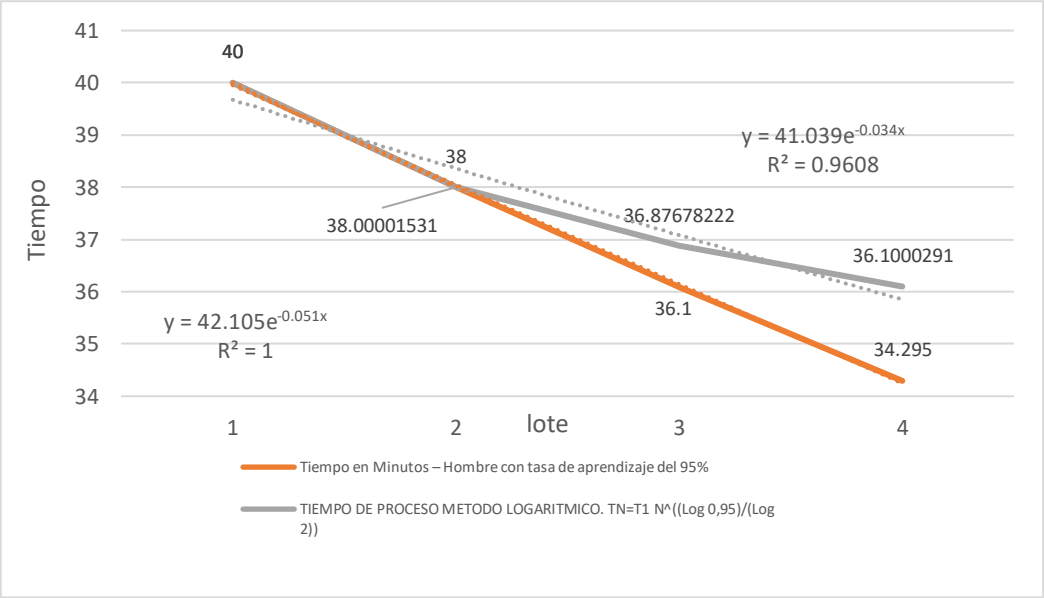


Figura 4 Comparación de métodos de cálculo.

Como se observa las dos curvas tienen un valor de R^2 bastante parecido, con valores de 0.9609 para la curva de rendimiento, obtenida con la aplicación del método logarítmico y un valor de 1 para la curva obtenida con el método matemático, en ambos casos estos significan que la variable dependiente depende linealmente de la variable independiente. Es decir, que ambos modelos explican casi toda la varianza. Si se calcula R lineal (coeficiente de correlación R de Pearson), se concluye diciendo que la correlación es muy fuerte en los dos modelos desarrollados.

5. CONCLUSIONES.

El cálculo de la tasa de aprendizaje se desarrolla con una formula específicamente simple y luego se corrobora esta respuesta con la conceptualización de $N = 2^{Log\frac{b}{\log 2}}$, sin esta conceptualización la respuesta puede ser de difícil obtención, entonces en esta clase de problemas es muy importante estar ciertos de la conceptualización requerida, con el fin de entender la pregunta para después buscar el desarrollo que nos lleve a la respuesta correcta.

El procedimiento utilizado en la respuesta B, brindo la posibilidad de emplear dos métodos para el cálculo del porcentaje de la curva de rendimiento que garantizara la obtención de los 8 lotes en 105 minutos. Un primer método consiste en la aplicación de un método interactivo de ensayo y error, con el fin de obtener un entorno alrededor del valor real (105 minutos), luego se empleó una fórmala apropiada para el cálculo del porcentaje de la curva de aprendizaje que garantiza la ejecución de los 8 lotes en 105 minutos. La efectividad de estos dos procedimientos arrojó valores muy semejantes teniendo en cuenta que el primer método empleado de ensayo y error es menos preciso que el segundo método utilizado con una formula apropiada.

Para la obtención de la curva de rendimiento empleando el método matemático se aplicó un proceso heurístico, el cual puede ser aplicado en cualquier otra situación en la que se requiera determinar la ecuación de rendimiento. En la comparación de los métodos para el valor de R se obtienen valores prácticamente iguales, tanto para el método logarítmico como para el método matemático, estableciendo comportamientos muy parecidos en los valores calculados en el R^2.

Es necesario plantear que esta clase de trabajos (universidad-Empresa) posee limitaciones de orden económico, dado que los costos pertinentes deben correr por cuenta de los investigadores. Otra limitación que se presenta en el estudio radica en el desconocimiento del tema por parte de la directiva empresarial, dado que es difícil para una empresa comprender que se tiene la posibilidad de producir un impacto positivo con la aplicación de esta herramienta por el mismo desconocimiento del tema.

6. RECOMENDACIONES

1. En esta clase de trabajos es recomendable tener clara la conceptualización del tema, dado que se puede presentar fácilmente cálculos equivocados por falta de perfil conceptual.

2. Se aprecia buena animosidad por parte de los alumnos de la materia al tener la oportunidad de interactuar con la empresa y con la convocatoria, para que en el futuro se siga auspiciando esta clase de eventos, ya que con ellos se incentiva la investigación.
3. Los trabajos académicos realizados en las empresas proporcionan una mejora sustancial en el indicador de impacto, retribuyendo a la sociedad por el esfuerzo económico que se hace en la educación pública, de ahí la importancia de eventos como que se tiene.

7. REFERENCIAS.

Anzanello, M. J., & Fogliatto, F. S. (2011). Learning curve models and applications: Literature review and research directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 41, no 5, p. 573-583.

Cardona, D. A., Ríos, J. L., Romero, A. K., & Lora, H. (2019). La curva de aprendizaje y su contribución al desempeño del talento humano en las organizaciones. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación.*, 10(1),37-51.

Heizer, J., Render, B., & Parra, J. L. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: Desiciones estratégicas.* Madrid: Pearson Educación.

Sullivan, W. G., Wicks, E. M., & Luxjhoj, J. (2004). *Ingeniería Económicade De Garmo* (Duodécima ed.). México: Pearson Educación.

Wright, T. P. (1936). Factors Affecting the Cost of Airplanes. *Journal of the aeronautical sciences, 3*, 3(4), 122-128.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Dios y a la vida por la oportunidad de crecimiento personal y académico al realizar este trabajo, y esperan tener la suficiente sapiencia para asimilar todo lo que se derive de él. En especial, el sentimiento de sentirnos mejores personas.

Propuesta de ruta de recolección de residuos sólidos urbanos en una zona de la ciudad de Trenque Lauquen mediante el uso de herramientas libres y gratuitas

Marcos, Carlos Eduardo; Martínez Micakoski, Fernanda; Enrietti, Adhemar; Arqué, Emanuel

Facultad Regional Trenque Lauquen, Universidad Tecnológica Nacional.
marcoscarloseduardo@gmail.com; fer_micakoski@yahoo.com; adhemarenrietti@gmail.com; ciberema@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo optimizar el recorrido que realiza el camión recolector de residuos sólidos urbanos en una zona de la ciudad de Trenque Lauquen, Provincia de Buenos Aires. Para obtener la solución se utilizan herramientas de código abierto, libre y gratuito como Open Street Map y R. El procedimiento se inicia descargando la zona de interés desde el repositorio geográfico, la cual se simplifica para luego ser transformada en un grafo representativo de las características viales de ese sector de la ciudad. Este grafo es modificado de manera que pueda obtenerse a través de él un ciclo euleriano a partir de la generación ficticia de arcos entre sus nodos. A continuación, basado en el algoritmo del Problema del Cartero Chino se obtiene una secuencia de arcos que reducen la distancia total al recorrer todos sus arcos. Finalmente se ordenan para representar un recorrido real. La solución obtenida se compara con la distancia media del trayecto actual de los camiones recolectores. A partir de los valores conseguidos se puede estimar la distancia que los operarios realizan a pie para reducir el tiempo de recolección. La zona fue seleccionada entre las cinco existentes por tratarse de un área cuyos residuos no requieren una descarga intermedia en el basural. Posibles mejoras incluyen la reducción en la cantidad de giros debido al desgaste que produce en los camiones.

Palabras Claves: Problema del cartero chino. Software libre. Grafos. Logística.

ABSTRACT

The present work aims to optimize the route made by the urban solid waste collection truck in an area of the city of Trenque Lauquen, Province of Buenos Aires. To obtain the solution, open source, free and free tools such as Open Street Map and R are used. The procedure begins by downloading the area of interest from the geographical repository, which is simplified and then transformed into a graph representative of the road characteristics of that sector of the city. This graph is modified so that a Eulerian cycle can be obtained through it from the fictitious generation of arcs between its nodes. Then, based on the algorithm of the Chinese Postman's Problem, a sequence of arcs is obtained that reduce the total distance by traveling all its arcs. Finally, they are ordered to represent a real tour. The solution obtained is compared with the average distance of the current journey of the collection trucks. From the values obtained, the distance that the operators make on foot can be estimated to reduce the collection time. The area was selected among the five existing ones because it is an area whose waste does not require an intermediate discharge into the landfill. Possible improvements include a reduction in the number of turns due to the wear and tear it produces on trucks.

Keywords: Chinese Postman Problem. Free software. Graph. Logistics.

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos urbanos es una tarea compleja que tiene implicaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales para la sociedad y para las administraciones locales. La fase de recolección domiciliaria llega a representar entre el 70 y el 85 % de los costos totales de la gestión de los residuos sólidos, por lo que es un aspecto crítico dentro de la prestación del servicio (Betanzo-Quezada et al. 2016).

En esencia el problema consiste en asignar rutas a un conjunto de vehículos para recolectar los residuos domiciliarios bajo ciertas restricciones (Beliën et al., 2014).

El presente trabajo se enfoca en una de las cuatro zonas en que la Dirección de Higiene divide la ciudad de Trenque Lauquen para efectuar la recolección de residuos domiciliarios.

Trenque Lauquen es la ciudad cabecera del partido homónimo, de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Se encuentra a 445 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por RN 5, y a 80 km de la Provincia de La Pampa. Se halla en la intersección de las rutas nacionales Nº5 (que conecta a C.A.B.A y Santa Rosa) y Nº33 (que une Rosario y Bahía Blanca). Cuenta con aproximadamente 50.000 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos INDEC, 2016). La ciudad se distingue por ser todas sus arterias avenidas o bulevares, lo que impactará directamente en la forma de tratar el problema del recorrido.

La Dirección de Higiene Urbana realiza la recolección en la zona urbana y quintas aledañas, con servicios diferenciados por tipo de residuos, según se observa en la Figura 1.

Figura 1 Servicios de Recolección Urbanos

La ruta del servicio a diseñar se basa en la recolección de residuos secos o húmedos de gestión privada correspondiente a la Zona 3 (Figura 2). A dicha zona se le asigna un camión para realizar la tarea mediante un recorrido único de domingo a viernes en horario nocturno.

Figura 2 Servicios de Recolección Urbanos

El recorrido inicia y finaliza en el garaje de la Dirección de Higiene Urbana, previa descarga del camión en el Basural a Cielo Abierto o en la planta de procesamiento de residuo sólido urbano, de

acuerdo con el cronograma de tipo de residuos que el vecino puede sacar en base al día de la semana. Cada vecino deposita la basura permitida en un canasto individual frente a su domicilio a partir de las 20 horas.

El alcance de este trabajo no incluye la posibilidad de re-zonificar las áreas de servicio que tiene asignadas cada camión.

En este artículo se utilizan técnicas de investigación operativa y recursos de sistemas de información geográfica (SIG) para modelar la zona bajo estudio y obtener un trayecto de recorrido mínimo que recorra todas las calles del área, lo que implica resolver variantes del Problema del Cartero Chino (Edmonds & Johnson, 1973).

1.1. Teoría de Grafos.

El problema de los siete puentes de Königsberg es un célebre problema matemático resuelto por Leonhard Euler en 1736 y cuya resolución dio origen a la teoría de grafos. El problema se formuló en el siglo XVIII y consistía en encontrar un recorrido para cruzar a pie toda la ciudad pasando solo una vez por cada uno de los puentes y regresando al mismo punto de inicio.

Euler realiza una abstracción del problema, enfocándose en las regiones terrestres y las conexiones entre ellas (Figura 3).

Figura 3 Mapa de época y su transformación en un grafo.

Así el problema se reduce a decidir si se puede recorrer el dibujo sin repetir las líneas y regresando al punto donde se inició el mismo. Euler demostró que esto no es posible si hay puntos en la figura en los cuáles el número de líneas que inciden es impar.

Este tipo de dibujos, donde a los puntos se los denomina *nodos* y a las líneas *aristas* es lo que constituye un *grafo*.

El número de aristas que inciden en un punto se denomina grado del nodo.

Cuando existe un trayecto que recorre todas las aristas del grafo una única vez regresando al nodo de inicio se lo denomina circuito euleriano. El teorema que manifiesta esta condición se enuncia de la siguiente manera: *Un grafo posee un circuito euleriano si y sólo si es conexo y todos sus nodos tienen grado par*.

Para el problema que debemos resolver, las calles representan las aristas del grafo y sus intersecciones los nodos. Por lo tanto, debemos verificar si el grafo asociado a la zona de recolección es euleriano, y en caso contrario, cuántas y cuáles calles se deberían repetir para transformarlo en uno donde sea posible hallar un circuito euleriano.

1.1.1 Definiciones y Nomenclatura.

Un *grafo* G consiste en un par ordenado $G = (V, E)$, donde V es un conjunto finito no vacío de nodos y E es un conjunto de pares no ordenados vw con $v, w \in V$ y $v \neq w$, denominados aristas.

Un *grafo dirigido* es un grafo $G = (V, A)$ donde $A \subseteq \{(a, b) \in V \times V : a \neq b\}$, es un conjunto de pares ordenados de elementos de V. Dado un arco $(a, b) \in A$, a es su nodo inicial y b su nodo final.

Un *grafo mixto* es una tupla $G = (V, E, A)$ donde V es un conjunto finito no vacío de nodos, E es un conjunto de pares no ordenados vw con $v, w \in V$, denominados *aristas* y A es un conjunto de pares ordenados (v, w) con $v, w \in V$, denominados *arcos*.

Dado un grafo mixto $G = (V, E, A)$, para todo $v \in V$ definimos como *grado* de v y lo notamos $\delta(v)$ al número de aristas de E incidentes en v. De manera similar, definimos el *grado de entrada* de v, denotado $\delta_-(v)$, como el número de arcos de A que tiene a v como su vértice final, y grado de salida $\delta_+(v)$, como el número de arcos de A que tiene a v como su nodo inicial.

Para todo $v \in V$ definimos $\Gamma_-(v)$ al conjunto de arcos tales que v es su extremo final, y de manera similar definimos $\Gamma_+(v)$ al conjunto de arcos tales que v es su extremo inicial.

Se denomina *camino* en un grafo a una secuencia de vértices tal que existe una arista entre cada vértice y el siguiente. Se dice que dos vértices están conectados si existe un camino que comience en uno y termine en otro. Dos vértices pueden estar conectados por varios caminos. Un *circuito* es un camino donde el vértice inicial y final son el mismo.

Un *circuito euleriano* es aquel que contiene todas las aristas de un grafo exactamente una vez. Un grafo que contiene un circuito euleriano se dice que el mismo es euleriano.

A partir de estas definiciones, el Teorema de Euler puede enunciarse formalmente de la siguiente manera:

Teorema: Sea un grafo $G = (V, E)$. Entonces, G es euleriano si y sólo si G es conexo y $\delta(v)$ es par, para todo $v \in V$.

Si se trata de un grafo dirigido:

Teorema: Sea un grafo dirigido $G = (V, A)$. Entonces, G es euleriano si y sólo si G es conexo y $\delta_+(v) = \delta_-(v)$ es par, para todo $v \in V$.

Cada arista o arco de un grafo puede tener una función costo asociada, la cual puede representar por ejemplo la distancia, tiempo u otro atributo.

2. METODOLOGÍA.

2.1 Obtención del plano de la zona

Accediendo al sitio web del SIG OpenStreetMap (OSM) se seleccionó el área de interés (Figura 4) y se descargó la información cartográfica asociada en un archivo de formato *osm*. Este tipo de archivos posee un formato Extensible Markup Language (XML) que básicamente consiste en una lista de elementos etiquetados. Para el caso de OSM esas etiquetas se vinculan con *node* y *way*.
El elemento *node* consiste de un punto geolocalizado (latitud y longitud) y un identificador del mismo. El elemento *way* se refiere a una lista ordenada de *nodes* que conforman distintas figuras geométricas.
En concreto para nuestro trabajo se requirieron los *ways* que representan las calles y los *nodes* que identifican las intersecciones de estas.

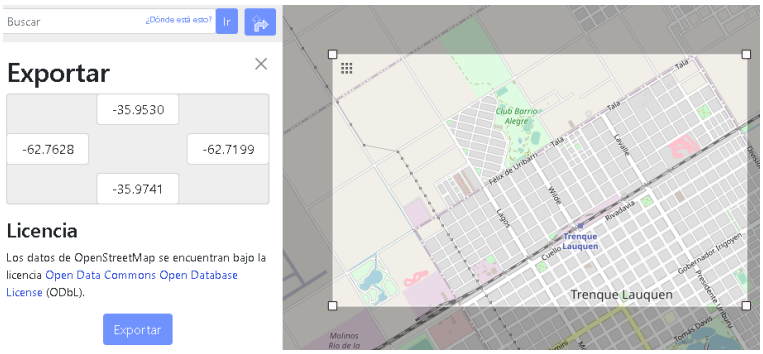


Figura 4 Exportación de datos cartográficos a través de OpenStreetMap.

Se utilizó el editor Java OpenStreetMap (JOSM) para eliminar la información que no era relevante y simplificar las calles con rambla al medio (boulevard) de manera que solo quede una vía de ambas manos conforme a la modalidad de trabajo de recolección que implica en una sola pasada recoger los residuos de ambas veredas (Figura 5).

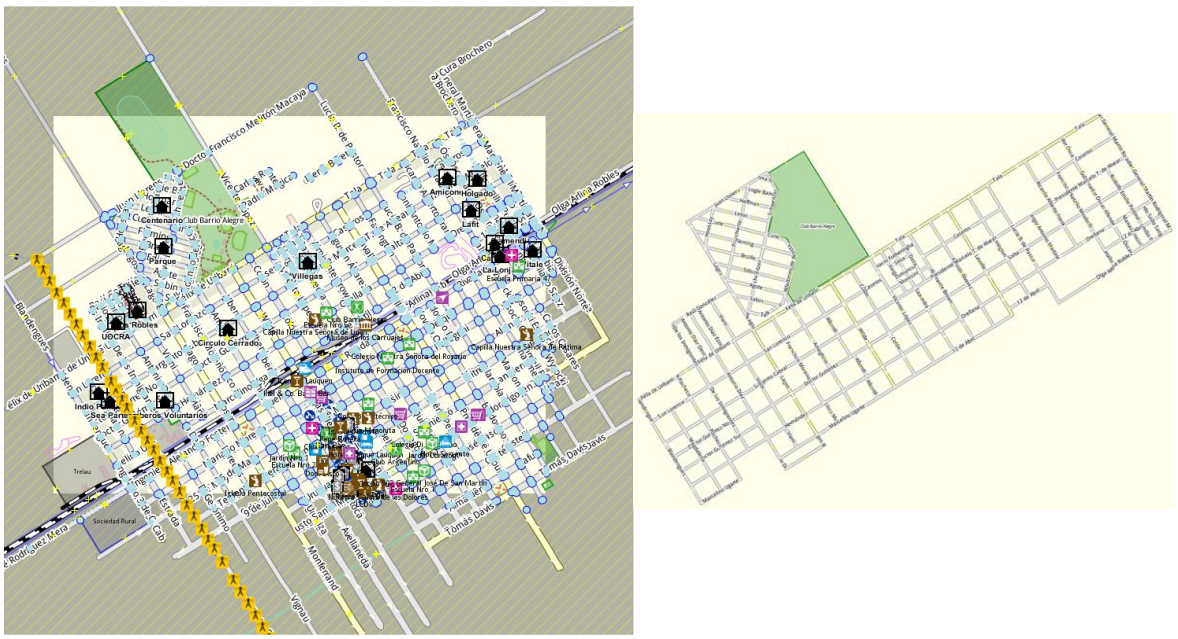


Figura 5 Limpieza de datos cartográficos mediante editor JOSM.

2.2 Construcción del grafo

La información del archivo osm se importó al software de análisis de datos R a través del uso del paquete *sf* (Pebesma, 2018) que permite obtener las figuras (en este caso la capa de calles) con sus atributos geográficos (latitud y longitud de los nodos que las constituyen).

De esta manera se obtuvo una tabla con 108 observaciones y 10 variables entre las que se destacan el identificador de osm para el objeto importado (*osm_id*), nombre de la calle (*name*), y nodos que la integran con su correspondiente latitud y longitud (*geometry*). El objeto *sf* se transformó en otro *sfnetworks* ya que el mismo permite con mayor sencillez interactuar con las aristas y nodos (Figura 6).

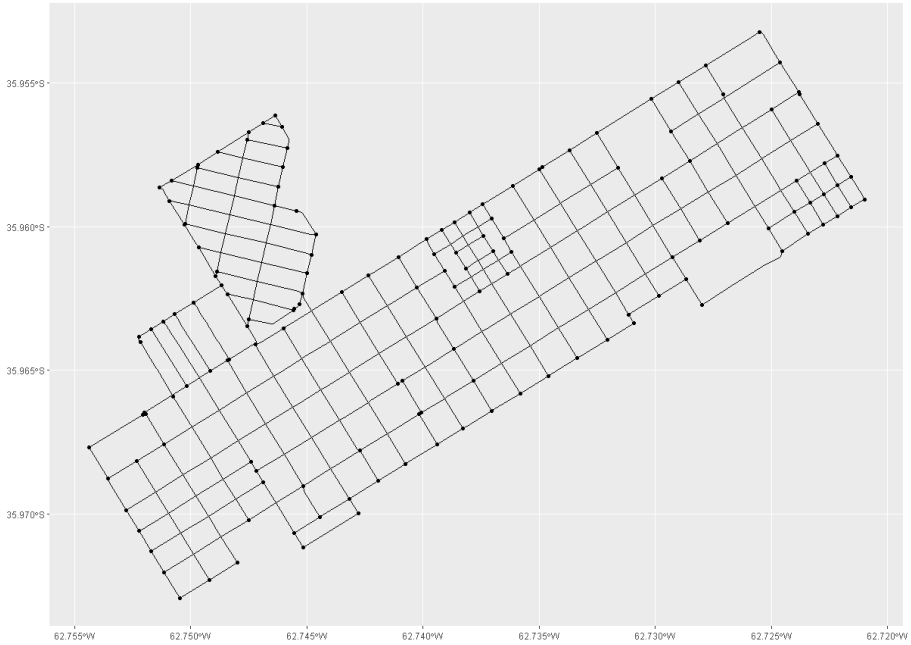


Figura 6 Visualización geográfica de los datos importados a R.

Mediante el uso del comando *to_spatial_subdivision* del paquete *sfnetwork* (van der Meer, Abad, Gilardi, & Lovelace, 2022) se transformó la red de calles en una nueva red segmentada en cada intersección, ya que es necesario identificar cada tramo de manera particular para asegurar que sea recorrido por el camión.

De esta manera se llegó al arreglo de la Figura 7.

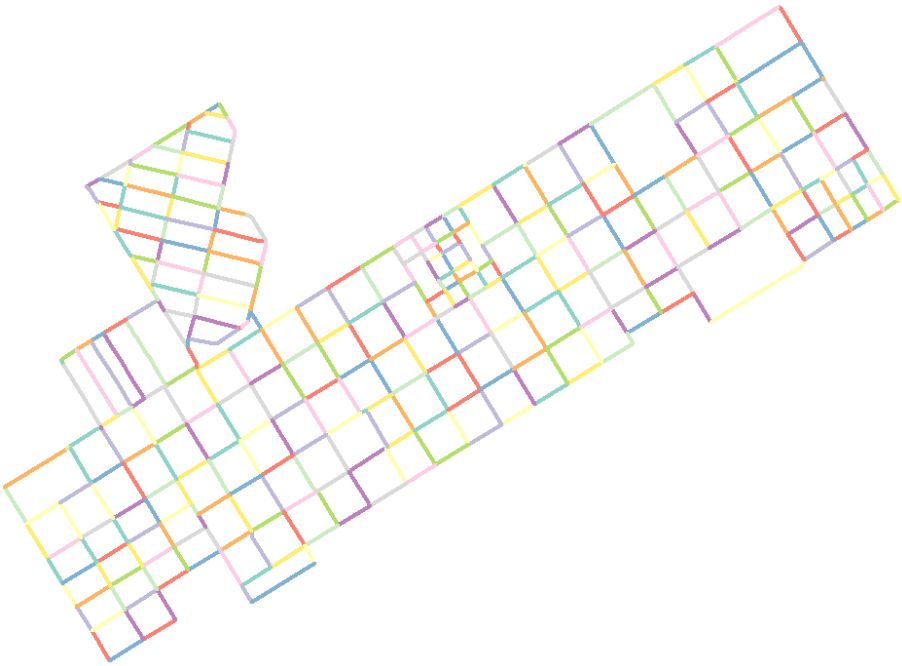


Figura 7 Plano segmentado en cada intersección.

Si bien en general se obtuvo un par de nodos por segmento, en algunos casos el número es mayor ya que deben representar curvas en el espacio. Para estos casos se desarrolló un script que permitía obtener únicamente los nodos iniciales y finales del segmento ya que solo estos son los que conforman los nodos del grafo a resolver.

A partir de la tabla con los segmentos (aristas) y nodos se creó el grafo asociado a la zona mediante el uso del paquete *igraph*. (Csardi & Nepusz, 2006).

Si bien la visualización del grafo obtenido es independiente de la geolocalización de sus nodos, se optó por mantener la misma ya que contribuía a interpretar los recorridos y nodos de grado impar en el grafo (Figura 8).

El grado de los nodos del grafo se observa en la Tabla 1. Como suele ocurrir, el grafo posee nodos impares y por lo tanto se lo debió transformar en euleriano para poder hallar un circuito que recorra todas las calles, pero repitiendo alguna de ellas.

Tabla 1 Grado de los nodos del grafo.

Grado	Cantidad
2	20
3	112
4	111

Al ser par la cantidad de nodos con grado 3, se generó un script en R que recorrió el grafo buscando para cada nodo impar su nodo impar vecino más próximo (utilizando la información de latitud, longitud y la fórmula de *Haversine*). A continuación se agregó una arista ficticia entre ellos transformándolos así en nodos pares manteniendo al mínimo la dimensión total del grafo. La Figura 9 representa estos arcos en color rojo y curvados.

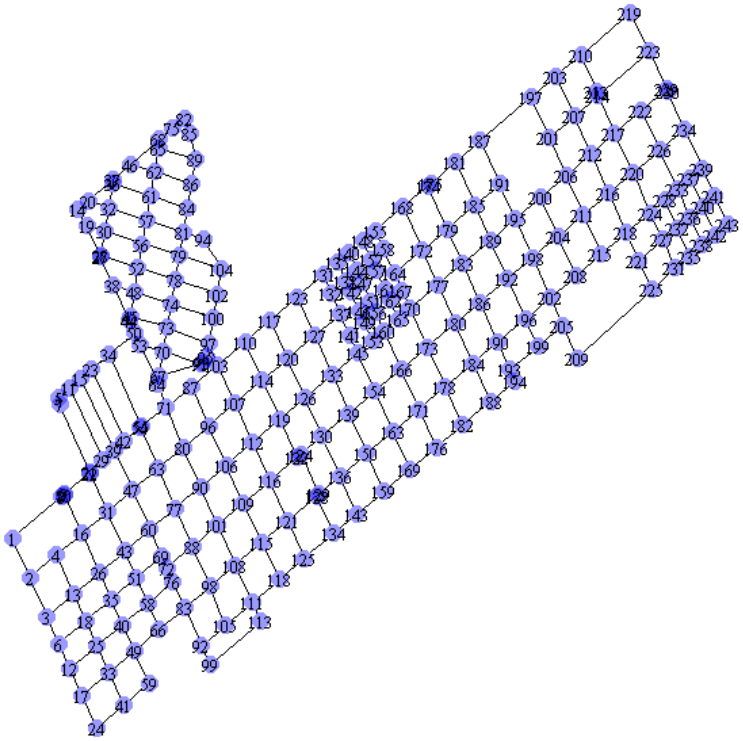


Figura 8 Representación gráfica del grafo con nodos geolocalizados

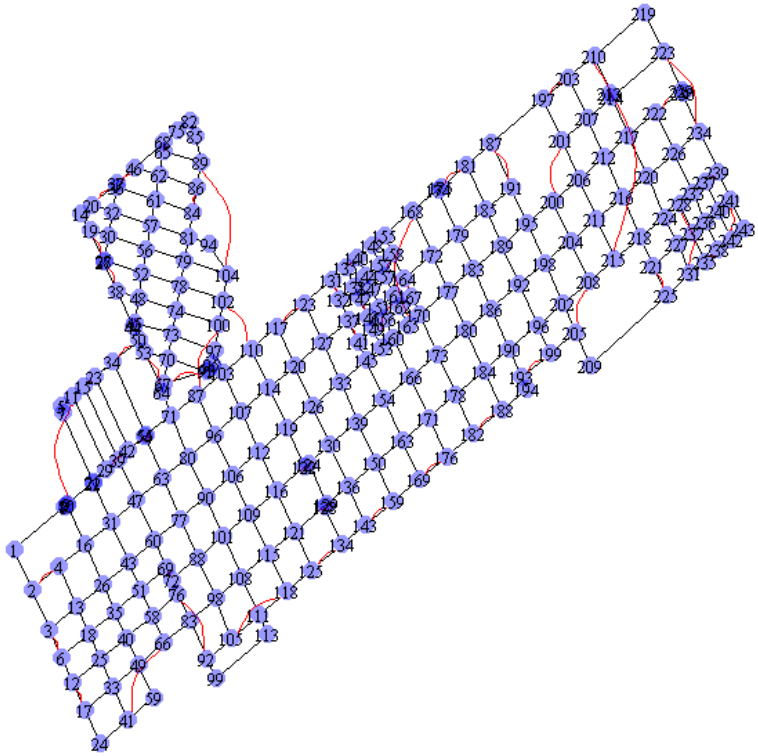


Figura 9 Grafo euleriano procesado completamente con R.

A través de la función *eulerian* del paquete *PairViz* (Hurley & Oldford, 2022), obtuvimos la propuesta de trayecto euleriano como un listado de nodos a recorrer, partiendo del nodo inicial 243.

Los primeros 10 nodos que encabezaron el listado fueron: 243-241-239-234-223-214-207-201-197-187.

Para comparar la idoneidad de la solución obtenida se generó un archivo con los nodos y arcos asociados al grafo (sin incluir los arcos ficticios propuestos por el script en R) y se procesaron los mismos mediante el software SCIP, el cual es uno de los solvers no comerciales más rápidos para

la programación de enteros mixtos (MIP) y la programación no lineal de enteros mixtos (MINLP). Su uso es gratuito con fines de investigación como miembro de una institución académica o no comercial.

Como el grafo no es euleriano, se duplicaron las aristas intercambiando sus nodos extremos de manera que el *solver* pueda generar trayectos de ida y vuelta por la misma cuadra cuando sea necesario (o recorrerla más de una vez en el mismo sentido) siempre atendiendo a recorrer todas las aristas al menos una vez en cualquier sentido y minimizando el recorrido total. El costo de cada arista se asoció a la longitud de la misma.

El código procesado en SCIP fue el siguiente:

```
# adquisición de los nodos del grafo
set V := { read “nodos.txt" as "<1s>" comment "#" };
set P := { <i,j> in V*V };

# adquisición de los arcos del grafo: 1s = nodo1, 2s = nodo2, 3n = longitud del arco
param d[V*V] := read "arcos.txt" as "<1s,2s> 3n" default 0;
set E := {<i,j> in V*V with d[i,j] > 0 };

# x = cantidad de veces que se recorre el arco.
var x[<a,b> in E] integer >= 0;

# se minimiza la suma total del costo (distancia) multiplicada por la cantidad de veces que
# se recorrió el arco
minimize fobj: sum <i,j> in E: (d[i,j] * x[i,j]);

# la cantidad de veces que se ingresa a un nodo debe ser igual a la cantidad de veces que
# se sale del mismo para respetar el flujo dentro del nodo
subto flujo:
        forall <i> in V:
        (sum <j> in V with <j, i> in E: x[j,i]) ==
        (sum <j> in V with <i,j> in E: x[i,j]);

# con recorrer una arista en un solo sentido es suficiente
subto unavez:
        forall <i,v> in E:
        x[i,v] + x[v,i] >= 1;
```

La solución obtenida se importó nuevamente al software R para poder graficarla. Con color rojo se representan los arcos que se recorren una única vez, con color azul aquellos que se recorren dos veces, pero en distinto sentido, y con color verde los arcos que se recorren dos veces en el mismo sentido. La flecha en el arco indica el sentido propuesto en la solución.

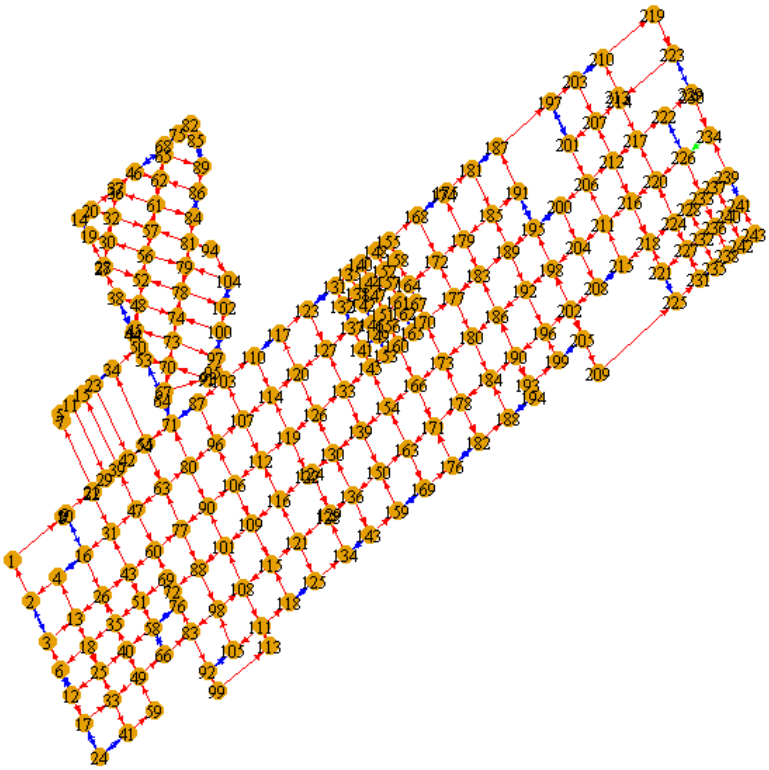


Figura 10 Grafo euleriano procesado con SCIP.

3. RESULTADOS.

Mediante el procedimiento para obtener el circuito euleriano enteramente con el software R se obtuvo un recorrido total aproximado de 52.120 metros, incluyendo el añadido de 6.140 metros de arcos ficticios. Se considera aproximado ya que la distancia de los arcos ficticios fue considera en línea recta. El tiempo para el procesamiento y generación de gráficos es de 3 minutos. Puntualmente, el tiempo de generación del grafo euleriano (mediante aristas ficticias) y la generación del trayecto fue de 44 segundos.

El tiempo del *solver SCIP* para encontrar un circuito euleriano en el grafo es de 2 segundos, con una distancia total de 52.205 metros.

La distancia del circuito propuesto por ambos softwares es similar.

Comparando con el recorrido actual realizado por el camión de residuos se observa que las distancias obtenidas son superiores a las registradas por el sistema de seguimiento satelital del camión. El motivo es que actualmente el camión no recorre todas las calles. Para cubrir el área total lleva una dotación de tres recolectores (adicionales al chofer) que se turnan para ir reuniendo en las esquinas los residuos de las cuadras transversales de manera de reducir el tiempo del recorrido total. La Figura 11 visualiza esta situación. El cuadro inferior derecho resume el tiempo que demandó el recorrido y los kilómetros asociados.

El recorrido del camión es de 34 km, y posee 1 km para llegar y regresar de la zona al garaje donde se guardan los camiones. Por lo tanto, el recorrido realizado dentro de la zona es de 33 km. A partir de la sumatoria de la longitud de cada arista se obtiene que la zona posee una distancia total a recorrer de 46 km en total, lo que implica que los operarios recorren a pie 13 km (28% del total).

La duración actual es de 4 horas (237 minutos) para recorrer 34 km. Por lo que asumiendo una rapidez promedio similar, para recorrer los 52 km propuestos, el tiempo que requeriría el servicio sin que los operarios realicen una recolección paralela a pie, sería de aproximadamente 6 horas. La Tabla 2 resume estos valores.

Con esta información, el Municipio debería evaluar si, en base a las lesiones de trabajo y la ventana de tiempo disponible para prestar el servicio, es conveniente inclinarse por alguno de los circuitos eulerianos obtenidos en el presente trabajo. El beneficio que obtendría el Municipio es que al reemplazar la mayor parte de los recorridos a pie puede reducir la dotación del camión obteniendo una diferencia positiva luego de descontar el mayor consumo de gasoil. Los trabajadores asignados no generan mayor costo ya que no se deben abonar horas extras debido a que la jornada municipal

es de 6 horas. La reducción de accidentes laborales implica un beneficio adicional ya que trotar con bolsas de residuo es considerado una actividad riesgosa. El saldo positivo podría reasignarse a aumentar el número de trabajadores que realizan la separación de los residuos mejorando la eficiencia total del servicio.

Una desventaja que suelen exhibir estos circuitos es que presentan un número elevado de giros para minimizar el recorrido total evitando recorrer calles más de una vez.

Figura 11 Recorrido actual del camión recolector en la zona bajo estudio.

Tabla 2 Comparativo de parámetros de recorrido en la zona.

Variable	**Actual**	**Propuesta**
Distancia en cuadras de la zona	46 km	
Recorrido en camión	33 km	52 km
Recorrido a pie	13 km	0 km
Duración aproximada	4 h	6 h

El proyecto de investigación, que finaliza el 31/12, contempla enriquecer la propuesta del trayecto actual modelizando una penalidad en función del cambio de dirección al llegar a una intersección.

4. CONCLUSIONES.

Hoy existen herramientas libres y gratuitas que permiten encontrar soluciones para modelizar situaciones reales de logística como en el caso de recolección de residuos sólidos urbanos.

La solución obtenida consume mayor tiempo que la de los paquetes de software comercial, pero es aceptable para una ciudad del interior dividida en zonas como el caso estudiado.

Si bien el trayecto cumple con la exigencia de minimizar la distancia total recorrida, en la práctica debe incluir otros aspectos como por ejemplo la reducción en la cantidad de giros, tanto por el desgaste que se ocasiona en los vehículos como para facilitar a los conductores recordar la nueva ruta.

La disponibilidad de herramientas y repositorios cartográficos libres y gratuitos abre una nueva oportunidad para plantear soluciones a problemas con información cada vez más cercana a la realidad.

5. REFERENCIAS.

Beliën, J., De Boeck, L., & Van Ackere, J. (2014). Municipal Solid Waste Collection and Management Problems: A Literature Review.. *Transportation Science, 48*(1), 78-102.

Betanzo-Quezada, E., Torres-Gurrola, M. Á., Romero-Navarrete, J. A., & Obregón-Biosca, S. A. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 32(3), 323-337.

Csardi, G., & Nepusz, T. (2006). The igraph software package for complex network research. InterJournal, Complex Systems, 1695. Obtenido de https://igraph.org

Edmonds, J., & Johnson, E. L. (1973). Matching Euler tours and the Chinese postman. Mathematical Programming, 5(1), 88-124. https://doi.org/10.1007/BF01580113

Hurley C, Oldford R (2022). PairViz: Visualization using Graph Traversal. R package version 1.3.6, https://cbhurley.github.io/PairViz/.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Indec (2016). Población estimada al 1 de julio de cada año calendario por sexo, según partido. Provincia de Buenos Aires. Años 2010-2025.

Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. The R Journal, 10(1), 439--446. doi:10.32614/RJ-2018-009

Van der Meer, L., Abad, L., Gilardi, A., & Lovelace, R. (2022). sfnetworks: Tidy Geospatial Networks. Obtenido de https://CRAN.R-project.org/package=sfnetworks

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Universidad Tecnológica Nacional y la Municipalidad de Trenque Lauquen por su apoyo para realizar el presente proyecto de investigación.

Reingeniería en el diseño de una distribución de planta de una Bodega de Pisco Artesanal con denominación de origen
Layout of an Artisan Pisco Winery with denomination of origin

Jorge Paucar Luna[1]; Katherine Santiago Vidal[2]; Airthon Raúl Malaca Valencia; [3] Anahí Antuanette Valladares Reyes Inca; [4]Walter Andia Valencia[5]

[12345] *Facultad de Ingeniería Industrial Universidad Nacional Mayor de San Marcos*
[1] *jpaucarl@unmsm.edu.pe;*[2] *katherine.santiago@unmsm.edu.pe;*
[3]*airthon.malaca@unmsm.edu.pe;* [4]*anahi.valladares@unmsm.edu.pe*
[5] *wandiav@unmsm.edu.pe*

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo proponer un modelo de planta para la elaboración de Pisco de forma artesanal con estándares de calidad e inocuidad que la normatividad peruana y el mercado internacional exigen. La metodología que se utilizó es la exploratoria descriptiva y se inicia con la elaboración de los diagramas de operación y procesos, análisis de los procesos y sus respectivas actividades, desde la recepción de la materia prima hasta el embarque del producto terminado; con énfasis en los puntos de control fisicoquímico e inocuidad. Como parte de las herramientas del modelo se utilizó el diagrama de Muther a fin de establecer la relación entre procesos y actividades. Con los resultados obtenidos se elabora la propuesta de plano general de la planta. Para su mejor comprensión del diseño de la planta se elaboran en primer lugar un plano en 2D utilizando el AutoCAD el plano general de la planta y con ayuda del sketchup se hace el diseño en 3D para obtener una perspectiva general de todo el proceso productivo.

Palabras clave: Diseño de planta, Pisco, Muther, denominación de origen.

ABSTRACT

The objective of this research was to propose a plant model for the production of Pisco in an artisanal way with quality and safety standards that Peruvian regulations and the international market require. The methodology used is the descriptive exploratory and begins with the development of operation and process diagrams, analysis of the processes and their respective activities, from the reception of the raw material to the shipment of the finished product; with emphasis on physicochemical control points and safety. As part of the model tools, the Muther diagram was used in order to establish the relationship between processes and activities. With the results obtained, the proposal for the general plan of the plant is elaborated. For a better understanding of the plant design, a 2D plan is first drawn up using AutoCAD, the general plan of the plant, and with the help of sketchup, the 3D design is made to obtain an overview of the entire production process.

Keywords: Layout, Pisco, Muther, appellation of origin.

1. INTRODUCCION

El Pisco es un destilado de uva (*Vitis vinífera* o híbrido) creado en el Perú obtenido por la destilación de mostos frescos de “uvas pisqueras” (Quebranta, Negra Criolla, Mollar, Italia, Moscatel, Albilla, Torontel y Uvina) fermentadas, utilizando métodos tradicionales y ancestrales de calidad, que dan lugar a un proceso de elaboración puro, exento de aditivos, azúcares, agua y demás elementos distintos de la uva. Se debe señalar que este licor que se produce en Perú es Pisco y no aguardiente, por ser este último es una mezcla de azúcares residuos y el grado de alcohol rectificado. Así mismo solo puede ser elaborado únicamente en los valles de la costa peruana de los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Moquegua, y los valles de Locumba, Sama y Caplina en el departamento de Tacna. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, 2019).

Un equipo de ingenieros geólogos y agrónomos demostró que solo en la República del Perú se puede producir Pisco, Esto se debe a que sólo en los valles donde se cultiva uva pisquera posee la combinación perfecta de rocas, sedimentos, relieve y suelo para generar el terreno propicio para el nacimiento de esta bebida de bandera. (INMGEMET,2019). Este estudio que fue liderado por Cristina Cereceda, especialista del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet), se centró en el departamento Ica, primer productor de uva pisquera a escala nacional (51.9 % de plantaciones), y pone énfasis en el análisis de los factores naturales y climáticos del entorno geográfico donde crece el cultivo.

Con la llegada de los españoles al Perú también llega la uva y se empieza la elaboración del vino. Pero su calidad era tan buena que los españoles decidieron comercializarlo con tal el éxito del vino peruano en el Reino de España, que las bodegas españolas empezaron a quejarse porque sus ventas habían disminuido. Esto motivo mediante una Real Cédula suscrita por Felipe II en 1595, que en uno de sus párrafos dice: "Por instrucciones de virreyes y otras cédulas y provisiones nuestras está prohibido plantar viñas en las Indias Occidentales”. (Recopilación de Leyes de los Reinos de las Indias, 1774). En la práctica era una restricción de importación de vino de los Virreinatos de Nueva España y Perú, la cual fue aceptada hasta 1613. Ante esto, los productores costeros intensificaron la producción de Pisco, bebida que empezaba a popularizarse. (Huertas, 2004).

El documento más antiguo se encuentra en el protocolo número 99 del notario Francisco Nieto, con fecha 30 de abril de 1613 custodiado por el Archivo General de la Nación (AGN) y se trata de un testamento de Pedro Manuel, “el Griego” (1613), un residente del departamento o de Ica, En el documento de "el Griego" da cuenta de más de treinta (30) tinajas de aguardiente, un barril de aguardiente, una caldera grande de cobre y todos los implementos necesarios para producir el finísimo destilado de uva pisquera.

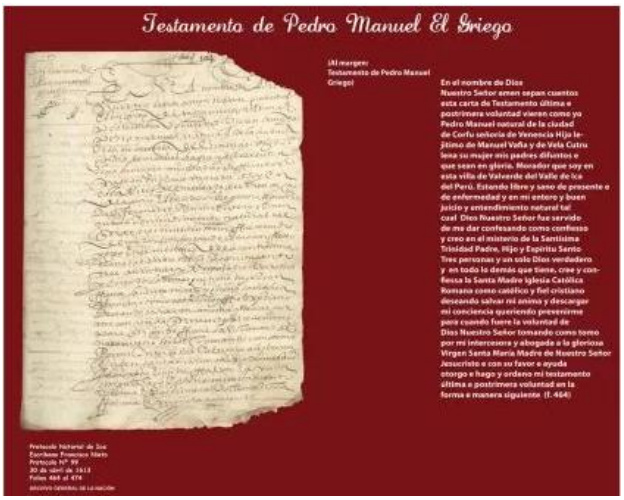


Figura 1. *Página del testamento de Pedro Manuel, el griego* (1613)

Nota: Documento encontrado en el Archivo general de la nación. ANDINA: Agencia de noticias.

El registro legal más antiguo sobre de la denominación de origen del Pisco lo encontramos en el escrito original de López de Caravantes de 1630, publicado en 1881 por el Ministerio de Fomento de España en el Tomo I de Relaciones Geográficas de Indias: Perú. Que dice lo siguiente: “el valle de Pisco, sigue siendo el más abundante de excelentes vinos de todo el Perú. Desde allí uno que

compite con nuestro Jerez, el llamado *Aguardiente Pisco*, por extraerse de la uva pisqueña, es uno de los licores más exquisitos que se bebe en el mundo".

Para el análisis en primer lugar, se tomó como base la normatividad peruana referente a los estándares de calidad que debe tener una bodega procesadora de Pisco artesanal para que obtenga el reconocimiento legal de "denominación de origen" (Resolución Suprema N° 1207 del 20 de diciembre de 1946). Con los resultados obtenidos se procedió a diseñar plano en 2d de la bodega de pisco artesanal para su fácil comprensión y aplicación.

1.1 Objetivo

Establecer mediante las técnicas del estudio del trabajo, diagramas de relaciones de procesos y buenas prácticas de manufactura, la normalización de procesos y redistribución de planta, a fin de que bodegas que elaboran Pisco en forma artesanal, cumplan con la Norma técnica Peruana del Pisco (NTP 211.001.2006) y puedan obtener la certificación de "Denominación de origen".

2. MATERIALES Y METODOS

El método de la investigación es el enfoque cuantitativo (Hernández, 2018) de carácter exploratorio descriptivo fundamentada en la metodología de del Estudio del Trabajo (Instituto Tecnológico de Tijuana, 2014). Se utilizaron herramientas como los diagramas de operaciones de procesos, diagramas de análisis de proceso y diagramas de Recorrido. Una vez definidos los procesos de producción, a través de la metodología Planeación Sistemática de distribución de Planta conocida como SLP, por sus siglas en inglés de *Systematic Layout Planning*, (Muther, 1981) se relacionan los diferentes actividades y procesos, Se utilizó esta metodología por ser más aceptada para la resolución de problemas de distribución de planta (Potadar, Kadam, Vasudevan, Kottur y Raina, 2018) y poder realizar el diseño de la futura planta a proyectarse.

2.1 Diagrama de operaciones de proceso

Diagrama de las operaciones del proceso (DOP) (operation process-chart) se define como: "Es una representación gráfica de los puntos en los cuales se introducen los materiales en el proceso y de la secuencia de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las comprendidas en el manejo de materiales", (Yépez, 2021). Contiene, además, información de interés para el análisis, tales como el tiempo requerido, la localización, distribución y puntos de control de los procesos y sus respectivas actividades. Este tipo de diagrama e muy útil cuando se va a iniciar el estudio de un proceso complicado, y se quiere normalizar un proceso artesanal o semi-industrial con el fin de asegurarse de que ninguna fase importante se pasa por alto.

Para su elaboración se utilizan los siguientes símbolos:

- **Operación:** cuando se modifican las características físicas o químicas de un objeto, o cuando se monta o desmonta de otro, o se dispone para la actividad siguiente.
- **Inspección:** cuando se examina un objeto para su identificación o para comprobar la cantidad calidad de alguna de sus propiedades
- **Inspección:** cuando se examina un objeto para su identificación o para comprobar la cantidad calidad de alguna de sus propiedades.
- **Almacenaje:** cuando un objeto es guardado o protegido de traslados no autorizados.
- **Transporte:** cuando un objeto se traslada de un lugar a otro, a excepción de los casos en que el movimiento forme parte de la operación, o se origine por parte de los trabajadores en el mismo puesto de trabajo a causa de una operación o inspección.

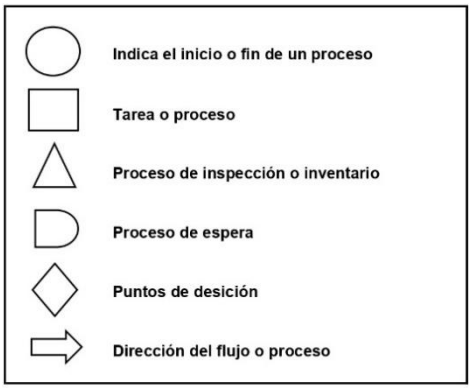


Figura 1. *Simbología Diagrama de operaciones de proceso*

Nota: Yépez, V. (2021) Diagramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos

2.3 El diagrama de relación de actividades

Según (Tompkins, 1996) este diagrama nos permite determinar las áreas de la empresa y las relaciones entre ellas en base a un ranking por los flujos de producto semi terminado y en ocasiones en base a criterios especiales como conveniencia, por compartir personal o por limpieza.

La metodología para el diagrama citado es la siguiente:

- El diagrama nomina todas las áreas de la empresa para la distribución.
- Determinar unos criterios propios de importancia de su cercanía y la razón de esta.
- Completar el diagrama.

2.4 Metodología SLP, (Systematic Layout Planning) Planeación Sistemática de la Distribución de Planta de Muther

El método SLP, es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución de planta y está constituida por cuatro fases, en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación, (Ramirez, 2013)

La Distribución de Planta que se utilizó para la investigación, es la de la fabricación de Pisco de manera artesanal con denominación de origen. El Pisco como bebida de bandera nacional del Perú está regida por una normatividad especial (NTP 211.001.2006) que exige que la producción este organizada, bien de forma continua, bien repetitiva. Los recursos se organizan físicamente ordenándose para simplificar el desplazamiento de los productos, que por regla general son muy parecidos entre sí.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Proceso de elaboración de una planta de Pisco artesanal

La fabricación de Pisco artesanal es un buen ejemplo de la distribución de planta por producto, donde la producción está organizada, es de forma continua, bien repetitiva. Los insumos se organizan físicamente ordenándose para simplificar el desplazamiento de la materia prima y productos semi terminados. (Garcia-Sabater, 2020)

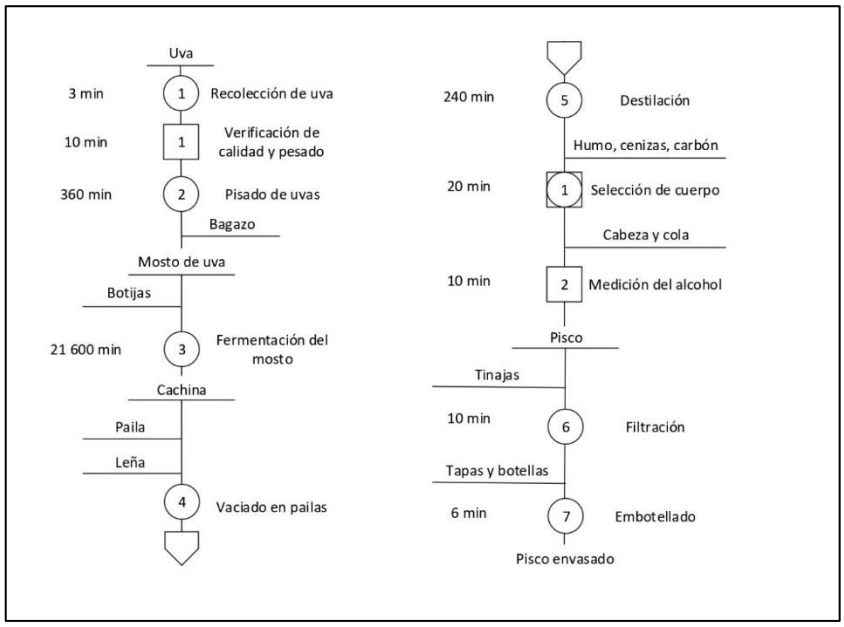


Figura 2 *Diagrama de operaciones y procesos de una planta de elaboración de Pisco tradicional*

Nota: Resultado del análisis de las actividades. Elaboración propia.

Tabla 1 *Diagrama Analítico del Proceso Pisco artesanal con denominación de origen*

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROCESO												
Diagrama Nª:1				Hoja Nª:1		**Cursograma analítico Op./Mat./eq.**						
OBJETIVO:						**RESUMEN**						
PREPARAR PISCO						**Actividad**	**Símbolo**	**Actual**	**Prop**	**Econ**		
						Operaciones	○		7			
PRODUCTO:						**Transporte**	⇨		6			
ELABORACIÓN DE PISCO						**Esperas**	D		1			
						Inspección	□		2			
						Combinada	○□		1			
Metodo: Actual/Propuesto						**Almacenamiento**	▽		3			
Lugar: Vitivinícola "Reina de Lunahuaná"						**Total**			20			
Compuesto por: K. Santiago V., A. Malaca V., A. Valladares R.			**Fecha**			Costo						
Aprobado por: Jorge Paucar Luna			**06**	**09**	**22**	Tiempo (m)			153879.0			
N°	**Descripccion Actividades**	**TIPO DE ACTIVIDAD**										
		Cant	**d(m)**	**t(m)**	○	⇨	D	□	○□	▽	**Observacion**	
1	Recolección de uva quebranta o uvina	6 ton		3.0								
2	Traslado de las uvas al área de calidad y pesado			3.0								
3	Verificación de calidad y pesado			10.0								
4	Traslado las uvas al área de pisado			3.0								
5	Pisado de las uvas			360.0								
6	Trasladar del mosto de la uva al área de Botijas			3.0								
7	Almacenamiento del mosto de la uva en las botija de arcilla	18 L/botija		5.0								
8	Activacion de la levadura del mosto			180.0								
9	Fermentación del mosto y obtención de la cachina			21600.0								
10	Trasladar las botijas al alambique de cobre			3.0								
11	Introducir la Leña de palta o de pacay en el horno			2.0								
12	Vaciar la cachina en la Paila	6 botijas		15.0								
13	Inicia la destilación			240.0								
14	Seleccionar el Cuerpo			20.0								
15	Medir el grado de alcohol			10.0								
16	Trasladar al pisco al área de almacén	120 litros		3.0								
17	Almacenaje de las tinajas con el pisco			131400.0								
18	Filtrar el pisco			10.0								
19	Llevar al área de Embotellado			3.0								
20	Embotellar el pisco	750 botellas		6.0								

Nota: En la tabla se contabilizan los procesos de acuerdo a su orden de precedencia

3.1.1 Proceso de vendimia

El proceso de elaboración del pisco se inicia con la medición del grado Brix que tiene la uva, y la cantidad de materia seca presente. La medida promedio es entre 13 y 13,5 para que la uva pueda

servir y no existan deficiencias en su nivel de alcohol, el objetivo es obtener un mosto seco y no dulce.

3.1.2 Proceso de despalillado

Consiste en separar los granos de uva del raspón y de otras partículas vegetales que pueden acompañar al racimo, tales como trozos de sarmientos, hojas, pedúnculos, etc. También se llama derraspado, desraspado o desgranar la uva.

3.1.3 Proceso de pisado de la uva

Se realiza con los pies en posas revestidas de cemento (Se deben emplear 7 kilos de uva por cada litro de pisco deseado, y el doble (14 kilos) si se trata de un pisco mosto verde.) dura aproximadamente 5 a 6 horas. El residuo es el bagazo u orujo de la uva compuesto por la cascara de la uva, las semillas y los cabos de los racimos. (Morón, 2017)

Figura 3 *Pisado de la uva, Festival de la vendimia de Ica*
Nota: Perú *bus* https://blog.redbus.pe/turismo-aventura/festival-de-la-vendimia-ica/

3.1.4 Proceso de Prensado

Se separan los granos de uva del escobajo (es decir, la parte leñosa del racimo) y se estrujan los granos para liberar el mosto o jugo del fruto.
Figura 3. *Residuos o bagazo del proceso de prensado de la uva*
Fuente: Bodega “La Reyna de Lunahuana”

3.1.5 Proceso de fermentación

El mosto pasa a unas botijas donde queda en reposo. Es ahí cuando, al igual que en la elaboración del vino, empiezan a actuar los microorganismos y levaduras, las cuales convierten el azúcar del jugo en alcohol.

Figura 4 *Botijas de reposo de la fermentación del mosto*

Nota: Muestra de botijas para maduración del mosto. Bodega “La Reyna de Lunahuana”

3.1.5 Proceso de destilado

La sustancia obtenida tras la fermentación se destila una sola vez y de forma directa en alambiques fabricados de cobre, pues estos metales no alteran las propiedades de las cepas. La destilación consiste en someter el mosto fermentado al calor de una olla o paila, para que se vaya evaporando.

Figura 5 *Vertido del mosto al destilador*

Nota: Se muestra al trabajador vertiendo el fermento de uva en el destilador. Bodega “La Reyna de Lunahuana” programa Perú off Road

Figura 6: *Alambique artesanal de Pisco*

Nota: Destilador de cobre artesanal con su serpentín de refrigeración. Bodega “La Reyna de Lunahuana”

líquido se hierve a una temperatura que varía entre los 80 y 110 °C hasta transformarse en vapor. Los vapores que suben llegan a un conducto condensador (cañón o serpentín), que se encuentra sumergido en una alberca con agua fría o sustancias refrigerantes. El efecto del cambio de temperatura hace que el vapor se condense y se convierta en un líquido alcohólico que se conoce como “primer pisco” o “chicharrón”. Este aún no es el producto final.

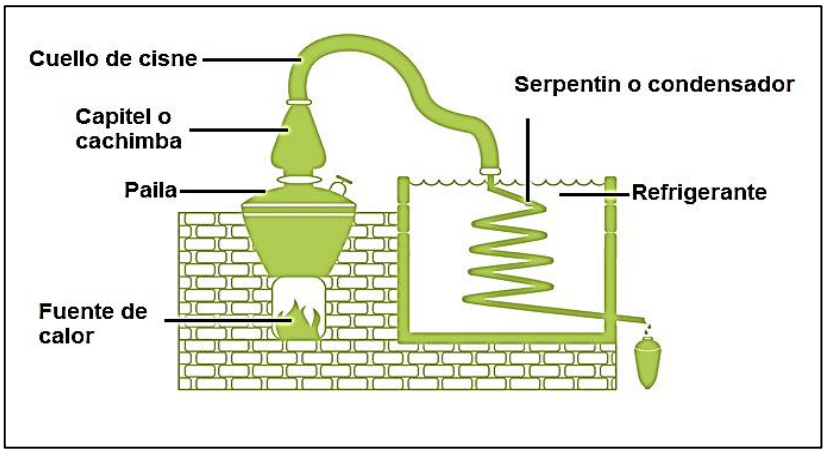


Figura 7 *Esquema de un alambique de funcionamiento simple*

Nota: https://buenazo.pe/notas/2020/09/16/proceso-elaboracion-pisco-157

3.1.6 Selección del cuerpo

El líquido que sale del alambique se separa en “cabeza”, “cuerpo” y “cola”.

- **Cabeza:** se descarta porque, al ser el líquido que sale al comienzo de la destilación,tiene contenido alcohólico muy alto y gusto cetónico.
- **El cuerpo:** se rescata, pues en él residen los alcoholes “superiores” y es dondemejor se preserva el aroma natural de la fruta que le da el carácter final al pisco.
- **La cola:** se descarta porque, al ser lo último en salir del alambique, tiene poca presencia de aroma, sabor y alcohol.

3.1.7 Proceso de maduración

El cuerpo de la bebida obtenida se guarda en tinajas. En este tiempo, se asientan algunas partículas no deseadas que pudieran permanecer en el líquido y evolucionan los componentes alcohólicos. El periodo de reposo debe ser, como mínimo, de tres meses. Luego, la bebida es filtrada y embotellada para el consumo. Ahora la molécula del alcohol es más pequeña que la del mosto por cuánto estás botijas de maduración eran revestidas interiormente con resinas para evitar la evaporación.

3.1.8 Envasado

A diferencia del Pisco industrial cuya maduración es de 2 a 3 meses, el Pisco artesanal debe madurar un año, (a partir de los 6 meses ya se puede considerar un pisco de categoría). Las botellas deben ser selladas, no deformable y de vidrio neutro u otro material que no modifique el color natural del mismo y no transmita olores, sabores y sustancias extrañas que alteren las características propias del producto. El pisco se vierte en las botellas por gravedad.

3.1.9 Rotulado

El rotulado debe estar de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 210.027, NTP 209.038 y NMP 001. 10. 2 En la etiqueta se deberá consignar la expresión “Denominación de Origen Pisco”, en caracteres legibles, seguida del número de certificado de la autorización de uso.

Figura 8 *Rotulado del pisco*

Nota: Botellas de Pisco artesanal rotuladas con su código de denominación de origen. Bodega “La Reyna de Lunahuana”

3.2 Prueba de calidad de un buen Pisco

La prueba de calidad que distingue al Pisco, se conoce como "cordón y rosa". Consiste en batir la botella sin abrir y luego apreciar una gran cantidad de burbujas girando en la parte superior de la botella, como si fuera un torbellino, llamada "rosa". A sus extremos, aparece una cola de burbujas llamada "cordón". Efecto físico muy pocas veces apreciado en piscos comerciales. Este fenómeno no es más que un indicador del grado de alcohol de un destilado que tenga más de 42°GL; en otras palabras, es un fenómeno físico basado en la DENSIDAD.

Figura 9 *Efecto Cordón y rosa del pisco*

Nota: Burbujas formando una especia de rosa después de haber sido agitado. Lunahuana Pisco Vino

2.3 Metodología SLP, (Systematic Layout Planning) Planeación Sistemática de la Distribución en Planta de Muther

La fabricación artesanal de Pisco es un proceso de producción organizado, bien de forma continua, bien repetitiva. Los recursos se organizan físicamente ordenándose para simplificar el

desplazamiento de los productos, que por regla general son muy parecidos entre sí.

Tabla 2. *Relaciones de Recorridos y/o Actividades*

Calificación de cercanía	
Valor	**Cercanía**
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal
U	Sin importancia
X	No deseable

Razones de cercanía	
Código	**Razón**
1	Flujo de material
2	Orden del proceso
3	Facilidad de carga y traslado
4	Personal común
5	No necesario
6	Necesidad de procesos anteriores

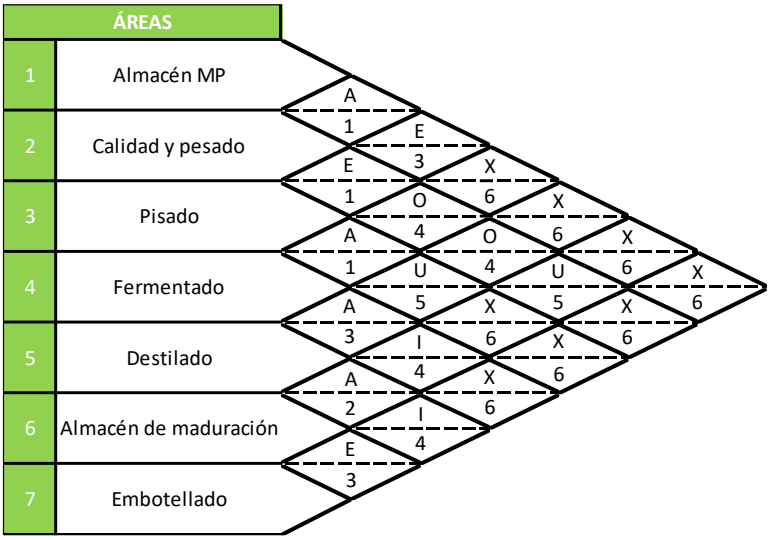


Figura 10 *Diagrama de Muther de una planta de Pisco artesanal con certificación de origen*

Nota: Se puede apreciar las relaciones entre las áreas de bodega de acuerdo a su calificación

3.4 Diseño de bodega de Pisco artesanal con denominación de origen

Con los datos obtenidos se elabora el diseño de una bodega de Pisco artesanal con denominación de origen y se presenta el diagrama de recorrido.

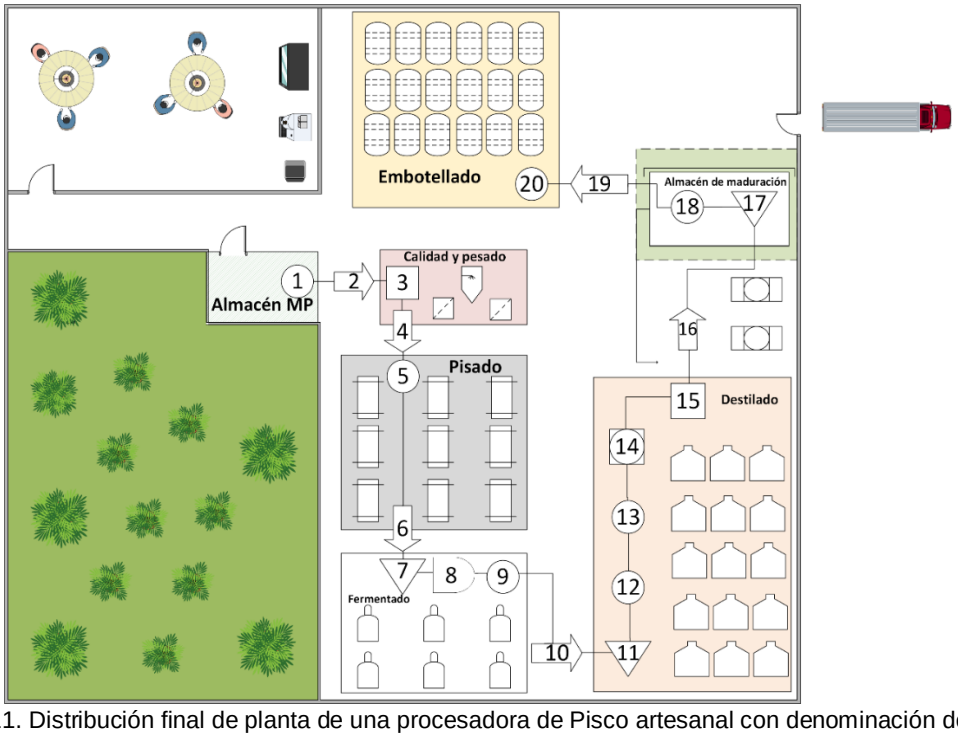


Figura 11. Distribución final de planta de una procesadora de Pisco artesanal con denominación de origen

*Nota***:** Plano de distribución de planta resultado del análisis

CONCLUSIONES

El estudio del trabajo, es una herramienta indispensable tanto en el diseño de una planta industrial, como en la implementación de buenas prácticas de manufactura y es útil para implementar la normativa nacional de calidad del Pisco.
Los procesos de producción no son aislados entre sí; donde la metodología de diagramas de Muther es una herramienta que nos permite realizar un diseño de Bodega de Pisco artesanal que esté acorde a la norma técnica de *denominación de origen*.
Una bodega que conserva los métodos ancestrales de elaboración del pisco artesanal puede obtener la "denominación de origen" si incluye las medidas de diseño de ingeniería industrial propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDINA. Agencia Peruana de noticias (2022) *Joya documental: testamento de 1613 de ciudadano griego hace referencia al pisco*. https://andina.pe/agencia/noticia-valiosa-joya-archivo-general-de-nacion-atesora-documento-mas-antiguo-del-pisco-903185.aspx

Garcia-Sabater, J. (2020) *Distribución en Planta*. *Nota Técnica* Universitat Politècnica de València. http://hdl.handle.net/10251/152734

Gustavo, F. C., & Silva, A. L. (2020). Aplicação da metodologia SLP em uma empresa fabricante de produtos domissanitários. *Revista Produção Online, 20*(2), 422-448. doi:https://doi.org/10.14488/1676-1901.v20i2.3704

Hernández (2018) *Metodología de la Investigación*. Editorial. Mcgraw-Hill ISBN: 978-1-4562-2396-0

Huertas, L. (2004) *Historia de la producción de vinos y piscos en el Perú*. Universum [online]. 2004, vol.19, n.2 [citado 2022-09-18], pp.44-61. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-23762004000200004&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-2376. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-23762004000200004.

INDECOPI. (2006). *Norma técnica Peruana del Pisco (NTP 211.001.2006).* https://www.indecopi.gob.pe/documents/20195/200722/6+Reglamento_DOPISCO.pdf/a2259836-69e6-4c8c-b403-f8c3c38f7039

INDECOPI. (2009). *Norma técnica Peruana (NTP 209.038) Alimentos envasados. Etiquetado* https://www.sanipes.gob.pe/documentos/5_NTP209.038-2009AlimentosEnvasados-Etiquetado.pdf

INDECOPI. (2019), *Guía práctica de la denominación de origen del Pisco*. https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3747615/pisco+%281%29.pdf/99a9fdfb-0b6a-97ff-06fe-37ddec01899f#:~:text=El%20Pisco%20fue%20declarado%20Denominaci%C3%B3n,16%20de%20enero%20de%201991

Ingeniería de Métodos. (2012). *Ingeniería de Métodos*. https://ingenieriametodos.blogspot.com/2012/06/diagrama-de-hilos-i.html

Ingenio Empresa (2016). (Estudia, Emprende, Enseña): https://ingenioempresa.com/diagrama-de-relaciones/

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (2019) Geología del Pisco. https://hdl.handle.net/20.500.12544/2268

Instituto Tecnológico de Tijuana (2014). *Estudio del Trabajo 1*. *Diagrama de proceso de operaciones*. https://sites.google.com/site/et111221057312211582/diagrama-de-proceso-de-operaciones

Lunahuana Pisco Vino (2020*) Efecto de Cordón y Rosa* https://www.facebook.com/watch/?v=3292013354156396

Ministerio de Fomento de España (1881) *Relaciones Geográficas de Indias: Perú Tomo I*

Ministerio de Salud (2021) *Resolución Ministerial N° 972-2021-MINSA* del 31 de julio de 2021

Morón, J. (2017) *La vid en el Perú y la elaboración del Pisco en Ica*, Revista Cultura, Ciencia y Tecnología. ASDOPEN-UNMSM / N° 11 / Enero - Junio 2017 p. 13. http://asdopen.unmsm.edu.pe/files/Articulo-4_04heq654.pdf

Muther, R. (1981) *Distribución en planta*. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

O. V. Potadar, G. S. Kadam, H. Vasudevan, V. Kottur y A. Raina, (2018) *Development of Facility Layout for MediumScale Industry Using Systematic Layout Planning*, en Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation.

Peru off road (2012) Programa PERU OFF ROAD 28 de Abril - 02 parte https://www.youtube.com/watch?v=VAQmR8KPd5M

Ramirez, A. (2013) *Cuadernillo de ejercicios de diagrama de recorrido y bloques.* Tecnológico de estudios superiores de Mexico. http://www.tesoem.edu.mx/alumnos/cuadernillos/2013.013.pdf

Recopilación de Leyes de los Reinos de las Indias, 1774 https://www.boe.es/biblioteca_juridica/publicacion.php?id=PUB-LH-1998-62

Reyes, J. F., Barragan, M. A., Sanchez, P., & Garcia, M. V. (2021). *Planificación del diseño de las instalaciones de la industria de comercialización de neumáticos.* Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação, 616-629. https://www.proquest.com/scholarly-journals/planificación-del-diseño-de-las-instalaciones-la/docview/2493869781/se-2

Tompkins, James A., White, John A., Bozer, Yavuz A., Tanchoco, J.M.A., *Planeacion de instalaciones*, Tercera Edicion, Editorial Thomson, Mexico, 2006.

Yépez, V. (2021) *Dia*gramas de proceso de operaciones como herramienta en el estudio de métodos. https://victoryepes.blogs.upv.es/2021/06/07/diagramas-de-proceso/

LAS CURVAS DE EXPERIENCIA COMO CONTENIDO MACRO DE LAS CURVAS DE APRENDIZAJE, LOS TIEMPOS DE PROCESO Y LA APLICACIÓN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS EN LA PLANEACIÓN EMPRESARIAL

Garzón Aguirre, Luis Alfonso; Fernández Miranda, María José; Hernández Reyes, Hernando; Corrales Buelvas, Amelia Margarita

Facultad de Ingenierías, Universidad de Córdoba
lgarzon@correo.unicordoba.edu.co, mfernandezmiranda13@correo.unicordoba.edu.co, hhernandezreyes59@correo.unicordoba.edu.co, acorrales@correo.unicordoba.edu.co

RESUMEN

Las curvas de experiencias se encuentran en todas las actividades de los seres vivos, en especial en aquellas que deben ser adquiridas por el ser o el individuo, que tiene que pasar por un proceso de aprendizaje para dominar tareas rutinarias como adquirir destreza manual, tener lógica del pensamiento y en general todos los procesos que son de dominio de los seres humanos, que es lo que nos compete en esta investigación. El presente proyecto nace de la premisa “Para competir eficientemente es indispensable acumular experiencia” por lo cual, aborda la conceptualización y el modelo matemático de la curva de experiencia, representada a través de un problema hipotético de duelo entre las organizaciones empresariales planteadas A, B, C, D, con producto denominado Best Known One, Two, Three y Four, respectivamente. La metodología consiste en realizar los cálculos correspondientes a la curva de experiencia. Donde se establece una línea de tiempo a partir del año 2012 y la comparación de la aplicación va hasta el año 2017, y a partir de ello se determina, el volumen anual de producción y el costo de fabricación del producto, con la única finalidad de ilustrar la conceptualización teórica que ayude a la comprensión del modelo matemático de la curva de experiencia, y de esta manera con la información obtenida se establecen estrategias por medio de la comparación de precios y costos.

Palabras Claves: Competitividad, experiencia, eficiencia.

ABSTRACT

Experience curves are found in all activities of living beings, especially in those that must be acquired by the being or individual, who has to go through a learning process to master routine tasks such as acquiring manual dexterity, having the logic of thought, and in general all the processes that are the domain of human beings, which is what concerns us in this research. The current project is born from the premise that "To compete efficiently it is indispensable to accumulate experience"; therefore, it approaches the conceptualization and the mathematical model of the experience curve, represented through a hypothetical problem of the duel between the business organizations A, B, C, D, with a product called Best Known One, Two, Three and Four, respectively. The methodology consists of performing the calculations corresponding to the experience curve. Where a timeline is established from the year 2012 and the comparison of the application goes up to the year 2017, and from this is determined, the annual volume of production and the cost of manufacturing the product, with the sole purpose of illustrating the theoretical conceptualization that helps the understanding of the mathematical model of the experience curve, and in this way with the information obtained strategies are established through the comparison of prices and costs.

Keywords: Competitiveness, experience, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

Las curvas de experiencia son una herramienta moderna con la cual se puede calcular fácilmente la eficiencia y en la mayoría de los casos se aplica al cálculo de la eficiencia compartida entre proceso y gestión. Las curvas de experiencia contemplan el tiempo que se debe invertir en una actividad antes que se tenga dominio de los componentes de la actividad. Con estas palabras podemos establecer como criterio que las curvas de aprendizaje están presentes en todas las actividades de los seres vivos, en especial en aquellas actividades que deben ser adquiridas por el ser o el individuo y no pertenecen a actividades inconscientes como respirar o hacer que el corazón palpite. Así por ejemplo un felino de la naturaleza o del entorno domestico solo nace con el instinto de cazador, pero hará falta muchas horas de entrenamiento entre éxito y fracaso hasta que se domine el proceso de caza. En el ser humano no es menos halagador, un ser humano recién estrenado (recién nacido) tendrá que pasar por un proceso de aprendizaje para dominar tareas tan rutinarias para el adulto como caminar, adquirir destreza manual, tener lógica del pensamiento y en general todos los procesos que son de dominio de los seres adultos y de uso rutinario.

Todas las actividades del ser humano, que es lo que nos compete en esta investigación, tiene curvas de experiencia difíciles o relativamente fáciles. Si nos enfrentamos en el proceso de aprendizaje de una nueva actividad a una curva muy pronunciada, como es el adiestramiento o capacitación para el manejo de un nuevo prototipo de una máquina de nueva tecnología, es necesario darse cuenta de los posibles obstáculos de esta actividad.

La competitividad que trae la aplicación de la curva de rendimiento a los costos hace que el producto o servicio pueda tener una mejor aceptación en el mercado, veamos un ejemplo.

Un producto o servicio. muy competido en el mercado de uso diario tiene un precio de venta de 1000 pesos y sus costos de producción son de 800 pesos, luego el margen de utilidad es 200 pesos o lo que es igual el margen de utilidad es del 25% del costo de producción (200/800*100), ahora si podemos reducir los costos para que el costo de producción unitario ahora sea de 600 pesos entonces el precio podía descender a 800 pesos y esto ampliaría el margen de utilidad al 33,33% (200/600*100). Con esto la empresa simplemente que reduce los costos de producción pasó de tener un margen de utilidad del 25% a tener un margen de utilidad del 33,33% y esta reducción de precio trae consigo un efecto colateral en el mercado dado que este producto es ahora más competitivo que antes y lo más seguro es que si la calidad se mantiene con el nuevo precio, la empresa logre una ampliación de la demanda.

1.1. Estado de arte

Mendoza & Lengerke (2018), afirman en el artículo “Posibilidades competitivas para la industria del turismo en Colombia: Un estudio exploratorio” que el sector necesita redefinir sus estrategias con el fin de hacer valer sus potencialidades competitivas indicadas en su curva de experiencia y relaciones inter empresariales, ya que la mayoría de las empresas contratan colaboradores que están relacionados directamente con las actividades de comercialización y los procesos de servicios, lo cual genera la curva de experiencia y beneficia a la curva de aprendizaje que conlleva sinergias a favor de la productividad y la competitividad, y así obtener una mayor participación en el mercado y generar un incremento en el valor agregado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Curva de Experiencia

Fue fomentada a mediados de 1960 por Bruce D. Henderson, CEO de BCG. (Boston Consulting Group). La curva de experiencia se entiende como una medida que se emplea en la mejora de procesos productivos de la organización como resultado del “saber hacer” y se estima a mediano plazo. y su principal principio es que con el pasar del tiempo, se van a reducir los costes de producción, adviértase que para ello debe haber un aumento equilibrado de las ventas. Martín (2018). Para Coll Morales (2021) es una representación gráfica (con curva convexa) o un diagrama que expone la forma en la que se reduce el coste de producción de una pieza nueva en la medida en la que aumenta la magnitud de producción acumulada, dicho así, la experiencia y otros factores conciben en hacer la mayor magnitud de producción acumulada para obtener más experiencia y así lograr que el coste de las piezas sea cada vez menor.

2.2. Curva de Experiencia Vs Curva de Aprendizaje

Aunque son similares, no se pueden considerar como sinónimos, dado que, en la curva de aprendizaje, es el individuo o trabajador el que, a punta de la repetición del proceso, consigue hacerlo con un menor tiempo, por ende, aumenta su productividad, además se calculan las mejoras teniendo en cuenta los factores productivos como la maquinaria, y demás implementos de trabajo. En cambio, cuando se habla de experiencia en la organización se engloban más aspectos, entre ellos a las economías de escala, la integración de nuevas tecnologías que mejoren los procesos, al igual que se puede decir que todo lo que comprende la curva de aprendizaje entra dentro de la curva de experiencia, pero no todo lo que engloba la curva de experiencia tiene que ver con la de aprendizaje. (Martín, 2018)

2.3. Eficiencia Técnica y Financiera

La eficiencia es la manera en la que se describe la cantidad de outputs (salidas) útiles que se generan en un proceso ya sea en la producción de productos o servicios con una proporción de inputs (entradas) requeridas para que funcione. La teoría económica examina la forma en la que se pueden entrelazar los factores productivos de manera eficiente para la elaboración de productos. Teniendo en cuenta lo anterior para referentes como O'Sullivan, (2004) y Astudillo (2012) citados por Alonso et al. (2019) hay dos conceptos de eficiencia que se miden en la producción: la eficiencia técnica que calcula la utilización de recursos en términos físicos es decir consiste en minimizar el uso de entradas (inputs) para obtener un resultado determinado y la eficiencia financiera que consiste en la minimización del uso de entradas (inputs).

2.4. Efectos De La Curva De Experiencia

Para competir eficientemente es indispensable acumular experiencia, así que el efecto de la curva de experiencia en productos y servicios, no se provoca automáticamente, sino que hay que provocarlo. Por medio de un conjunto de acciones empleadas por la organización, tales como: cambios en la tecnología, economías de escala, eficiencias en marketing y distribución, sustitución de piezas, ascenso en los procesos administrativos, mejor distribución de los gastos fijos, etc. (Silva Duarte, 1984)

De igual manera, la curva de experiencia podría agilizar su efecto, principalmente por el talento humano de la organización. mientras que en otros casos la implementación de nuevas tecnologías favorece en la obtención de mejores resultados. Prescindiendo de eso último, al contratar personal con experiencia previa y cualificado, en el área en el que se va a generar el valor añadido, además el autor Martín (2018), plantea que las organizaciones deben estudiar el llamado "reciclaje profesional", ya que puede ser una manera de incrementar la productividad ligada a la experiencia. Por ello, es más fácil instruir sobre una base conocida que si se tienen que enseñar al trabajador desde cero.

3. METODOLOGÍA

Para la realización de la presente investigación fue necesario recopilar datos empresariales de difícil obtención, con estos datos se realizan comparaciones entre las diferentes empresas en las cuales se tienen varias estrategias competitivas tales como llegar primero al mercado, entrar un poco tarde al mismo pero con tecnología de punta, disponer de un producto alternativo que realice la misma función pero con tiempos de procesos y costos menores, o la estrategia de producir un producto alternativo fabricado a partir de materias primas novedosas. Lo anterior permite establecer comparaciones sobre la curva de experiencia con el objetivo de explicar porque en las mismas condiciones de mercado y dificultad, para algunas empresas llegar tarde al mercado carece de importancia cuando se dispone de la estrategia competitiva referente a la aplicación de la curva de experiencia. Igualmente, con lo anterior es posible establecer la salud económica, laboral y de mercado de las empresas participantes en el estudio.

En el duelo entre dos empresas que dominan ampliamente el mercado de un producto novedoso por ejemplo un nuevo transistor, un nuevo microprocesador, una medicina novedosa o un nuevo Software o Hardware. Se pueden presentar los siguientes casos hipotéticos, que de hipotéticos no tienen nada, solo se nombran así para indicar que este es un ejemplo empresarial extraído de alguna realidad, pero con la única finalidad de ilustrar la conceptualización teórica que ayude a la comprensión del modelo matemático de la curva de experiencia que matemáticamente es sencillo, pero que necesita una buena conceptualización para su manejo y fácil aplicación, por este motivo se usa frecuentemente el término "por decir algo, o digamos o por dar una cifra".

Las empresas que participan en el siguiente planteamiento se han denominado, así.

Empresa A con el producto denominado BEST KNOWN ONE.

Empresa B con el producto denominado BEST KNOWN TWO.

Empresa C con el producto denominado BEST KNOWN THREE.

Empresa D con el producto denominado BEST KNOWN FOUR.

Dado que se requiere establecer una línea de tiempo que permita hacer el acopio de la aplicación de la curva de experiencia en cada una de las organizaciones empresariales planteadas (empresas A, B, C, D), entonces ubicamos el tiempo del caso a partir del año 2012 y la comparación de la aplicación va hasta el año 2017.

Para analizar el problema planteado se hace a través de un procedimiento lógico, Que nos permite realizar una síntesis de cada parte estudiada, Utilizando además técnicas de investigación cuantitativas para la recolección de datos que se transforman en números y de esta manera establecer las relaciones de fundamentales entre las variables, en base a eso procedemos a realizar los cálculos correspondientes a la curva de experiencia y a partir de ello se determina, el volumen anual de producción y el costo de fabricación del producto. Para los resultados y conclusiones se utiliza partimos de lo general a lo particular por medio del razonamiento deductivo y viceversa ya que también procedemos de situaciones concretas y específicas para lograr obtener afirmaciones generales, es decir a través de la observación formulamos una hipótesis verificamos está, planteamos una tesis y de ahí tenemos la teoría

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2012 una de las empresas digamos la empresa A lanzo al mercado su producto más conocido, el modelo digamos BEST KNOWN ONE. con una producción inicial de, por dar una cifra 1.000.000 de unidades en este primer año de fabricación, sobre esta unidad se calculó un costo de fabricación de 1000 pesos, la cual se mantuvo permanente en algunos años, digamos cuatro mientras el producto BEST KNOWN ONE se asimilaba en el mercado. A partir del quinto año la demanda creció a una tasa de, por colocar una cifra del 25%, colocándose en una curva de experiencia especificada por la siguiente ecuación.

$$Y_Q = Y_0 \left[{}^{Q}/_{Q_0} \right]^{K} . \qquad (1)$$

Es decir, con pendiente m y valor k de:

$$m = 2^{-k} \qquad (2)$$

$$k = [log 2^k]/[\log 2] \qquad (3)$$

Siendo negativo el valor de k porque la curva viene en descenso.

Donde Y_Q corresponde al precio de fabricación de la unidad Q

Q_N Enésima unidad fabricada.

Q_o Unidad inicial sobre la que se calculó el costo Y_o

Y_o costo inicial calculado

K pendiente de la recta, negativa si desciende y positiva si asciende

Y_Q costo calculado de la unidad Q

La respuesta de la empresa B, quien es la líder del mercado, no se hiso esperar, sacando al mercado un modelo equivalente, al año siguiente, por decir BEST KNOWN TWO, fabricado a partir de los mismos principios y materiales componentes que el modelo de la empresa A, situándose de esta forma en la misma curva de aprendizaje de la empresa A. La empresa B por ser la líder del mercado, dispone de mejor consolidación de marca que la empresa A y por lo tanto posee un mayor número de clientes fieles a la marca, por lo que fabrico inicialmente una cantidad mayor que la empresa A por decir una cifra la empresa B fabrico 1.200.000 unidades, con incrementos de producción del

12% (recordar que la empresa A se mantuvo constante en 1.000.000 unidades en los primeros cinco años y luego logro un crecimientos del 25% a partir del quinto año), luego de estos cuatro años iniciales la empresa B obtuvo porcentajes de incrementos de producción del 35%, por dar una cifra en los años posteriores.

Posteriormente, algunos años después, digamos 5 años, con el auge del mercado, entra a fraccionar el mismo una nueva compañía denominada en este escrito empresa C, la cual introdujo en el mercado un nuevo producto denominado BEST KNOWN THREE, fabricado con los mismos principios y componentes de los anteriores, esta empresa logro fabricar a un precio menor, con una cantidad fabricada igual a la alcanzada inicialmente por la empresa A, (recordemos que esta empresa A logro fabricar a 1000 pesos la unidad, cuando su curva de rendimiento estaba en la unidad numero 1.000.000). esta empresa C logro a través de su departamento de investigación y desarrollo fabricar a 800 pesos la unidad, calculado sobre la producción de la unidad número 1.000.000, manteniendo este nivel de producción por algunos años, digamos 4 años.

Por esta misma época, (año 2017) es decir 5 años después que la empresa A lanzara su modelo BEST KNOWN ONE, una cuarta empresa denominada D lanzo un modelo equivalente al mercado denominado BEST KNOWN FOUR, fabricado bajo algunos principios diferentes al igual que algunos materiales, esto le permitió a la empresa D ubicarse en una curva de experiencia menor que la curva de experiencia de las empresas A, B Y C, digamos K´ donde K´< K, esta curva de experiencia obtuvo un precio de costo menor al precio de costo obtenido por las dos empresas anteriores (A, B) e igual al costo obtenido por la empresa C, calculado sobre la unidad 1.000.000, pero este producto 4 BEST KNOWN FOUR tuvo problemas de funcionamiento y su tasa de experiencia disminuyo gradualmente en los años siguientes, digamos en los siguientes 5 años a una tasa de disminución del 8%.

Con los datos anteriores ahora podemos argumentar que si la curva de experiencia para las empresas A, B, C es la misma, entonces no interfiere en nada que la situemos en un valor cual quiera, digamos 90% igual para las tres empresas. En el caso de la empresa D, la cual tiene una curva de experiencia mejor que la curva de experiencia de las empresas A, B, C, por ejemplo, el 80%, entonces para este caso la curva de experiencia para la empresa D es del 80%

Así mismo se puede calcular el precio de los productos de las empresas A y B denominados BEST KNOWN ONE y BEST KNOWN TWO respectivamente para las empresas A, B, en los siguientes dos años, para comprobar cuál de las dos empresas hace mejor utilización de la curva de aprendizaje, calculados así.

5. RESULTADOS

5.1. Resultados para La Empresa A

La empresa cuenta con un costo inicial calculado de 1000, Con una enésima unidad fabricada de 2.000.000, y una unidad inicial de 1.000.000 y el valor de la pendiente de la curva remplazando en la Ecuación (3) es de:

$$k = [\log 0{,}9]/[\log 2] = -0{,}152$$

Ahora con los datos del problema podemos calcular la curva de experiencia de la empresa A partiendo de la ecuación (1).

$$Y_Q = 1000\left[{}^{2.000.000}/_{1.000.000}\right]^{-0.152}$$

$$Y_Q = 1000[2]^{-0{,}152} = 1000(0{,}90) = 900$$

Así mismo calculamos para las demás unidades

$$Y_Q = 1000[2]^{-0{,}152} = 900(0{,}90) = 810$$

Tabla 28 Calculo para n de la Empresa A

Calculo para n	$Y_Q = Y_0 \left[{}^{Q_N}/_{Q_0} \right]^{-K}$
1	1000
2	900
3	810

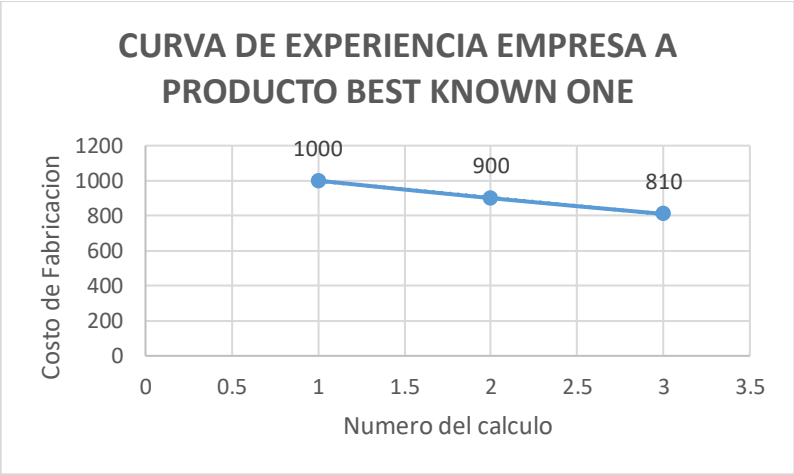


Gráfico 1 Curva de experiencia empresa A

5.2. Resultados para La Empresa B

Para la empresa B los cálculos utilizando la de la ecuación (1) son los siguientes:

$$Y_Q = 1000 \left[{}^{1.200.000 * 2 * 1,12}/_{1.200.000} \right]^{{}^{Log\ 0,9}/_{Log\ 2}}$$

$$Y_Q = 1000[2,24]^{-0,152} = 1000(0,88463) = 884,63$$

Así mismo calculamos para las demás unidades

$$Y_Q = 884,63(0,88463) = 782,570$$

Tabla 29 Calculo para n de la Empresa B

Calculo para n	$Y_Q = Y_0 \left[{}^{Q_N}/_{Q_0} \right]^{-K}$
1	1000
2	884,63
3	782,570

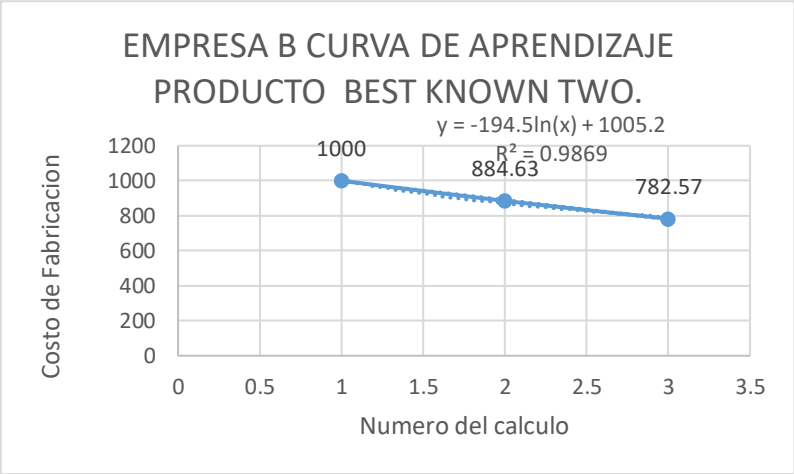


Gráfico 2 Curva de experiencia empresa B

Es decir que para el tercer año la empresa B ya ganaba más que la empresa A como resultado de fabricar sus productos con un mejor aprovechamiento de la curva de experiencia dado que en costos 782,570 < 810.

5.3. Comparación de Resultados entre Empresas

La empresa A con su modelo BEST KNOWN ONE creció a un ritmo de producción del 20% a partir del quinto año, manteniendo constante la producción en 1.000.000 en los años 2013, 2014, 2015 y 2016, aumentando la producción en el 25% a partir del año 2016. Esta producción se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 30 Volumen anual de producción de la Empresa A

AÑO	PRODUCCION
2012	1.000.000
2013	1.000.000
2014	1.000.000
2015	1.000.000
2016	1.000.000
2017	1.250.000

Aplicando la Ecuación (1) para determinar el costo en el año 2017 se tiene lo siguiente.

$$Y_Q = 1.000\left[{}^{1.250.000}/_{1.000.000}\right]^{{}^{Log\ 0,9}/_{Log\ 2}} = 1000[1,25]^{{}^{Log\ 0,9}/_{Log\ 2}}$$

$Y_Q = 1.000[1,25]^{-0,152}$=1.000[0,96665094]≃1.000[0,9666]= 966,6.

Este es el costo de fabricación del producto BEST KNOWN ONE para el año 2017.

Ahora se calcula el costo del producto BEST KNOWN TWO correspondiente a la empresa B, el cual tuvo un incremento del 12% anual en los primeros 3 años y después de este año creció a un ritmo del 35%. Aplicando la fórmula para determinar el costo en el año 2017 se tiene lo siguiente, correspondiente a la empresa A

Tabla 31 Determinación del volumen de producción en 2017 de la Empresa A

AÑO	PRODUCCION
2013	1.200.000
2014	1.344.000
2015	1.505.288
2016	1.685913

2017	2.275.983

Empleando la Ecuación (1) tenemos

$$Y_Q = 1.000\left[{}^{2.275.983}/_{1.200.000}\right]^{{}^{Log\ 0,9}/_{Log\ 2}} = 1000[1,8966525]^{{}^{Log\ 0,9}/_{Log\ 2}}$$

$Y_Q = 1.000[1,8966525]^{-0,152}$=1.000[0,9072894466]≃1.000[0,9072]= 907,2.

Este es el costo de fabricación del producto BEST KNOWN TWO para el año 2017, correspondiente a la empresa B.

Ahora dado que el costo de fabricación de la empresa B es menor al costo de fabricación de la empresa A, 907,2. < 966,6, entonces se evidencia que la empresa B a pesar de haber ingresado al mercado un año después que la empresa A ha realizado una mejor utilización de la curva de experiencia.

Ahora la posición competitiva de la empresa B es mucho más fuerte que la posición competitiva de la empresa A, dado que existe una diferencia de precio en costos de 59,3 pesos en costos de producción más bajos para la empresa B, comparado con los costos de producción de la empresa A (966,6 - 907,2. =59,3 pesos de diferencia en costos). Lo anterior gráficamente se muestra a continuación.

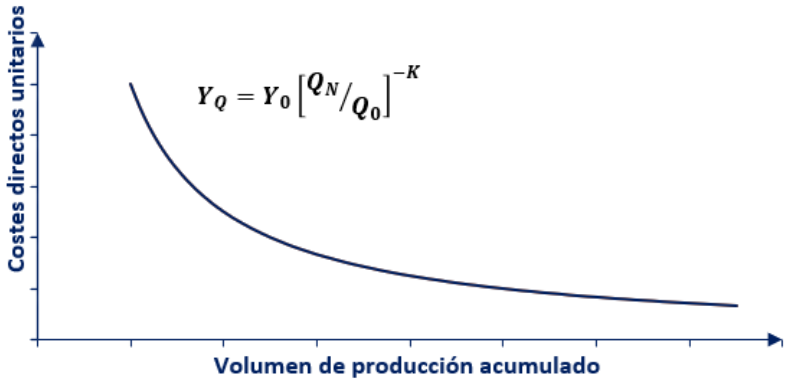


Gráfico 3 Posición competitiva de las Empresas

5.4. Resultados para La Empresa C

La empresa C mostro la eficacia de la curva de experiencia aplicada a la función de investigación y desarrollo, entrando al mercado 5 años tarde, (año 2017), pero desarrollando un producto bajo los mismos principios y materiales de las dos empresas anteriores (A, B), a un precio de fabricación calculado para su unidad producida numero 1.000.000 menor que el precio de costo de las empresas A y b, es así como la empresa C logro fabricar su unidad 1.000.000 a un costo de 800 pesos.

Con lo anterior la empresa C logro ubicarse en una curva de experiencia de igual pendiente pero por debajo de la anterior y por lo tanto son para la empresa C las ganancias de eficiencia y estas se acumulan con respecto al primer costo calculado el cual sirve de referencia 800 $, en comparación con 1000 $ para la unidad 1.000.000 de la empresa A, dado que en mucho menor tiempo y con menor producción se alcancen costo de producción menores para la empresa C, comparados con los costos de producción de la empresa A que es la que más tiempo ha permanecido en el mercado. Lo anterior gráficamente se muestra a continuación.

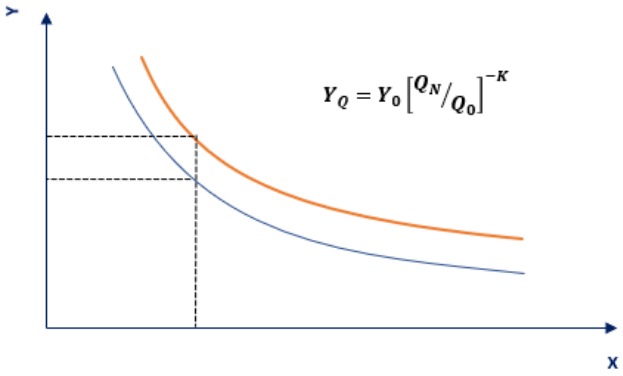


Gráfico 4 Curva de experiencia empresa

5.5. Resultados para La Empresa D

La empresa D entro al mercado 5 años después que lo hiciera la empresa A, cuatro años después que entrara al mercado la empresa B y en el mismo año 2017 en el que entro al mercado la empresa C. esta empresa D ha logrado un producto que realiza una función similar, pero fabricado a partir de materiales y principios de última generación, es decir novedosos y aun así ha logrado ubicarse en una curva de experiencia menor, la pendiente de esta curva de experiencia es del 80%, logrando un precio de costo de 800 $, igual al precio de costo de la empresa C, pero por problemas logísticos en el mercado, la curva de experiencia disminuyo en los 5 años siguientes a una tasa del 8%

Entonces para las empresas A, B, C la ecuación de costo o función de experiencia está dada por la ecuación (1). Con pendiente del 90%

$$Y_Q = Y_0 \left[Q_N / Q_0 \right]^{Log\ 0{,}90 / Log\ 2} = Y_0 \left[Q_N / Q_0 \right]^{-0{,}152}$$

Para la empresa D esta misma función está dada por la misma ecuación, pero con pendiente del 80%, por lo tanto, la función de experiencia es:

$$Y_Q = Y_0 \left[Q_N / Q_0 \right]^{Log\ 0{,}80 / Log\ 2}$$

Pero K=Log 0,8/Log 2=-0,321928094≃ - 0,322, entonces la función de experiencia para la empresa D es.

$$Y_Q = Y_0 \left[Q_N / Q_0 \right]^{-0{,}322}$$

Ahora es posible calcular los costos de producción de las cuatro empresas para el año 2018, iniciando con la empresa D, así calculado los costos de fabricación para la empresa D, la cual entro al mercado en el año 2017 tenemos.

Tabla 32 Calculo de los costos de fabricación para la empresa D

AÑO	PRODUCCION
2017	1.000.000
2018	1.000.000+1.000.000(0,92) =1.920.000

Remplazando los datos en la ecuación (1), tenemos:

$$Y_Q = 800 \left[\frac{1.920.000}{1.000.000} \right]^{Log\ 0{,}80 / Log\ 2} = 800[1{,}92]^{-0.322}$$

$$Y_Q = 800[0{,}810544763] \simeq 800[0{,}8105] = 648{,}4$$

Y_Q =648,4 pesos de costo de fabricación para la empresa D para el año 2018

5.6 Los costos de fabricación para las empresas

En el año 2012 la empresa A lanzo al mercado su producto más conocido, el modelo digamos BEST KNOWN ONE. con una producción inicial de 1.000.000 de unidades en este primer año de fabricación, sobre esta unidad se calculó un costo de fabricación de 1000 pesos, la cual se mantuvo permanente en los siguientes cuatro años mientras el producto BEST KNOWN ONE se asimilaba en el mercado. A partir del quinto año la demanda creció a una tasa del 25% anual.

Tabla 33 Determinación del volumen de producción en 2018 de la Empresa A

AÑO	PRODUCCION
2012	1.000.000
2013	1.000.000
2014	1.000.000
2015	1.000.000
2016	1.000.000
2017	1.250.000
2018	1.562.500

$$Y_Q = 1000\left[\frac{1.562.500}{1.000.000}\right]^{-0,152}$$

$$Y_Q = 1000[1,5625]^{-0,152} = 1000[0,934414041] \simeq 1000[0,9344] = 934,4$$

Los costos de fabricación de la empresa A para el año 2018 son de 934,4

La empresa B fabrico inicialmente una cantidad mayor que la empresa A, 1.200.000 unidades, con un costo calculado sobre la unidad 1.200.000 fabricada de 1000 pesos, con incrementos de producción del 12% luego de estos cuatro años iniciales la empresa B obtuvo porcentajes de incrementos de producción del 35%, por dar una cifra en los años posteriores.

Tabla 34 Determinación del volumen de producción de la Empresa B

AÑO	PRODUCCION
2013	1.200.000
2014	1.344.000
2015	1.505.280
2016	1.685.913
2017	2.275.983
2018	3.072.577

$$Y_Q = 1000\left[{}^{3.072.577}/_{1.200.000}\right]^{-0,152}$$

$$Y_Q = 1000[2,56048128]^{-0,152} = 1000[0,86683236] \simeq 1000[0,8668] = 866,8$$

El costo de fabricación de la empresa B en el año 2018 es 866,6 pesos

Ahora solo resta calcular los costos de fabricación para la empresa C para el año 2018

La empresa C entro en el mercado en el año 2017 introduciendo en el mercado un nuevo producto denominado BEST KNOWN THREE, fabricado con los mismos principios y componentes de los anteriores, esta empresa logro fabricar a un precio menor, con una cantidad fabricada igual a la alcanzada inicialmente por la empresa A, esta empresa C logro a través de su departamento de investigación y desarrollo fabricar a 800 pesos la unidad, calculado sobre la producción de la unidad número 1.000.000, manteniendo este nivel de producción por algunos años.

Tabla 35 Calculo de los costos de fabricación para la empresa C

AÑO	PRODUCCION
2017	1.000.000
2018	2.000.000

$$Y_Q = Y_0\left[{}^{Q_N}/_{Q_0}\right]^{-0,152} = 800\left[{}^{2.000.000}/_{1.000.000}\right]^{-0,152}$$

$Y_Q = 800\left[{}^{2.000.000}/_{1.000.000}\right]^{-0,152} = 800[2]^{-0,152}$=800[0,90]=720

Los costos de fabricación para la empresa C en el año de 2018 son de 720,0 pesos

6. CONCLUSIONES.

Al comparar los costos de fabricación de las cuatro empresas para el año 2018, aplicando la curva de experiencia tenemos que los costos de fabricación obtenidos de la curva de experiencia de la empresa D es la más baja, a pesar de la perdida en la producción del 8% anual, pero esta empresa D logra un excelente posicionamiento al tener una curva de experiencia mejor que el resto de sus competidoras.

La empresa C también obtiene un costo de fabricación bastante competitivo al trabajar directamente sobre la investigación y el desarrollo del producto, obteniendo un costo de fabricación menor que el costo de fabricación de sus competidoras A y B., como se observa esta es otra estrategia valedera en la aplicación y utilización de la curva de experiencia como estrategia competitiva.

Las empresas A y B se quedaron consumiendo la ventaja que les proporciono la curva de experiencia al entrar primero en el mercado, pero no supieron aprovecharla, especialmente la empresa A que cedió 5 años de ventaja permitiendo que la competencia reaccionara. La empresa B tiene mejor costo de producto que la empresa A, pero ante las dos estrategias exhibidas por las empresas C y D se quedó corta, especialmente ante la estrategia de la empresa D que en un mismo momento de tiempo disminuyo el costo de fabricación de su producto y a la vez se alzó con una curva de rendimiento de menor pendiente (-0,322< -0.152). Se presenta el siguiente cuadro comparativo donde se aprecia lo dicho anteriormente, en la comparación realizada para el año 2018.

Tabla 36 Costo De Fabricación En 2018 Para Cada Empresa

EMPRESA	COSTO DE FABRICACION EN PESOS PARA EL AÑO 2018
A	934,4
B	866,6
C	720,0
D	648,4

El grafico de la situación anterior de estrategias de aplicación de la curva de experiencia se muestra a continuación.

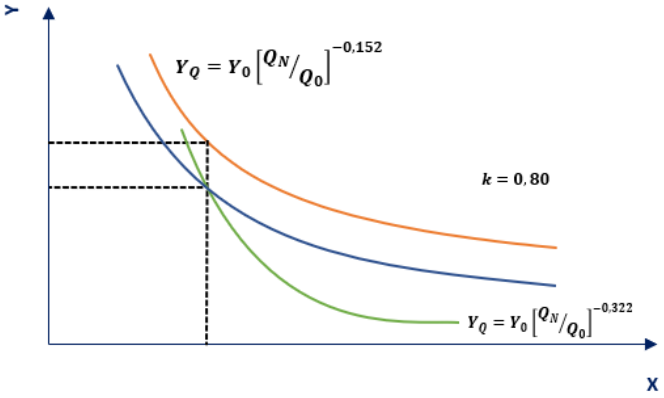


Gráfico 5 Curvas de Experiencia

7. REFERENCIAS

Coll Morales , F. (12 De Abril De 2021). *Curva De Experiencia*. Obtenido De Economipedia.Com: Https://Economipedia.Com/Definiciones/Curva-De-Experiencia.Html

Martín, J. (16 De Enero De 2018). *¿Para Qué Sirve La Curva De La Experiencia?* Obtenido De Cerem: International Business School: Https://Www.Cerem.Mx/Blog/Para-Que-Sirve-La-Curva-De-La-Experiencia

Mendoza, J. M., & Lengerke, O. (Diciembre De 2018). Posibilidades Competitivas Para La Industria Del Turismo En Colombia: Un Estudio Exploratorio. *Revista Interamericana De Ambiente Y Turismo, 14*(2), 114-121. Doi:Http://Dx.Doi.Org/10.4067/S0718-235X2018000200114

Silva Duarte, J. E. (1984). Herramienta Para La Gerencia: El Concepto De Curva De Experiencia. *Revista Administración*, 16-20. Obtenido De Https://Repository.Unab.Edu.Co/Bitstream/Handle/20.500.12749/15170/1984_Revista_Administracion-10-12.Pdf?Sequence=1

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Dios por brindarnos sabiduría y entendimiento, y de manera especial a todas las personas que otorgaron su apoyo y colaboración para su realización.

Área D

Gestión Económica

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área D
Las PYMES de Rio Gallegos y la pandemia	CO22-D01
Análisis de viabilidad económica del procesamiento de pérdidas y desperdicios de alimentos destinadas a mejorar las condiciones alimentarias de sectores vulnerables de la ciudad de La Plata.	CO22-D02
Transición de la matriz energética en la provincia de Buenos Aires. Potencialidad de energía eléctrica a partir de biomasa húmeda	CO22-D05

Área D: Gestión Económica

Prólogo del Eje por:
Guillermo Carrizo

El desarrollo sostenible satisface las necesidades del presente sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras, garantizando el equilibrio entre el crecimiento económico, el impacto de la actividad productiva en el ambiente y el bienestar de la sociedad.

El cambio climático producto de la actividad del ser humano es una realidad y ya no es tiempo de pensar qué hacer, sino hacerlo. Por esta razón, los actores de la sociedad –Estado, instituciones, empresas, ciudadanos-, cada uno en su rol, deben ser capaces de poner en marcha medidas hacia una transición sostenible.

Algunas de las acciones que se deben poner en práctica son la movilidad sostenible para contaminar menos el aire, reducir el uso de materiales no reciclables, llevar adelante iniciativas de economía circular que transforme residuos de la actividad económica en nuevos productos y energías verdes, hacer un uso responsable del agua, desarrollar el ecoturismo para poner en valor la naturaleza y las culturas rurales, entre otras.

En ese marco, es de relevancia el rol de las universidades para promover en los estudiantes la conciencia por el desarrollo sostenible de la producción y, en particular, de la industria. Por esta razón, encontrar grupos de investigación de ingeniería industrial que han plasmado en publicaciones de sus trabajos de investigación y docencia, planteos, análisis y resultados que contribuyen a una mirada sustentable del desarrollo, es una clara demostración de un camino iniciado hacia un pensamiento responsable de la actividad económica.

En particular, el cordón frutihortícola de La Plata es una franja productiva ubicada en el periurbano de la ciudad, donde se producen más de setenta tipos de hortalizas que alimentan a más de catorce millones de personas del conurbano bonaerense y otras regiones. Que un equipo de la Universidad Tecnológica Nacional haya analizado la viabilidad económica de procesar las pérdidas y desperdicios de alimentos para mejorar la alimentación de los sectores vulnerables de La Plata es valorable toda vez que contribuye al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible. Trabajo: “Análisis de viabilidad económica del procesamiento de pérdidas y desperdicios de alimentos destinadas a mejorar las condiciones alimentarias de sectores vulnerables de la ciudad de La Plata”. Autores: Laguto, Varriano y Giovannone.

En el mismo sentido y con la misma preocupación e igual compromiso, el gobierno nacional, desde la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, impulsa la estrategia 2030 denominada Valoremos los alimentos -Con menos pérdidas y desperdicio de alimentos, hacia un sistema agroalimentario sostenible-, que tiene por objetivo, reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha y reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita en la venta al por menor y a nivel de los consumidores.

Como señala el trabajo, en la zona de La Plata, la fracción de alimentos que se desperdicia, fundamentalmente en la producción primaria y la poscosecha, que no es apta para su comercialización, pero sí para el consumo, representa la posibilidad de alimentar anualmente a 300.000 personas, aproximadamente. La iniciativa del Banco de Alimentos de producir alimentos seguros y de calidad, tiene dos impactos positivos, la reducción de las pérdidas de alimentos, con el consecuente beneficio en el ambiente; y la disminución de personas con déficit alimentario y nutricional. Sin embargo, la producción de alimentos en una planta habilitada, requiere un análisis de factibilidad y, aquí, el compromiso de la Universidad Tecnológica Nacional en demostrar que esta propuesta es viable.

Otras iniciativas en este sentido, y que constituye un aporte de las universidades a la sostenibilidad, es impulsar en trabajos de cátedra, trabajos finales de carrera o proyectos de investigación, que tengan su anclaje en el concepto de economía circular para el aprovechamiento de residuos en la producción de nuevos bienes de consumo o industriales. Sin ser una enumeración taxativa, comparto algunos casos como son el aprovechamiento de bagazo de la producción de cerveza para la elaboración de panificados; el aprovechamiento de residuos del procesamiento pesquero para el crecimiento de hongos o la producción de biopolímeros; la producción de colorantes y aceites esenciales a partir de residuos del procesamiento de frutas; entre otros. En todos los casos, es necesario acompañar estas iniciativas con estudios de factibilidad técnica y económica; y así lo

hacen como parte de la formación de sus competencias estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata y, seguramente, de otras unidades académicas o es deseable que desarrollen ese camino.

Otra alternativa para el aprovechamiento de residuos de la producción, es la generación de energías verdes, como propone el trabajo de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata para producir energía eléctrica a partir de biomasa.

Como presenta el trabajo, el 47% del consumo de energía eléctrica corresponde a la provincia de Buenos Aires, región que concentra la producción agrícola que genera residuos biomásicos que, mediante la digestión anaeróbica, producen energía renovable, evitando la emisión de dióxido de carbono y el efecto invernadero. La utilización de energías renovables presenta ventajas económicas, medioambientales y sociales (triple impacto) y debe pensarse en el desarrollo económico en un marco de mayor eficiencia energética de las empresas de la región.

El rol de las universidades e institutos de ciencia y técnica es clave para desarrollar programas de implementación de energías renovables y eficiencia energética, analizando la disponibilidad de recursos, la tecnología requerida y su escala, la inversión y los costos necesarios a los fines de poder concluir si las iniciativas de producción de energía renovable para autoconsumo e inyección a la red de distribución.

El trabajo realizado por la Universidad Nacional de La Plata “Transición de la matriz energética en la Provincia de Buenos Aires. Potencialidad de energía eléctrica a partir de biomasa húmeda”, presenta un detallado análisis de la disponibilidad de biomasa húmeda en la región y su procedencia, la normativa que aplica a la generación de energía eléctrica a partir de biogás y biomasa, la tecnología anaeróbica para producir biogás, los impactos ambientales, sociales y económicos. Sus autores son Pendón, Re, Couselo y Cibeira.

En la Universidad Nacional de Mar del Plata se han desarrollado trabajos finales en relación a la factibilidad de la producción de energías renovables como biogás a partir de residuos de una escuela granja para autoconsumo, la implementación de energía fotovoltaica en barcos y para inyección a la red y, en menor escala, para reemplazo parcial del consumo de la energía eléctrica de la red para el municipio de Balcarce, la producción de hidrógeno verde a partir de agua de mar por electrólisis, entre otras alternativas. En organismos de Ciencia y Técnica como el INTA y el INTI se han desarrollado proyectos para la producción de biogás a partir de la producción primaria para abastecer de energía a una pequeña localidad de la zona.

Esto demuestra la preocupación por el impacto de la producción de energía a partir de combustibles fósiles y la búsqueda de alternativas renovables para la producción sostenible, hecho valorable en la formación de profesionales y en el crecimiento potencial de las investigaciones.

Volviendo a la calidad de vida de los argentinos, que mencionamos al analizar los trabajos de producción sostenible de alimentos y energía, una mirada que debemos traer al análisis es la generación de empleo.

En particular, el equipo de la Universidad Tecnológica Nacional y la Universidad Nacional de la Patagonia, presenta el trabajo “Las pymes de Río Gallegos y la Pandemia” de Lurbe, Villanueva y Oyarzo, aborda desde el punto de vista de la forma que la aplicación de tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 impacta en el trabajo remoto y, consecuentemente, en la sociabilización y la comunicación entre los trabajadores y en el desarrollo de las pymes.

En el contexto de la pandemia de Covid-19 se desarrollaron estrategias y formas de trabajar que permitieron que se dispusiera de producción de bienes y servicios. Este desarrollo dependió de los sectores industriales y comerciales, y de la clasificación de sus actividades.

Este cambio en el desarrollo del trabajo, significó un conocimiento aprendido de formas de trabajar y de relacionarse con compañeros de trabajo, clientes y proveedores que, aún superada la pandemia, no volverán a su forma anterior.

Esta enseñanza puso de manifiesto la necesidad de incorporar y potenciar el uso de tecnologías propias de la industria 4.0, como la digitalización de procesos, la Internet de las cosas (IoT), la robótica, entre otras, para el desarrollo productivo e industrial en un marco de competitividad.

Para cerrar esta presentación, quiero dejarles una reflexión en relación al rol de las nuevas tecnologías y el valor del talento humano para el desarrollo competitivo de la producción y la industria de la Argentina.

LAS PYMES DE RIO GALLEGOS Y LA PANDEMIA

Lurbe, Rubén Mario [1] ; Villanueva, María Lourdes[2] ; Laura Oyarzo[2]
1 FRSC–UTN ; UARG-ITET-UNPA; 2 UARG-ITET-UNPA
ruben.lurbe@frsc.utn.edu.ar ; ma.lourdes.villanueva@gmail.com ; lauravorar@yahoo.com.ar

RESUMEN

Este trabajo es un adelanto de investigación realizada para estudiar como la pandemia por Covid-19 y las medidas adoptadas en consecuencia afectaron las estrategias y resultados de un grupo de microempresarios dedicados a la actividad comercial y de servicios en la ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz, entre los años 2019 y 2021. Entendiendo que cambios eventuales en sus cursos de acción surgen del encuentro entre modificaciones en los limitantes macro-sociales originados en torno a la pandemia, y la adaptación reflexiva de los sujetos a esos condicionamientos.

Un elemento clave es la incidencia de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, que creemos en el contexto de pandemia son usadas con otra intensidad, atravesando la totalidad del conjunto social. Las medidas de aislamiento originadas en torno a la pandemia tienden a evitar la cercanía. Consiguientemente las nuevas tecnologías adquieren centralidad en dimensiones de la vida cotidiana que previamente no tenían.

Metodológicamente se trata de un estudio mixto. Se realizaron entrevistas a los microempresario/as, en base a dimensiones de interés previamente definidas, de modo articulado con la incorporación y análisis de datos cuantitativos para comprender el contexto en que se desenvuelve el sector comercial estudiado.

Las entrevistas se realizaron entre septiembre y noviembre de 2021. Asimismo se examinó la legislación específica que reguló las medidas de confinamiento y desconfinamiento progresivas en el país en general, y en la ciudad de Río Gallegos en particular. Los hallazgos aquí presentados pertenecen a un estudio inductivo.

Palabras Claves: Microempresarios, Pandemia, Tecnologías, Restricciones

ABSTRACT

This work is an advance of research carried out to study how the Covid-19 pandemic and the measures adopted as a consequence affected the strategies and results of a group of micro-entrepreneurs dedicated to commercial activity and services in the city of Rio Gallegos, Santa Cruz, between the years 2019 and 2021. Understanding that eventual changes in their courses of action arise from the encounter between modifications in the macro-social limitations originated around the pandemic, and the reflexive adaptation of the subjects to those conditioners.

A key element is the incidence of the new information and communication technologies, which we believe in the context of the pandemic were used with another intensity, going through the entire social group. The isolation measures originated around the pandemic tend to avoid closeness. Consequently, the new technologies acquire centrality in dimensions of daily life that they did not previously have.

Methodologically, it is a mixed study. Interviews were conducted with the micro-entrepreneurs, based on previously defined dimensions of interest, in an articulated way with the incorporation and analysis of quantitative data to understand the context in which the studied commercial sector operates.

The interviews were conducted between September and November 2021. The specific legislation that regulated the progressive confinement and deconfinement measures in the country in general, and in Río Gallegos city in particular, was also examined. The findings presented here belong to an inductive study.

Keywords: Pandemic, Micro-entrepreneurs, Technologies, Restrictions

1. INTRODUCCIÓN

En este escrito, adelanto de investigación, en el que escribimos algunos aspectos de nuestra participación en el proyecto PISAC-COVID-19-00014, y en él nos proponemos estudiar los principales impactos que tuvo la pandemia sobre un grupo de microempresarios dedicados a actividades de comercio y servicios en la ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz, entre los años 2019 y 2021, con el objeto de proponer posibles acciones públicas para mejorar las capacidades de los microempresarios para enfrentar adversidades.

La pandemia de COVID-19 supuso desde su inicio la instauración de medidas orientadas a limitar el contacto entre personas, para contener los contagios y permitir el fortalecimiento del sistema de salud para responder a las demandas emergentes. Esas medidas emanaron desde el Estado Nacional y se denominaron respectivamente Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio, y Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio. La provincia de Santa Cruz adhirió a las distintas normativas que dispuso el Poder Ejecutivo Nacional orientadas a contener la expansión de los contagios.

En Río Gallegos el año 2020, a partir del mes de marzo, estuvo mayormente signado por el ASPO y supuso por tanto una importante discontinuidad para la vida social; mientras que el año 2021 implicó la consolidación de la 'nueva normalidad' a través de la vigencia del DISPO durante todo el transcurso del año.

En la tabla n° 1 puede observase la incidencia relativa de las distintas medidas orientadas a contener la expansión del Covid-19 sobre los meses que conforman los años 2020 y 2021 en la capital santacruceña. Durante el segundo semestre del primer año de pandemia, -a diferencia de lo sucedido en gran parte del país-, en Río Gallegos tendió a mantenerse una importante velocidad en la transmisión comunitaria del virus. Por ello, el ASPO fue sostenido en esa localidad durante varios meses también de la segunda parte del año. Es así que, sumando la duración de las medidas más restrictivas aplicadas en el año 2020, se contabiliza que durante seis meses y diez días la vida social y comercial estuvo regulada por el ASPO.

Tabla 1 Incidencia de medidas en Rio Gallegos.

	Mes											
Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2020			ASPO*	ASPO	ASPO	DISPO	DISPO	ASPO	ASPO	ASPO	ASPO	DISPO
2021	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO	DISPO

1.1. El Contexto.

En cuanto al contexto donde se desenvuelve el sector estudiado, la normativa orientada a evitar y contener la expansión del COVID 19 impactó fuertemente en el mercado laboral local. La lectura de la tabla n° 2 permite inferir que el período de mayor impacto sucedió en el 2° trimestre de 2020, donde las diferencias interanuales en las tasas son más acentuadas. Mientras hacia el 2° trimestre de 2021, las tasas en general muestran signos de recuperación.

Entre el 2° trimestre de 2019 y el 2° trimestre de 2020, la tasa de desocupación cayó casi cinco puntos. Sin embargo, también se redujo la tasa de actividad en casi ocho puntos porcentuales; mientras que la tasa de empleo tuvo una caída que supera levemente los cinco puntos. Esta reducción de la actividad económica permite suponer que un importante grupo de personas, ante las restricciones de circulación y las restricciones para la apertura de comercios no esenciales, cayó en el desaliento y abandonó la búsqueda de empleo.

En el mismo período la subocupación tendió a mantener su incidencia relativa, si bien presentó un leve movimiento interno entre quienes quisieran trabajar más horas, y aquellos que no lo deseaban. Por un lado se redujo dos puntos la subocupación demandante, mientras simultáneamente creció poco más de dos puntos y medio la subocupación no demandante. Es posible que también los subocupados, en el contexto particular de la emergencia COVID, hayan caído en el desaliento.

Tabla 2 Principales indicadores laborales de Río Gallegos

	Período					
	2019		2020		2021	
Indicador	2°Trimeste	4°Trimestre	2°Trimeste	4°Trimestre	2°Trimeste	4°Trimestre
Actividad	47,1	41,7	**39,3**	43,1	**42,2**	42,5
Empleo	42,7	39	**37,4**	40,1	38,4	41
Desocupación	**9,4**	6,4	**4,7**	6,8	**9**	3,7
Subocupación	8,9	9,1	**9,3**	6,6	**7,1**	7,9
Subocupación demandante	5,1	5,3	2,9	4,2	4,4	5,8
Subocupación no demandante	3,7	3,7	**6,4**	2,4	2,7	2,1

Al comparar el impacto de la pandemia COVID en Río Gallegos, con su incidencia sobre el conjunto de los aglomerados urbanos medidos por la EPH, emergen algunas variaciones relativas. La comparación entre la tabla n° 2 y la n° 3, permite observar que, si bien las caídas en las tasas de actividad presentan valores similares (alrededor de ocho puntos porcentuales), no sucede un movimiento equiparable con las tasas de empleo. Entre el 2° trimestre de 2019 y el 2° trimestre de 2020 la tasa de empleo a nivel nacional descendió poco más de nueve puntos porcentuales, mientras en la ciudad de Río Gallegos sólo se redujo poco más de cinco puntos.

Tabla 3 Principales indicadores laborales del total aglomerados urbanos país

	Período					
	2019		2020		2021	
Indicador	2°Trimeste	4°Trimestre	2°Trimeste	4°Trimestre	2°Trimeste	4°Trimestre
Actividad	47,7	47,2	**38,4**	45	**46,3**	46,9
Empleo	42,6	43	**33,4**	40,1	**41,6**	43,6
Desocupación	10,6	8,9	**13,1**	11	**10,2**	7
Subocupación	13,1	13,1	**9,6**	15,1	**11,9**	12,1
Subocupación demandante	9,2	9,5	5	10,3	8,7	8,6
Subocupación no demandante	3,9	3,6	4,6	4,8	3,2	3,5

Al respecto, el carácter de principal empleador del sector público en Santa Cruz, la estabilidad y la formalidad que gozan la mayor parte de su planta de empleados, suponemos habrían operado como un protector importante frente a los impactos de la pandemia. Esta tendencia podría correlacionarse con los trabajos de Maldovan, Dzembrowski y Goren (2021) en la provincia de Buenos Aires, donde los sectores más formalizados fueron aquellos donde menos se manifestaron los impactos negativos de la pandemia.

Una mirada complementaria sobre el indicador del empleo registrado, de acuerdo a informes del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación (2020 y 2021), indica que entre julio de 2019 y julio de 2020, se perdieron alrededor de 1.500 empleos registrados en la provincia. Mientras que para julio de 2021, se recuperaron 1.700 puestos laborales en Santa Cruz en relación al mismo mes del año anterior. De acuerdo a informes periódicos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, los valores son 55.700 trabajadores registrados en julio de 2019 (2020, p. 6), 54.100 en julio de 2020 y 55.800 en julio de 2021 (2021, p. 6). Estos valores tienden a coincidir con una mejora en los indicadores de mercado laboral riogalleguense, que fuera captada por la EPH para el 2° trimestre de 2021.

En este marco regional y local, a lo largo de este capítulo nos proponemos estudiar los modos en que la pandemia por Covid-19 y las medidas de confinamiento asociadas afectaron las trayectorias laborales de un grupo de microempresarios dedicados a la actividad comercial y de servicios en la ciudad de Río Gallegos entre los años 2019 y 2021.

El trabajo aquí presentado se organiza en cuatro apartados. En la sección 'Los estudios desarrollados por nuestro grupo de investigación' presentamos la investigación desarrollada por nuestro nodo, su marco teórico e intereses específicos. En la sección 'Trabajo de Campo: Impacto

en las trayectorias laborales' presentamos los resultados de cada una de las dimensiones que elegimos investigar, dentro de las inquietudes colectivas de la subred micro del PISAC. Finalmente en las 'Resultados y Propuestas de Intervención' sugerimos algunas líneas de acción que -desde el sector público- entendemos serían pertinentes para el microempresariado en Río Gallegos, atendiendo los efectos de la pandemia y algunas particularidades del sector.

2. LOS ESTUDIOS DESARROLLADOS POR NUESTRO GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Es el marco de trabajo colectivo del PISAC-COVID-19-00014, que presentamos un estudio sectorial, realizado en la ciudad de Río Gallegos, con un importante abordaje cualitativo en torno a los impactos de la pandemia sobre las trayectorias laborales de microempresarios/as. A partir de un cuestionario común para la red de universidades, nuestro nodo eligió estudiar principalmente dos dimensiones de las cuatro allí incluidas. Ellas son el trabajo productivo, y el acceso, uso y apropiación de tecnologías de la información y de la comunicación.

En torno al trabajo productivo atenderemos particularmente modificaciones en las tareas realizadas, cambios en las condiciones de trabajo si las hubiera, y analizaremos la incidencia del saber-calificación como un factor clave para superar o adaptarse satisfactoriamente a condiciones desfavorables impuestas para contener contagios en pandemia, y darle así continuidad a su actividad comercial en el nuevo escenario. En el abordaje del uso y apropiación de nuevas tecnologías, estudiaremos su incorporación en las labores cotidianas remuneradas, los usos dados, y las valoraciones de los entrevistados/as al respecto. Cabe señalar que en los relatos construidos con los/las entrevistados/as, ambas dimensiones aparecen integradas, debido a que la pandemia habría profundizado y diversificado el uso preexistente de nuevas tecnologías en el trabajo diario remunerado. Así –de modo conjunto- son abordadas ambas dimensiones en la primera sección de este apartado, poniendo la mirada únicamente en la esfera remunerada.

Teniendo en cuenta que las trayectorias laborales son comprendidas, en tanto entramado de experiencias laborales que surgen desde la intersección de situaciones objetivas y la reflexividadde los individuos, donde ellos evalúan y deciden acciones y por tanto modelan caminos en marcos de estructuras de oportunidades y limitaciones preexistentes, pero también percibidas e interpretadas por los sujetos (en base a Muñiz Terra, 2012). La reflexividad de las personas entrevistadas está permeada por valores y representaciones culturales, pero también creemos que fuertemente condicionada por sus experiencias previas, su nivel educativo, su posición singular en el entramado social y su diálogo con otros/as que le resultan significativos, junto a la incidencia de su percepción del futuro, Denominado 'proyecto biográfico laboral' por Pries (1999; en Muñiz Terra, 2012: p. 44).

Si bien el acento de nuestro análisis está puesto en el ámbito del trabajo remunerado, coincidimos con aquellas perspectivas que señalan que las biografías individuales están compuestas por subesferas o dominios que se articulan entre sí (Blanco, 2011; Pujadas Muñoz, 2012 y Helardot, 2006, en Muñiz Terra, 2012). En este sentido la modificación en la regulación de la vida social impuesta para contener los contagios de COVID, particularmente restringiendo encuentros e interacciones en el ámbito público, entendemos habría incidido también al menos parcialmente en una reconfiguración de aspectos de la vida que transcurre en los hogares, y en su ampliación relativa. La realización de actividades que históricamente fueron del ámbito público, se traslada espacialmente al ámbito doméstico. Al respecto entendemos a la familia como un grupo que resuelve comunitariamente sus necesidades, en una relación de interdependencia de los miembros entre sí. En este escenario creemos que se habría generado un proceso de reacomodamiento a una nueva cotidianeidad, y en muchos hogares se habrían revisado acuerdos anteriores en torno a la organización del trabajo. Finalmente, es considerando la incertidumbre inicial generada por la pandemia y el esfuerzo por modificar rutinas anteriores, que nos parece importante, así como emergió en las entrevistas, dar cuenta de los impactos subjetivos de algunos de los principales procesos vividos en el ámbito privado y también en el ámbito público, que, si bien presentan aspectos comunes, no han sido homogéneos.

Respecto a la muestra generada en el sector comercio y servicios de Río Gallegos, presentada en la tabla n° 4, se compone de nueve microempresarios/as, y una gerenta, cuyos comercios están asentados en la zona céntrica de la localidad o en zonas aledañas. La muestra incluye a tres mujeres y siete varones. En el primer grupo sus edades oscilan entre los 40 y los 69 años. Mientras que en el segundo grupo, las edades se inscriben en una franja comprendida entre los 38 años y los 57 años.

Los/as entrevistados/as presentan heterogeneidad entre los rubros de pertenencia. De este modo se busca estudiar trayectorias diferenciadas dentro de un mismo sector de actividad (en base a Bertaux, 1999), sin por ello haber podido lograr exhaustividad al respecto.

2.1 Trabajo de Campo: Impacto en las trayectorias laborales

Tabla 4 Caracterización de los entrevistados

	Característica de su comercio		
Entrevistado/a	Cantidad de empleados	Rubro	Tamaño de PyME
E 91	3	Gastronomía	Micro empresa
E 92	4	Carnicería	Micro empresa
E 93	2	Cotillón	Micro empresa
E 94	3	Imprenta gráfica y cartelería	Micro empresa
E 95	1	Carnicería	Micro empresa
E 96	5	Cotillón	Micro empresa
E 97	7	Indumentaria de Ropa Informal	Micro empresa
E 98	-	Venta indumentaria masculina	Unipersonal
E 99	1	Venta de artículos rurales y de veterinaria	Micro empresa
E 100	4	Venta indumentaria infantil	Micro empresa

En torno a los modos en que pandemia afectó diferencialmente a la actividad comercial de los integrantes de la muestra estudiada, es necesario remitirnos al primer decreto del Poder Ejecutivo Nacional, con el cual inician las medidas de cuidado en pandemia.

A través del Decreto de Necesidad y Urgencia n° 297 desde el 20 de marzo de 2020 (y hasta el 31 de marzo) se dispuso la vigencia en todo el país del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. En su artículo 2° establecía que en todo el territorio nacional los ciudadanos: “Deberán abstenerse de concurrir a sus lugares de trabajo y no podrán desplazarse por rutas, vías y espacios públicos, todo ello con el fin de prevenir la circulación y el contagio del virus COVID-19”. Agregaba que quienes se encontraban cumpliendo el ASPO “sólo podrán realizar desplazamientos mínimos e indispensables para aprovisionarse de artículos de limpieza, medicamentos y alimentos”. En su 5° artículo establecía que: “Se suspende la apertura de locales, centros comerciales, establecimientos mayoristas y minoristas, y cualquier otro lugar que requiera la presencia de personas”, mientras que en su 6° artículo exceptuaba del cumplimiento del ASPO a quienes desarrollasen actividades esenciales, entre ellas “Supermercados mayoristas y minoristas y comercios minoristas de proximidad. Farmacias. Ferreterías. Veterinarias. Provisión de garrafas”. Es decir, de la muestra estudiada, permanecerán con atención al público durante el ASPO sólo tres comercios: las dos carnicerías y la única veterinaria considerada.

2.1.1 Influencia del tipo de actividad

Por tanto la naturaleza del rubro a que se dedica cada microempresario/a, implica que ocupa una posición que fue afectada por una regulación más o menos restrictiva durante varios meses de pandemia. En este sentido los relatos de los comerciantes tienden a señalar esta diferencia en las continuidades o discontinuidades de sus respectivas actividades laborales:

“Sigo con el mismo trabajo [que antes de la pandemia]. Me fue bien con la pandemia. La gente se dedicó a comer [risas]. Compré la envasadora y amplíe la sala de elaboración, que te exige la municipalidad. Amplié la mesada de acero inoxidable. (E95, ’dueño de comercio esencial)

Siempre estuvo abierto el negocio por el tema de la veterinaria, pero redujimos mucho el horario de atención. La veterinaria es comercio esencial, con alimentos para animales grandes y pequeños. […] Pero se redujo bastante el horario, y nos pusimos en contacto con todos los clientes que nos podían llamar por necesidad de comprar. No se pudo cortar en algún momento.” (E99)

Simultáneamente pareciera ser que entre quienes se dedican a actividades no esenciales, los efectos fueron lógicamente más disruptivos en la cotidianeidad y continuidad de la actividad.

Al inicio de la pandemia mi comercio estuvo cerrado casi seis meses y después, cuando se permitió, abierto en horario parcial. Una vez abierto, se redujeron los horarios de apertura y de atención al público, hasta llegar a hoy, que se atiende al público en forma normal, como previo a la pandemia. (E100)

Cambiamos el horario de trabajo. Estuvimos cerrados un tiempo. Vendimos en la modalidad online. En mi opinión es mejor trabajar de la forma que lo veníamos haciendo: el cliente y nosotros estábamos acostumbrados a tener ese contacto. Se valoran las charlas, comentarios, etc. (E93)

Sin embargo, no sólo la pertenencia de un comercio a un rubro esencial que, al haber sido afectado por regulaciones menos restrictivas, por tanto habría resultado relativamente más protegido frente a la caída de las ventas, habría otro factor que incidió positivamente en un sentido similar. Al respecto pareciera que la posibilidad (y la habilidad) por parte de los comerciantes de sus comercios continuasen trabajando durante los años 2020 y 2021. De este modo se debilitarían los alcances de los efectos recesivos generados por la pandemia.

El negocio estaba orientado previamente a la pandemia, a algo que la pandemia potenció: atención sin presencia de personas en el local. Previamente a las restricciones ya se empezó a implementar estrategias de telemarketing, acciones en redes sociales, venta telefónica, etc. (E92)

Nos tuvimos que adaptar a las condiciones que impuso la pandemia con la realización de trabajo virtual. (E96)

Particularmente aquellos/as microempresarios/as que ya usaban estas herramientas digitales para contactar clientes y promocionar sus productos, pudieron adaptarse con mayor velocidad al cambio en los modos de vender y comprar. En este sentido, se habría profundizado el uso de dispositivos inteligentes, especialmente para atender al público y concretar ventas. Todos los entrevistados se volcaron a esta nueva modalidad o intensificaron su uso para que sus comercios pudieran seguir funcionando aún en las fases más restrictivas de la pandemia. De este modo se revela la profundización y generalización de un nuevo modo de comercialización.

2.1.2 Intensificacion del uso de las TICs

La intensificación del uso de TICs, frecuentemente asociados a la incorporación de nuevas herramientas digitales, no se trataría sólo de una estrategia aplicada en la comercialización, sino también para la comunicación y compras a proveedores

“[Cambiaron] Actitudes y formas de trabajar, por obligación ante la pandemia: modificar comportamientos. Las facturas las venía a buscar el cliente y luego transfería. Y empecé a mandar todo por correo electrónico y comunicarme más por correo electrónico. Una modalidad de trabajo distinta: tenés que incorporar nuevas tareas. También yo: antes pagaba con cheque y ahora más por transferencias. Algunos problemas se solucionaron: es más rápido.” (E99)

“Los cambios positivos en su aplicación [de nuevas tecnologías] fueron la coordinación y contactos de ventas, canalización de transacciones para enviar muestras de diseño que antes sólo se hacían a través de correo. Ahora se hace por whatsap y eso quedará ya incorporado porque agiliza un montón el contacto.” (E94)

Las condiciones asociadas a la pandemia supusieron modificaciones en los modos en que las empresas realizan transacciones diarias o semanales con proveedores, tanto en los canales para realizar pedidos, también la dilación en los tiempos, y las formas de recibir la mercadería o insumos necesarios. Por ejemplo, en el caso de una imprenta estudiada, su propia producción dependía del envío de insumos por parte de papelerías que dejaron de producir en tiempos y lapsos distintos, suponiendo una importante reorganización del propio trabajo. Asimismo, el pago de sus transacciones también fue afectada por la introducción de herramientas digitales, a través de la incorporación del E-check. El E-check permite hacer pagos vía internet: el dinero se retira electrónicamente de la cuenta de la persona que paga y luego se deposita a la cuenta de cheques del beneficiario. Su procesamiento es similar al proceso de cheques de papel, pero más rápido en sus tiempos. Asimismo mientras que el cheque físico tiene vencimiento a los 30 días de emitirse, esta aplicación no tiene vencimiento.

“Para realizar pagos con cheques utilizo un aplicativo e-check que me agilizó un montón el pago en tiempo y forma a los proveedores porque al principio eso fue un caos, entre ir al correo, esperar a que llegue el cheque a Buenos Aires -porque mis proveedores son de Buenos Aires- y se vencía el cheque y no se podía pagar a tiempo, con esta aplicación puedo hacer todo desde mi casa.” (E94)

Esto demuestra la intensidad de los cambios en la gestión y transacciones comerciales mantenidas durante la pandemia. Asimismo las innovaciones en la aplicación de las TICs orientadas a otorgar continuidad a las relaciones con el cliente, resultan incorporaciones importantes para el microempresariado local, porque introducen canales de marketing que antes no eran evaluados como necesarios. Al respecto, se entiende el marketing como el proceso mediante el cual las empresas crean valor para sus clientes y generan fuertes relaciones con ellos para, en reciprocidad, captar el valor de sus clientes. En las condiciones de pandemia, esto se aprecia como una clara implementación estratégica hacia el uso y aplicación de marketing digital.

2.1.3 Saberes previos ¿o adquiridos a la fuerza?

Particularmente las calificaciones asociadas a las tareas de administración y gerenciamiento de comercios/empresas, adquiridas en la educación superior formal (tanto si fuera nivel completo o incompleto), facilitaron esta apropiación y uso de nuevos canales de comercialización por parte de los comerciantes, incluso su introducción de manera previa a la pandemia. Claramente la disposición de un saber abstracto específico -que contiene un bagaje de herramientas analíticas y procedimentales- y la disposición de un saber práctico adquirido en la propia labor comercial, -mutuamente interrelacionados- han permitido analizar el nuevo escenario e introducir novedosas herramientas digitales o intensificar su uso.

-¿Qué saberes o conocimientos utilizabas para realizar ese trabajo? ¿Recordás cómo los aprendiste?

“-El conocimiento general en la universidad, de mi formación de grado. El conocimiento específico de las particularidades del mercado etc, lo adquirí con tiempo en el rubro.” (E92)

-¿Qué saberes o conocimientos utilizabas para realizar ese trabajo? ¿Recordás cómo los aprendiste?

“-Investigando, siempre fui emprendedora y con ganas de tener mi propio negocio. Lo que no sé, pregunto o averiguo. Mi paso por la universidad me ayudó mucho en el desarrollo personal.” (E93)

Sin embargo, considerando el conjunto de la muestra, pareciera que hubiesen sido necesarias capacitaciones específicas para aquellos/as entrevistados/as que, o bien su recorrido de formación superior o medio no resultaba afín al desarrollo de actividades comerciales o bien que carecían de experiencia previa en este tipo de comercialización. En esos casos dentro de su red social -incluso el propio grupo de trabajo o la familia-, hallaron facilitadores en estas tareas de promoción, comunicación y venta a través de TICs.

“-Este año 2021 me mudé del local que alquilaba y pusimos un local más pequeño cerca de mi casa, que tuve que adaptar. […] Si [tuve que incorporar]. Conocimientos tecnológicos y comerciales. Los fui aprendiendo por la propia necesidad de instalar delivery, trabajar con redes sociales, etcétera.”

-¿Alguien comenzó a ayudarte o a enseñarte en ese proceso? ¿Quién? ¿Por qué? ¿Cómo se decidió esa ayuda?

“-Si. Mi hija me ayudó. Porque está más adaptada a las nuevas tecnologías.” (E91)

-Tuviste que incorporar nuevos aprendizajes (saberes, conocimientos) para el trabajo? ¿De qué tipo? ¿Cómo incorporaste esos nuevos conocimientos o saberes? ¿Por qué?

“-Sí, para venta online, ya que tuvimos que incorporar ese tipo de venta por internet, que antes no teníamos. […] Lo fuimos aprendiendo en conjunto con los empleados, todos juntos, para poder subsistir y entretenernos en la pandemia.” (E100)

Los entrevistados/as valoran positivamente el uso de TICs en pandemia, ya que permitieron que sus comercios persistan en actividad. También señalan que su uso simplifica procesos de comunicación o minimiza errores contables.

“Las tecnologías fueron fundamentales para mantener el funcionamiento del negocio en las etapas de cierre del local. En ese sentido todos los aspectos los entiendo como positivos”. (E96)

-¿Qué aspectos positivos y negativos encontrabas en ese momento en el uso de tecnologías en tu trabajo?

“-Creo que ningún aspecto negativo. Era de la única forma que se podía trabajar en ese momento. Nos adaptamos al cambio”. (E97)

2.2 Los cambios

En su análisis de los cambios en el proceso de trabajo a raíz de la pandemia, propietarios de comercios esenciales y no esenciales, expresan que -si bien las TICs les permitieron continuar funcionando- la presencialidad permite construir un diálogo más fluido con los clientes, que beneficia la actividad comercial.

“[Durante la pandemia] Cambiamos el horario de trabajo. Estuvimos cerrados un tiempo. Vendimos en la modalidad online. En mi opinión es mejor trabajar de la forma que lo veníamos haciendo: el cliente y nosotros estábamos acostumbrados a tener ese contacto. Se valoran las charlas, comentarios, etc.” (E93)

“[Durante la pandemia] Combinamos trabajo en el local con trabajo desde la casa. No estaba cómoda porque el contacto con el público es importante, porque viene específicamente por algo y lleva otra cosa. Llegabas a tu casa, terminabas de cargar y te llamaban por algo más. Prefiero estar únicamente en el local. Además tienen todo, y ya armado.” (E99)

La pandemia también impactó fuertemente en los procesos laborales a través de la incorporación de protocolos -tales como el aforo en los espacios, la disposición de alcohol, uso de barbijos, entre otros- y la reorganización del espacio físico; ambos elementos orientados a cuidar la salud de clientes y empleados, y previstos en los decretos asociados a la pandemia.

“Hubo cambios: la falta de contacto directo con la gente, la disminución del horario de atención, estar pendiente de medidas de seguridad para evitar contagios, y la angustia de nuevo, y modificar todas las costumbres y la construcción del local, colocando mamparas de vidrio. También cambió totalmente la vida: evitar contacto directo con la persona que viene al negocio. Lo decidimos mi marido y yo.” (E99)

“Sólo se incorporaron los protocolos de seguridad e higiene, señalización de lugares de metro y medio de distancia sobre todo en la atención de los clientes, sanitización de manos, tomado de temperatura a los clientes. Se asignaron turnos que antes no se hacía, tanto de proveedores como de clientes, para no encontrarnos todos amontonados en el mismo lugar, los horarios de refrigerio en el horario corrido para el personal para no encontrarse todos juntos en el momento del almuerzo. Fueron cambios dinámicos, difíciles pero necesarios.” (E94)

2.3 Diferencias por actividad

Los efectos recesivos de la pandemia no habrían afectado de modo homogéneo a los comercios estudiados. Los MicroPymes de rubros esenciales fueron quienes menos expresaron perjuicios, e incluso crecieron en su actividad.

Aquellos entrevistados que venden indumentaria, que necesita no sólo ser vista en redes sociales sino también puesta/probada para verificar su ajuste en talle, parecieran haber sufrido más los efectos recesivos que tuvo la pandemia. Asimismo, la suspensión de fiestas y reuniones habría afectado negativamente a la actividad. Esta misma situación se repetiría en el rubro gastronómico –concretamente restaurantes-, como puede desprenderse de los diálogos mantenidos con las

personas entrevistadas, e inferirse de las disposiciones transitorias de 2021, orientadas a implementar ventas sin presencia de clientes en los locales de comidas.

“Los bailes de egresados desaparecieron en la pandemia, y no podía vender trajes ni zapatos. De hecho ya zapatos no vendo, ni trajes. Para mi negocio la venta online no sirve. Porque requiere algo que no estoy dispuesto a afrontar: la movilidad. Y el acercarme al lugar del cliente no sirve. No es parte de mi negocio. […] Una serie de acontecimientos que ocurrieron, como oportunidades de continuar que surgieron a partir de la pandemia: la renovación del contrato de alquiler y que no subiera el mismo, que algunos servicios se atrasaran pero que se pudieran pagar atrasados, que con un dinero reservado subsistiera con la compra de camperas y la venta de las mismas, fue decisivo para poder continuar.” (E98 UNPA, dueño de local de venta de indumentaria)

“Este año 2021 me mudé del local que alquilaba y pusimos un local más pequeño cerca de mi casa, que tuve que adaptar.” (E91)

3 RESULTADOS

En el marco nacional de acuerdo a datos del Sistema Integrado Previsional Argentino, entre julio de 2019 y julio de 2020, se reduce el empleo registrado en todas las ramas de actividad, exceptuando servicios sociales y de salud donde la variación interanual es positiva (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2020, p. 4-5). Mientras, que entre julio de 2020 y julio de 2021, a nivel nacional los indicadores en general tienden a mejorar. Entre los pocos sectores que continúan en caída, hoteles y restaurantes presenta la tendencia negativa más pronunciada, en concordancia con la retracción de la actividad relatada por el entrevistado dedicado a esta actividad. Así la comparación interanual de la cantidad de puestos laborales entre julio de 2020 y julio de 2021, indica una caída del 11,1% para este mismo sector a nivel nacional (Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, 2020, p. 4-5).

Por otro lado, a nivel nacional el sector comercio y reparaciones entre julio de 2020 y julio de 2021 tiende a mantener el nivel de empleo -crece un 0,5%-, también en un sentido similar al que indican los entrevistados/as1. Es posible que los distintos rubros comerciales -e incluso diferentes posiciones en su interior- hayan vivido situaciones particulares -como indican los relatos- que quedan invisibilizadas en la media.

En la provincia de Santa Cruz, debido a la alta velocidad de circulación del virus, el ASPO se extendió durante seis meses y diez días durante el año 2020, que no fueron continuos. Sin embargo, la importante presencia del Estado como empleador, habría operado como un protector de las fuentes de empleo. Es así que comparativamente el impacto de las medidas de confinamiento en las principales tasas del mercado laboral es menor que a nivel urbano nacional.

Los comercios esenciales permanecieron con atención presencial al público, mientras que los no esenciales intensificaron el uso de TICs para continuar funcionando. A partir del avance de la vacunación y la caída de las regulaciones más duras, los comercios donde entrevistamos a sus propietarios fueron volviendo a su actividad normal recuperando en parte el ritmo de trabajo anterior a la pandemia. Algunas de ellos mantuvieron el uso de tecnologías, desarrollando nuevos canales de distribución y comunicación. En los casos estudiados - si bien se comprobó una caída de la rentabilidad - pudieron mantener los comercios abiertos hasta la actualidad. En este sentido se puede observar en forma general una recuperación de ventas y actividad a partir del tercer trimestre del 2021.

En cuanto a la vida doméstica, las familias con hijos menores pudieron generar nuevos acuerdos en torno a la distribución de tareas de cuidado y domésticas, particularmente impulsados por la ausencia del personal auxiliar en su vivienda y la mayor presencia relativa de todos en la casa. Mientras que las parejas sin hijos no indican mayores modificaciones en la organización familiar. Por último, entre las vivencias subjetivas de la pandemia, emerge la incertidumbre inicial ante el sorpresivo escenario, el temor y la angustia ante la posibilidad de contagiarse y el no poder encontrarse presencialmente con familiares y amigos, y finalmente el cansancio ya transcurridos casi dos años del inicio de la pandemia (entrevistas realizadas entre septiembre y noviembre de 2021).

3.1 Propuestas de intervención

En función del análisis presentado, se propone la participación estatal a través de créditos blandos para ayudar a reconfigurar el capital de trabajo de las empresas afectadas en el período descripto. Estos créditos se caracterizan por su tasa de interés subsidiada. Los mismos supondrían el

fortalecimiento de los recursos financieros para que las empresas puedan cumplir sus obligaciones en el corto y mediano plazo.

Sería muy importante que el estado recupere capacidad económica para adoptar políticas anticíclicas que no generen inflación.

Asimismo, se considera pertinente la oferta de capacitaciones vinculadas al desarrollo de canales de distribución y los usos posibles de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para la actividad comercial.

4. Referencias

Bertaux, Daniel (1999): El enfoque biográfico: su validez metodológica, sus potencialidades. Revista Proposiciones, n° 29. Pp. 1-22.

Blanco, Mercedes (2011) El enfoque del curso de vida. Origen y desarrollo. Revista Latinoamericana de Población, vol. 5, núm. 8, enero-junio, 2011, pp. 5-31.

Decreto del Poder Ejecutivo Nacional n° 297, año 2020: Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. 19 de marzo de 2020. BO 34.334. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-297-2020-335741

Decreto del Poder Ejecutivo Nacional n° 332, año 2020: Programa de Asistencia de Emergencia al Trabajo y la Producción. 1° de abril de 2020. BO n° 34.345. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-332-2020-336003/texto332/2020

Decreto del Poder Ejecutivo Nacional n° 376, año 2020: Programa de Asistencia de Emergencia al Trabajo y la Producción. 19 de abril de 2020. BO n° 34.360. https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/decreto-376-2020-336470

Maldovan, Johana, Dzembrowski, Nicolás y Goren, Nora (2021): Pandemia y mercado de trabajo: los impactos del ASPO en los/as ocupados/as de grandes aglomerados urbanos de la provincia de Buenos Aires en el segundo trimestre de 2020. Revista Labvoratorio n° 31. Pp. 34-58.

Martínez-Ovideo, Areli Fabiola, Reynoso-Ibarra, Omayra Yolanda (2016): Las redes sociales como impulsor en el crecimiento de los Emprendedores y las MiPyMes. Revista de Negocios & PyMes. 2-5. Pp. 34-44.

Ministerio de Desarrollo Productivo: ¿Qué es una MyPyme? https://www.argentina.gob.ar/produccion/registrar-una-pyme/que-es-una-pyme#6 .xc

Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Argentina: Informe Situación y Evolución del Trabajo Registrado. Datos a julio 2020. https://www.trabajo.gob.ar/downloads/estadisticas/trabajoregistrado/trabajoregistrado_2007_informe.pdf

Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, Argentina: Informe Situación y Evolución del Empleo Registrado. Octubre 2021. Datos a julio 2021. https://www.trabajo.gob.ar/downloads/estadisticas/trabajoregistrado/trabajoregistrado_2107_informe.pdf

Muñiz Terra, Leticia (2012): Carreras y trayectorias laborales: una revisión crítica de las principales aproximaciones teórica-metodológicas para su abordaje. Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales. Vol. 2, n° 1, pp. 36-65.

Superintendencia de Riesgos del Trabajo y el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de Argentina (2020): Compilación de Normas en torno al Covid-19. Actualización 31/08/2020. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/normas_covid-19_v310820.pdf

Agradecimientos

Los autores quieren destacar y agradecer el trabajo de campo realizado por Nicolás Villarroel.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DEL PROCESAMIENTO DE PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS DESTINADAS A MEJORAR LAS CONDICIONES ALIMENTARIAS DE SECTORES VULNERABLES DE LA CIUDAD DE LA PLATA.

Laguto, Sebastián; Varriano, Nicolás; Giovannone, Pablo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata.
slaguto@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN

En el cordón frutihortícola de La Plata, se generan aproximadamente 42000 Tn de pérdidas de alimentos todos los años, con las que se podrían contribuir a mejorar las condiciones alimentarias de un gran porcentaje de los habitantes de la región. El presente trabajo analiza la factibilidad técnica y económica para la producción de pulpas, mix de verduras, medallones de verdura y mermeladas destinadas a 124 comedores del a ciudad de La Plata, nucleados en el Banco Alimentario de La Plata. Utilizando como materia prima pérdida parte de las pérdidas de alimentos antes mencionadas. Para conseguir la sostenibilidad económica se plantea un modelo de negocio que permita cubrir los costos operativos de la producción, definiendo dos públicos objetivos: Mercado beneficiario, compuesto por los comedores socios del BdA que aportan una contribución simbólica por kg de alimento recibido; y Mercado Patrocinador, compuesto por público en general que adquieren mermeladas a valores de mercado, siendo el aporte económico principal que financia el funcionamiento del proyecto. Se busca encontrar el punto de equilibrio y determinar la viabilidad y escalabilidad del proyecto a largo plazo.

Palabras Claves: Pérdidas y Desperdicios de Alimentos; Economía Circular; Sostenibilidad.

ABSTRACT

In the fruit and vegetable chain of La Plata, approximately 42,000 tons of food losses are generated every year, which could help improve the food conditions of a large percentage of the region's inhabitants. This paper analyzes the technical and economic feasibility for the production of pulp, vegetable mix, vegetable medallions and jams for 124 dining rooms in the city of La Plata, grouped in the La Plata Food Bank. Using as raw material loss part of the aforementioned food losses. To achieve economic sustainability, a business model is proposed to cover the operating costs of production, defining two target audiences: Beneficiary market, made up of the BdA's partner kitchens that provide a symbolic contribution per kg of food received; and Sponsor Market, made up of the public who buy jams at market value, being the main economic contribution that finances the operation of the project. It seeks to find the balance point and determine the viability and scalability of the project in the long term.

Keywords: Food Loss and Waste; Circular Economy; Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Producción Hortícola

El cordón frutihortícola de La Plata se caracteriza por tener una producción de carácter intensiva, con productores de pequeña o mediana escala (la mayoría posee de 1 a 2 ha), explotación familiar (cerca del 80% de los productores), informalidad, y bajos niveles de tecnología utilizada. El mayor aporte de capital está dado por la utilización de invernáculos.

El invernáculo es la condensación de un proceso de modernización agrícola que incluye cambios en el manejo, la mano de obra, la demanda y dependencia de insumos, entre otros. (Selis, 2000).

A nivel unidades productivas, en los establecimientos familiares predominan las hortalizas de hoja producidas bajo cubierta. A medida que se incrementa el grado de capitalización de estas unidades, se producen hortalizas de fruto principalmente tomate y pimiento, combinadas con la producción de hoja. La producción a campo presente en porcentajes que varían entre un 50 y un 25 % de la superficie total de las quintas en las unidades de producción familiares con bajo nivel de capitalización, está compuesta principalmente por hortalizas pesadas de flor, raíz y hoja (repollos), y legumbres como chauchas (Ferraris & Ferrero, 2018). El dato más actual con que se cuenta, en cuanto a superficie total del cinturón AMBA Sur, es el relevamiento de superficie bajo cubierta que se realizó desde el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) por medio de georreferenciación. El mismo puntualiza que la superficie cubierta en los partidos de La Plata, Berazategui y Florencio Varela sumarían unas 7100 hectáreas bajo cubierta. Del análisis de esos datos preliminares se puede observar que en unas 700 hectáreas están bajo producción de la floricultura, 2.500 a 3000 hectáreas con hortalizas diversificadas de hoja y el resto en cultivos de tomate, pimiento y berenjena. (CFI, 2016) (Guerra & Mas, 2017)

Las organizaciones de productores familiares realizaron a principios de 2017 un relevamiento del número de productores por organización; el total de ese registro arroja una cantidad de 5098 productores, de los que 4493 se encuentran registrados en el RENAF (Registro Nacional de la Agricultura Familiar). A este total de horticultores de tipo familiar se le debe sumar los productores PyMES (Pequeña y Mediana Empresa) y empresariales que según registros no oficiales no superan el 15 % del total lo que indicaría aproximadamente 750 productores. (Ferraris & Ferrero, 2018)

La producción de las hortalizas según fuentes del Mercado Central (2019) se ha incrementado en los últimos 15 años según podemos ver en el Grafico 1. Teniendo en la actualidad una producción aproximada a los 142000 Toneladas.

Grafico 1. Estimación producción de hortalizas en la Plata. Fuente: Elaboración propia a través del censo frutihortícola 2005 y Datos del Mercado Central

1.2. El problema de la pérdida y desperdicios de alimentos

El desperdicio de alimentos se define como el descarte de alimento apto para consumo humano o potencialmente apto a través de un proceso de transformación o industrialización. (Rivas, Belgino, Álvarez de Toledo, Franco, 2019).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel global, entre un cuarto y un tercio de los alimentos producidos anualmente para consumo humano se pierde o desperdicia. Esto equivale a cerca de 1.300 millones de toneladas de alimentos, lo que incluye el 30% de los cereales, entre el 40 y el 50% de las raíces, frutas, hortalizas y semillas oleaginosas, el 20% de la carne y productos lácteos y el 35 % de los pescados. La FAO calcula que dichos alimentos serían suficientes para alimentar a 2.000 millones de personas. También se estima que el 6% de las pérdidas mundiales de alimentos se dan en América Latina y el Caribe y cada año la región pierde y/o desperdicia alrededor del 15% de sus alimentos disponibles, a pesar de que 47 millones de sus habitantes aún viven día a día con hambre (FAO, OPS, WFP y UNICEF, 2019).

En Argentina se pierden y desperdician anualmente 16 millones de toneladas de alimentos, de las cuales 1.45 millones corresponden a pérdidas (etapas de producción, almacenamiento, transporte y procesamiento) y 1.5 millones a desperdicio (comercialización final y el consumo de los hogares). La cadena de alimentos que presenta mayores pérdidas y desperdicios, respecto a su producción total, es la de las hortalizas: 42.1%. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de pérdidas y desperdicios de alimentos según categoría

	Porcentaje de pérdidas y desperdicios de los alimentos según categorías							
Etapa de la cadena	**Carnes**	**Cereales**	**Frutas**	**Hortalizas**	**Leche**	**Oleaginosas**	**Papa**	**Total**
Producción Primaria y cosecha	3,71%	4,80%	8,88%	20%	3,50%	6%	14,00%	6,09%
Poscosecha y almacenamiento	1,20%	2,86%	6,61%	8%	3.14%	2,82%	12,04%	3,32%
Procesamiento y envasado	3,19%	0,66%	3.91%	1,75%	1,46%	0,06%	2,18%	0,79%
Distribución	2,09%	0,37%	7,43%	7,16%	2,81%	0,02%	1,96%	1,11%
Consumo	6,89%	0,61%	3,01%	5,21%	3,49%	0,02%	2,22%	1,20%
Total PDA	17,09%	9,29%	29,84%	42,12%	14,40%	8,92%	32,40%	12,%1%

Fuente: Elaboración propia y Rivas A. et al 2019

Lo observado corresponde a alimentos que no llegan a consumirse y son descartados en alguna etapa de su ciclo de vida. El 28% de las pérdidas y desperdicios se producen en las primeras dos etapas de la cadena (Rivas et al, 2019).

Estas hortalizas no llegan al mercado por diversos motivos; un exceso de oferta, que hace que los productores no puedan colocar toda su producción en el mercado, o que los precios sean tan bajos que no les sea rentable comercializarla. Otra se descarta por no cumplir con requerimientos de calidad que exige el mercado; tamaño, color, madurez, o golpes y aspecto general. A pesar de no cumplir con las exigencias del mercado, estas hortalizas son aptas para el consumo humano.

Para estimar la disponibilidad de materia prima del cordón frutihortícola de La Plata se analizaron los ingresos de mercadería del Mercado Central de Buenos Aires por ser los únicos, más recientes y confiables disponibles a la fecha. Los datos proporcionados están discriminados por variedad de hortaliza y origen entre otras categorías. Se asume que los ingresos correspondientes a la provincia de Buenos Aires corresponden a la producción proveniente del cordón hortícola de la ciudad de Buenos Aires al cual pertenece el cordón frutihortícola de La Plata (el mayor de la provincia). Teniendo en cuenta la participación del cordón platense en la producción podemos arribar a una estimación sobre la producción buena que llegó al mercado proveniente de La Plata, la producción real (incluyendo las pérdidas) y las pérdidas de hortalizas que no llegaron al mercado.

Analizando el volumen de producción de hortalizas perdidas y que no llegan al mercado (pero que son aptas para el consumo humano), se podrían cubrir las necesidades alimentarias de hortalizas de casi 300.000 personas al año.

Tabla 2. Cálculo de desperdicios (materia prima) promedio de la producción Gran La Plata

Especie	Promedio ultimos 3 años	Produccion buena La Plata	Produccion Total La Plata	Desperdidos 28%
TOMATE	53.790	44.646	62.008	17.362
LECHUGA	21.139	12.683	17.616	4.932
ZAPALLITO	12.316	10.222	14.197	3.975
PIMIENTO	6.985	5.798	8.053	2.255
ZAPALLO	16.127	5.645	7.840	2.195
ACELGA	9.213	5.528	7.678	2.150
ESPINACA	5.395	3.237	4.495	1.259
CHOCLO	3.757	3.118	4.331	1.213
BERENJENA	3.327	2.762	3.835	1.074
PEPINO	2.837	2.355	3.270	916
REPOLLO	5.665	2.266	3.147	881
CEB.VERDEO	3.015	1.809	2.513	704
PEREJIL	2.858	1.715	2.381	667
REMOLACHA	4.717	1.651	2.293	642
APIO	1.985	1.191	1.654	463
BROCOLI	2.330	932	1.294	362
RUCULA	1.515	909	1.262	353
PUERRO	1.405	843	1.171	328
CHAUCHA	961	797	1.107	310
COLIFLOR	1.468	587	815	228
TOTAL	160.804	108.693	150.962	42.269

Fuente: Producción propia

1.3. Situación Alimentaria e Inseguridad Alimentaria en el AMBA.

Actualmente los hogares urbanos se caracterizan por niveles de inseguridad alimentaria moderada (13,3%) y severa (8,8%), totalizando un 22,1% de los hogares en situaciones de inseguridad alimentaria. Esta proporción asciende a 27,6% en el Conurbano Bonaerense, y resulta mayor entre los hogares con presencia de niños, llegando a ser hasta el doble. A su vez, discriminando entre CABA y el Conurbano bonaerense se observa una mayor incidencia entre los hogares que residen en esta última región, alcanzando al 33% de los hogares con niños (ODSA, 2021).

Tabla 3. Incidencia de la inseguridad alimentaria total y severa en argentina. En porcentaje de hogares

	Inseguridad alimentaria total	Inseguridad Alimentaria Moderada	Inseguridad Alimentaria Severa
TOTAL URBANO	**22.1%**	**13.3%**	**8.8%**
Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA)	**22.6%**	**13.5%**	**9.1%**
-CABA	7.6%	3.9%	3.7%
- Conurbano	27.6%	16.7%	11.0%
Resto urbano del país	**21.4%**	**13.1%**	**8.3%**

Fuente: Elaboración propia en base a EDSA. Agenda para la equidad (2017-2025). UCA

La combinación de dos factores como la existencia de pérdidas de alimentos de alto valor nutricional y que un 22,6% de la población de nuestra región (AMBA) se encuentre en situación de vulnerabilidad alimentaria hacen necesaria la generación de acciones que tiendan a llegar con estos alimentos a los mencionados sectores vulnerables.

1.4. El Banco Alimentario de La Plata

El Banco Alimentario de La Plata (BALP) es una asociación que posee su depósito y oficinas en el predio cedido por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. El BALP atiende mensualmente a 124 comedores y merenderos de la Región Capital, incluyendo algunas instituciones del conurbano bonaerense. El alcance aproximado es superior a 26.000 personas.

La cantidad y calidad de alimentos recibidos por los BdA tiene fluctuaciones debido a variables de la industria y el mercado en general, por lo que la capacidad de gestión sobre dichos volúmenes de ingresos es relativamente baja. El año 2020 fue un año récord producto del desacople entre oferta y demanda originado por la Pandemia COVID-19. En el Grafico 2 podemos observar los valores históricos de despacho.

Desde el punto de vista de la entrega de productos, se busca incrementar la calidad nutricional y la cantidad (kg) que entregan los BdA, con dos fines: Reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos; y contribuir a una nutrición de calidad a los sectores en vulnerabilidad alimentaria moderada y/o grave. Un hecho a destacar es que la mercadería no permanece (en general) más de 3 meses almacenada, y en ningún caso puede ser entregada pasada de su fecha de vencimiento.

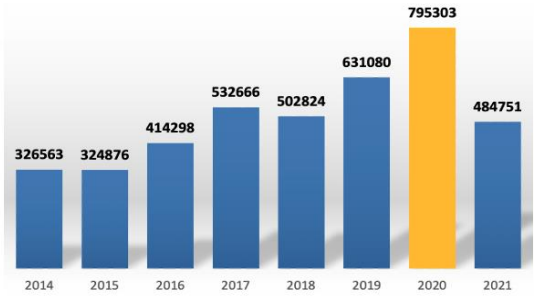


Gráfico 2. Despachos de Mercadería. Fuente banco alimentario La Plata (2022)

Si se realizara una caracterización de los alimentos entregados (gráfico 3), podemos observar que el 69% corresponde a “productos secos” (No perecederos, snaks, refrigerados) provenientes de la industria, y un 31% son frutas, verduras u hortalizas (Fruver) provenientes del cordón frutihortícola.

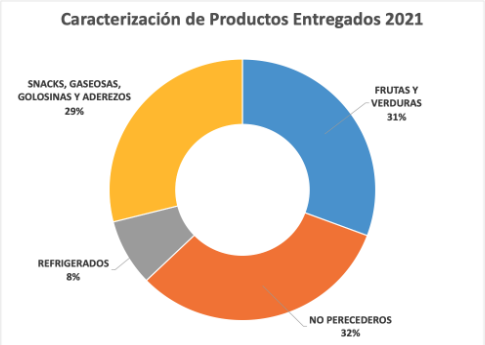


Gráfico 3. Caracterización de productos entregados. Fuente Banco Alimentario La Plata (2022)

Si caracterizáramos los productos según su valor nutricional, el 61% de ellos es alto, el 21% es medio, y solamente el 15% es de bajo nivel nutricional.

2. OPORTUNIDADES DE RESCATE Y ELABORACIÓN DE PRODUCTOS

Existe un potencial de incrementar la cantidad de kilos entregados desarrollando una mayor cantidad de rescates de alimentos en el cordón frutihortícola. Dicho objetivo presenta dos grandes dificultades, la gestión logística del rescate, y la vida útil de los alimentos a ser entregados. En tal sentido, el planteamiento de una unidad de producción y procesamiento (UP) de alimentos permitiría generar un incremento de la vida útil de las Fruver, mejorar la calidad de servicio a los beneficiarios del BALP y posibilitar la generación de una línea de productos comercializables, que permita financiar el funcionamiento de la unidad de producción a largo plazo.

Se plantea la utilización de un máximo del 15% de la capacidad instalada para producir mermeladas y otros productos con destino comercial (público patrocinador de la unidad de producción), y el 85% restante para la elaboración de pulpas, mermeladas en sachet, medallones de verdura y mix de verduras para sopas y guisos.

Se considera que el volumen de ventas al público patrocinador deberá ser suficiente para cubrir los costos operativos de la unidad de producción y se establecerá como objetivo de ventas anual el equivalente en unidades para alcanzar dicho equilibrio. Todo excedente será destinado a la compra de alimentos o mejoras en los procesos de producción y almacenamiento de la UP.

2.1. MODELO DE NEGOCIOS

Se utilizará la metodología ágil de generación de modelos de negocios CANVA a los fines de realizar una presentación clara y simple del mismo, como se muestra en la figura 1.

<table>
<tr>
<td rowspan="2">SOCIOS CLAVE

-.Productores FRUVER

-.Donantes de Alimentos (Azúcar, harina)

-.Socios y donantes ($)

-.Puntos de Pick-Up</td>
<td>ACTIVIDADES CLAVE
-.Rescate
-.Producción
-.Almacenamiento
-.Acciones Comerciales y Mkt.
-.Área Social / Nutrición</td>
<td rowspan="2">PROPUESTA DE VALOR

(1)
Mermelada Circular

(2)
Mix de Verduras
Pulpas
Medallones
Mermeladas Sachet</td>
<td>RELACIONES C/CLIENTES
Redes sociales
Mailing Socios
Eventos
Revista
WhatsApp (A. Soc)
Voluntarios</td>
<td rowspan="2">SEGMENTO DE CLIENTES

(1) Segmento patrocinador: clientes que buscan productos con impacto positivo

(2) Segmento beneficiario: buscan acceso a alimentos y mejora en calidad nutricional</td>
</tr>
<tr>
<td>RECURSOS CLAVE
-.Donación Fruver
-.Prod./Logística
-.Instalaciones habilitadas
-.Insumos (Frascos, Azúcar, Harina, Etiquetas)</td>
<td>CANALES
-.Redes sociales
-.Comercios y puntos de Pick-Up
-.Tienda On-Line
-.Voluntarios
-.Retiro en Depósito BALP</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">ESTRUCTURA DE COSTOS
-.Insumos
-.Mano de obra
-.Logística
-.Energía</td>
<td colspan="3">FUENTES DE INGRESO

(1) Venta de Mermelada Circular; (2) Contribución Simbólica; (3) Contribución Red BdA; (4) Fazón; (5) Socios</td>
</tr>
</table>

Figura 1. Lienzo CANVA

2.1.1. SOCIOS CLAVE

a. **Productores Hortícolas.** El BALP ha realizado convenios las principales asociaciones de productores hortícolas de la región, que nuclea aproximadamente al 50% de la producción de tomates. Por lo que existe un gran potencial de rescate de tomates, pimientos y hojas verdes.

b. **Donantes de Azúcar y Harina.** Se han realizado convenios con las empresas ARCOR y Molino Campodónico para la provisión sin costo de azúcar para la producción de mermeladas y harina que se utiliza como aglutinante en la producción de medallones de verdura.

c. **Socios y Donantes.** Se consideran socios a aquellas personas físicas que voluntariamente realizan aportes monetarios de forma regular o esporádica. Contando actualmente con una plantilla de unas 300 personas, y con el objetivo de incrementar dicha plantilla en forma sustancial (20 nuevos socios por mes). Donantes son empresas que aportan alimentos o recursos económicos para el sostenimiento de las actividades del BALP. Aquí empresas como MADEXA S.A. ha comprometido recursos para el año 2022/2023 para sostener el 50% del costo de materias primas para la producción de 3000 medallones y 1500 porciones de arroz con salsa mensuales. Y Molinos Campodónico, la harina necesaria para dichos medallones.

d. Puntos de Pick-Up. Para la entrega y venta de “Mermeladas Circular”, serán necesarios comercios que participen del proyecto posibilitando que el BALP pueda dejar productos para que los clientes que hayan realizado la compra por redes sociales o tienda online pueda retirarlos. Actualmente se cuenta con la Tienda de Fundación ProHumanae Vitae de La Plata, locales de Emprende & Co, y Jorge Bell en La Plata y City Bell y con el Almacén del Molino de La Plata.

2.1.2. ACTIVIDADES Y RECURSOS CLAVE

a. Rescate de alimentos. La adecuada planificación y puesta en marcha de un sistema operativo que permita rescatar todas las pérdidas que se originan en los productores donantes es un factor clave para el éxito del proyecto. Como se ha descripto se deberá diseñar un sistema de trabajo que no se interponga con la eficiencia operativa de los productores y que a su vez promueva la máxima cantidad de rescate de alimentos para su posterior entrega y/o procesamiento.
Según estudios realizados, se estima que la cantidad de pérdidas de alimentos que se estarían generando en la región sería de 42.000 Tn/año (Varriano, Laguto, Giovannone, Andriolo, Perea, 2020). Considerando como potencial, dados los vínculos con la Asociación de Productores Hortícolas de La Plata, un 50% de los mismos. La gran limitante serán los recursos económicos que el BALP pueda destinar para cubrir el costo operativo del rescate. A saber: (a) transporte; (b) carga y descarga; (c) consolidación de cajones.

b. **Procesamiento, producción e Instalaciones adecuadas.** Para dicha actividad clave se cuenta con una pequeña planta productora habilitada con RNE y se cuenta con los códigos RNPA de las etiquetas para las mermeladas Circular. Así mismo, el personal involucrado en la producción cuenta con capacitaciones periódicas en manipulación de alimentos y el BALP se encuentra en proceso de implementación de Normas de Inocuidad Alimentaria “AIB Internacional” (siendo el primer BdA en realizarlo a nivel nacional).

c. Almacenamiento. Para asegurar la correcta conservación de los alimentos producidos y procesados se cuenta con 2 contenedores marítimos tipo reefer de 40 pies high cube monitoreados mediante IoT para mayor control y seguridad.

d. Acciones comerciales y de marketing. Orientadas a los potenciales compradores de mermeladas (segmento patrocinador) para que sepan valorar, no solo las propiedades de sabor y textura de las mermeladas, sino también que se utilizan solo pulpas de fruta natural y azúcar en la elaboración. Además, se deberá resaltar el impacto social y ambiental positivo que se genera a través del apoyo al proyecto, dado que se evitan pérdidas de alimentos y se potencia la capacidad de entregar los mismo a más gente en condiciones de vulnerabilidad alimentaria y se generan fuente de empleo genuino y calificado. Para lograr el posicionamiento del producto se deberá trabajar con campañas en redes sociales, participación en evento regionales, y campañas como “Misión Naranja” que ha sido declarada de interés municipal por el Honorable Consejo Deliberante de La Plata y otorgan una gran visibilidad al proyecto. Se ha creado la marca “CIRCULAR” y se ha diseñado el correspondiente logotipo, haciendo claramente alusión al concepto de Economía Circular, por la búsqueda de evitar desperdicios en la producción de alimentos, y la disminución consecuente de la Huella Ecológica de la región.

e. Área Social y Nutrición. La participación activa del área social, en conjunto con especialistas en nutrición que colaboran en forma voluntaria son fundamentales a la hora de maximizar la

adopción del tipo de productos elaborados en el BALP por parte de los comedores y las personas que allí concurren, para lo cual se han perfeccionado y se continúa perfeccionando recetas, se confeccionan instructivos para la utilización de los mismos y se relevan necesidades de infraestructura en los comedores que puedan ser un factor limitante para la elaboración y entrega de alimentos con la producción del BALP.

f. Insumos clave. Los insumos clave son:
Harina. Para ello se cuenta con un donante estratégico que es Molino Campodónico

Azúcar. Arcor dona anualmente el 100% del azúcar necesario para la producción de mermeladas.

Frascos. Los frascos actualmente se están comprando, pero una vez que el volumen de rotación de productos alcance un nivel que posibilite la reutilización de los mismos, se comenzará una campaña de "envases reutilizables" alineada al concepto de Economía Circular que da origen a las mermeladas y que reforzará dicho concepto. A su vez, existe una cooperativa de recicladores que opera uno de los comedores beneficiarios del BALP que realizará el lavado y su acondicionamiento.

Etiquetas. Actualmente existe un convenio con la imprenta "LaCor" (La Corporación S.R.L.) quienes nos brindan el servicio de impresión de las etiquetas a un costo mínimo

2.1.3. SEGMENTO DE CLIENTES

a. Segmento Patrocinador. El segmento patrocinador será el segmento al que irán dirigidos los esfuerzos comerciales para generar los ingresos necesarios para cubrir los costos de la UP. A ellos se destinará el producto denominado "Mermelada Circular".
Dicho segmento ha sido caracterizado como consumidores preocupados por el impacto positivo de los productos que adquieren. El consumo con impacto positivo ha ido ganando fuerza en la sociedad y atrae a cada vez más personas dispuestas a adoptar un estilo de vida más sustentable, habiéndose duplicado en Argentina en el período 2020-2021. El 94% de los consumidores de impacto positivo de Argentina están preocupados por la situación ambiental actual. Los criterios más valorados a la hora de elegir un producto con impacto positivo son: que sea hecho con materiales reciclados, componentes orgánicos, que el packaging pueda ser reutilizable y que los productos sean de economías locales o regionales (entre otros). En la región, se han incrementado un 29% las ventas de productos con impacto positivo en 2022 versus 2021. Llegando 4.3 millones de compradores en los últimos 12 meses. El 21% de esos consumidores (0.9 millones) fueron argentinos. (Mercado Libre, 2022).

Por lo analizado, se considera que la oferta de Mermeladas "Circular" del BALP tiene una alta probabilidad de aceptación en un segmento de clientes muy amplio y en crecimiento y se buscará resaltar las características de esta, alineadas con las preferencias de los consumidores objetivo.

b. Segmento Beneficiario. El segmento beneficiario son las personas que asisten a los comedores y merenderos que forman parte del BALP (+26.000 personas), como así también los nuevos que se vayan incorporando a lo largo del tiempo, debido al incremento de las condiciones de inseguridad alimentaria que se registran en toda la región.

2.1.4. RELACIONES CON LOS CLIENTES Y CANALES

- **Redes Sociales**: En las redes sociales del BALP se comparten las principales novedades de la institución y se promueve la compra de mermeladas y la generación de nuevos socios y se realizan campañas de voluntariado. Las redes con las que cuenta el BALP son:

(a) Instagram: Actualmente cuenta con unos 2500 seguidores
(b) Facebook: Con más de 7500 seguidores orgánicos.
(c) LinkedIn: Con más de 1000 contactos
(d) Twitter: con más de 3000 seguidores

- **Mailings**: Todos los meses se comparte la revista del BALP con las principales novedades para los socios pudiendo brindar información más detallada en los nuevos proyectos.
- **Eventos**: Durante todo el año se asiste a diversos eventos de colecta de alimentos y exposición de las actividades del BALP, como así también de oferta de mermeladas (siendo hoy el principal punto de ventas). Durante los eventos se puede hablar uno a uno con los asistentes, contarles el objetivo que persigue el banco, se los invita a participar de la vida de la organización y se los sensibiliza respecto de la problemática de las pérdidas y desperdicios de alimentos y su potencial impacto en la disminución del hambre.
- **WhatsApp con instituciones:** tanto los mails como los grupos de whatsapp son el principal canal de comunicación continuo con las organizaciones beneficiarias. Por este medio se comunican novedades, se dan los turnos de retiro de mercadería, etc.

- **Tienda On-Line:** gracias a la colaboración de estudiantes de Ingeniería en Sistemas de Información de la UTN, se puso en funcionamiento una tienda online que permite agilizar el proceso de compra la actualización de los inventarios y la gestión del cobro de mermeladas circular.
- **Puntos de Pick-Up:** son socios clave para facilitar la entrega de mermeladas a los compradores, y debemos desarrollar algunos puntos más en zona norte y oeste. Es un punto donde exhibir las mermeladas junto con información respecto al triple impacto que generan las mismas.
- **Depósito BALP:** el depósito funciona como único punto de entrega de alimentos a las instituciones beneficiarias. Se organizan entregas mensuales o semanales, y se interactúa facilitando el diálogo que posibilite mejorar las condiciones de atención y resolución de necesidades.

2.1.5. PROPUESTA DE VALOR

Unidad de Producción CIRCULAR

La creación y puesta en marcha de la UP permitirán al BALP incrementar sustancialmente la cantidad de rescate de alimentos en el cordón frutihortícola, permitiendo afrontar los costos operativos del propio rescate, destinando parte de dicho volumen de alimentos a la UP, otra cantidad como entrega directa a comedores y todo excedente en forma directa a la Red Argentina de BdA.

Las líneas de productos que se realizarán en dicha unidad de producción serán: Mermeladas Circular, mermeladas en sachet, pulpas de tomate, mix de verduras, medallones de verdura.

2.1.5.1. Mermelada CIRCULAR

Será el producto destinado al público patrocinador, y su venta deberá permitir cubrir los costos de la mano de obra de la UP, siendo dichos costos fijos una gran limitante en la sostenibilidad económica del proyecto. El producto está elaborado con pulpas de fruta recuperadas por el BALP, una proporción de azúcar y otros ingredientes naturales como puede ser limón, jengibre, pimienta, canela u otros (en función de la receta). El packaging está pensado para resultar atractivo y brindar una imagen de calidad premium, resaltando la marca y los ingredientes de la mermelada. Cuenta con un precinto que, a su vez indica de forma gráfica el ingrediente principal de cada mermelada:

Figura 1. Mermeladas Circular

2.1.5.2. Productos para Comedores

La propuesta de valor de los productos elaborados por la unidad de producción se enfoca en simplificar la labor de los comedores, brindando productos previamente seleccionados y procesados para una fácil utilización, optimizando el tiempo de quienes realizan las raciones de alimentos en los comedores y merenderos. Aportando mayor vida útil de los productos a partir de su congelamiento.

Pulpa de Tomate: se presenta en sachet de 2 kilogramos.

Mix de verduras: Aptos para sopas y guisos. Se presenta en sachets de 2 kilogramos.

Medallones de verdura: Se presentan en bolsas con 20 medallones congelados.

Mermeladas: Se presentan en sachet de 500 gramos para mejor manipulación.

2.1.6. ESTRUCTURA DE COSTOS E INGRESOS

2.1.6.1. COSTOS

A continuación, se muestra a modo de ejemplo la estructura de costos para la variedad de “Tomate con limón, jengibre y pimienta”, siendo para el resto de las variedades prácticamente el mismo costo.

Tabla 4

MERMELADA DE TOMATE Y PIMIENTA

Componente	Precio Unitario	Unidad	x frasco	Subtotal
Frasco y tapa	$ 69,37	UNIDAD	1,0000	$ 69,37
Pectina	$ 5.740,00	KG	0,0015	$ 8,50
Ac cítrico	$ 945,00	KG	0,0011	$ 1,05
Etiqueta	$ 20,85	UNIDAD	1,0000	$ 20,85
Gas/cocción	$ 1.975,00	COCCION	0,0062	$ 12,19
MO/DIA	$ 16.417,99	COCCION	0,0062	$ 101,35
Fruta	$ -	KG		$ -
Azúcar	$ -	KG		$ -
Pimienta	$ 1.700,00	KG	0,0006	$ 1,10
Jengibre	$ 250,00	KG	0,0010	$ 0,26
Limón	$ 30,00	KG	0,0247	$ 0,74
Canela	$ 3.800,00	KG		$ -
			Total	**$ 215,42**

En el caso de la Pulpa de Tomate, Mis de Verduras y Medallones, el costo se toma considerando que el consumo de energía eléctrica se encuentra subsidiado (costo cero) por tomar el suministro del predio de Vialidad de la Provincia, quienes han dado el espacio en concesión para el BALP. Tampoco se carga el costo de la mano de obra directa, ya que se plantea en el proyecto que el mismo deberá ser cubierto por la venta de mermeladas.

Tabla 5

PULPA DE TOMATE				
Componente	**Precio Unitario**	**Unidad**	**x sachet**	**Subtotal**
Sachet	$ 2.500,00	Rollo	0,92	$ 0,92
Etiqueta	$ 950,00	Rollo	0,35	$ 0,35
			Total	**$ 1,27**

Tabla 6

MIX DE VERDURAS				
Componente	**Precio Unitario**	**Unidad**	**x sachet**	**Subtotal**
Sachet	$ 2.500,00	Rollo	1,09	$ 1,09
Etiqueta	$ 950,00	Rollo	0,35	$ 0,35
			Total	**$ 1,44**

Tabla 7

MEDALLONES				
Componente	**Precio Unitario**	**Unidad**	**x sachet**	**Subtotal**
Sachet	$ 2.500,00	Rollo	1,09	$ 1,09
Etiqueta	$ 950,00	Rollo	0,35	$ 0,35
			Total	**$ 1,44**

Otros costos: Mano de obra, se consideran el sueldo y cargas sociales del personal afectado de forma exclusiva a la UP, siendo el mismo de $ 237.928,62 mensuales, en base a las paritarias de UTEDyC en Julio 2022. El transporte se realiza en una unidad propia del BALP, teniendo asociados los siguientes costos: Combustible $87.168 mensuales[1]; seguros, prorrateo de mantenimiento y patente $67.000. Se contempla el pago de $30 por cajón de 18Kg de Fruver a los changarines que realizan el trabajo en instalaciones de los productores.

2.1.6.2. INGRESOS

Como fuentes de ingresos asociadas al presente proyecto se consideran dos principales:

1. Precio de venta de Mermeladas CIRCULAR: $650 por frasco, siendo un valor intermedio entre una mermelada comercial de alta calidad y una mermelada artesanal premium.

[1] Considerando el precio de gasoil a agosto 2022. Fuente: https://surtidores.com.ar/precios/

2. Contribución simbólica aportada por los comedores por cada kg. de alimento recibido. Siendo el mismo de $45 para pulpas de tomate y mix de verduras y de $70 para medallones de verdura.
Según la demanda y la cantidad de beneficiarios actuales, se establecen los siguientes objetivos de producción y entrega de alimentos a comedores:

Pulpa de tomate: 4.000Kg/mes

Mix de Verduras: 4.000 Kg/mes

Medallones: 2000 Kg/mes

El objetivo de ventas de mermeladas se establece de forma de respetar dos condiciones: (a) cubrir el 100% del costo de la mano de obra de la UP, y no superar el 15% de la capacidad utilizada en producción. A tal efecto se calcula la utilidad promedio por ventas de las distintas variedades de mermelada.

Tabla 8

	Costo	Precio de Venta	Utilidad
Mermelada Tomate	$ 213,31	$ 650	$ 436,69
Mermelada UVA	$ 213,31	$ 650	$ 436,69
Mermelada Naranja	$ 213,31	$ 650	$ 436,69
Mermelada T&L	$ 214,05	$ 650	$ 435,95
Mermelada T&C	$ 217,11	$ 650	$ 432,89
Mermelada T J&P	$ 215,42	$ 650	$ 434,58
		Utilidad Media	**$ 435,58**

Siendo el costo total de mano de obra $ 237.928,62 queda un objetivo de ventas de **547 frascos** de mermelada. Teniendo en cuenta que se obtienen 45 frascos de mermelada cada 40Kg de tomate rescatado, es el equivalente a 1.823,33 Kg de tomates a procesar para obtener dicha cantidad de frascos para la venta. Considerando que adicionalmente se procesarían 10Tn de producto (pulpas, medallones y mix), se respeta el porcentaje del 15% de los kilogramos procesados. Los ingresos por contribución solidaria de los comedores generarán un flujo mensual aproximado de $486.280, según la siguiente tabla 9.

Tabla 9

	Costo/Kg Sin M.O.	Contribución Comedores /Kg	Utilidad	Kg/mes	Subtotal
Pulpa de Tomate	$ 1,27	$ 45,00	$ 43,73	4000	$ 174.920,00
Miz de Verduras	$ 1,44	$ 45,00	$ 43,56	4000	$ 174.240,00
Medallones	$ 1,44	$ 70,00	$ 68,56	2000	$ 137.120,00
			Total de ingresos por contribución		**$ 486.280,00**

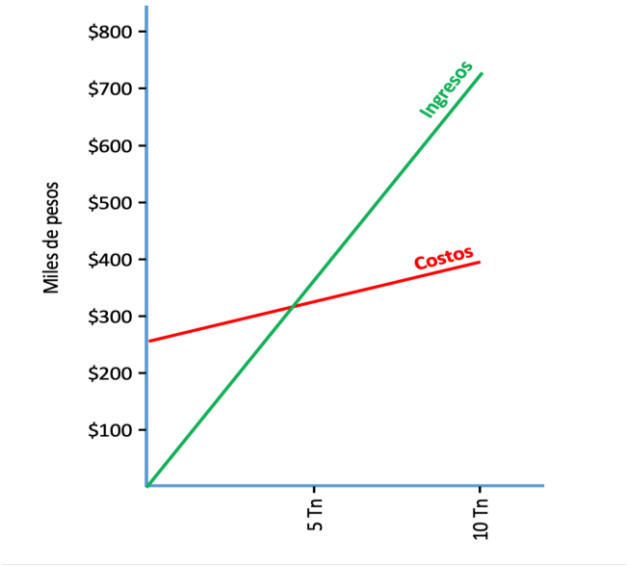
Lo que permitirá cubrir, a su vez los costos variables de la producción que ascienden a $173.873,56, según la siguiente tabla

Tabla 10 – Costos logísticos

Costo Logístico	$ 87.168,00	136,2	Precio Gasoil
Seguros y otros	$ 67.000,00		
Changarín	$ 19.705,56	$30/Cajón	
	$ 173.873,56		

Como se puede observar en el gráfico 4, el esquema de producción y ventas propuesto supera la prueba de punto de equilibrio sin inconvenientes.

Gráfico 4. Punto de equilibrio



3. CONCLUSIONES.

Se puede observar que la puesta en marcha de una unidad de producción en el Banco Alimentario de La Plata es una alternativa técnica y económicamente factible. Dicha unidad de producción permitirá aumentar la cantidad y calidad de alimentos entregados por el BALP, favoreciendo el rescate de alimentos en el cordón frutihortícola de La Plata y potenciando la disminución de las condiciones de vulnerabilidad alimentaria a la población alcanzada por la ONG.

La Universidad tiene el potencial de colaborar con proyectos de este estilo aportando conocimiento técnico, mano de obra voluntaria calificada y favoreciendo de actividades de aprendizaje de servicios constituyendo una buena práctica de responsabilidad social universitaria.

4. REFERENCIAS.

Selis, D. (2000). Efectos del cambio tecnológico sobre las condiciones de producción y reproducción del sector hortícola de La Plata. Serie de Estudios e Investigaciones, 39, 31–56. Recuperado de: http://www.memoria.fahc e.unlp.edu.ar/libros/pm.182/pm.182.pdf

ODSA. (2021). RIESGOS ALIMENTARIOS Y PRÁCTICAS DE CONSUMO EN LA ARGENTINA URBANA. Buenos Aires: OBSERVATORIO DE LA DEUDA SOCIAL ARGENTINA.

Ferraris, G.; Ferrero, G. (2018). Análisis de la estructura agraria en los sistemas hortícolas del AMBA-SUR. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 117

CFI. (2016). Informe Sectorial Hortícola Argentino. Consejo Federal de Inversiones. Recuperado de: http://bibliote ca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2016/07/informe-horticola.pdf

Guerra, F. G.; Más, D. A. (2017). INTA AMBA relevó importantes pérdidas luego de la última tormenta. Recuperado de: https://inta.gob.ar/noticias/inta-amba-relevoimportantes-perdidas-luego-de-la-ultima-tormenta

Rivas, Alejandro; Blengino, C.; Álvarez de Toledo, B.; Franco, D. (2019). Pérdidas y Desperdicio Alimentario (PDA) en Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina

FAO, OPS, WFP y UNICEF. (2019). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y Caribe. ISBN 978-92-5-131958-1. Recuperado de: http://www.fao.org/3/ca6979es/ca6979es.pdf

Varriano, Nicolas, Sebastian Laguto, Pablo Giovannone, Nicolas Andriolo, y Tomas Martinez Perea. 2020. «Análisis de pérdidas y desperdicios de hortalizas en el Gran La Plata. Su potencial uso como materia prima en la producción de alimentos.» Ingenio Tecnológico.

Alconada, Manuela, Carla Maroscia, Adriana Fassio, Maria Gabriela Rutty, Liliana Galan, y Maria Laura Zaidman. 2020. «EMERGENCIA ALIMENTARIA Y APRENDIZAJE EN GESTIÓN DE LOS COMEDORES QUE ARTICULAN CON EL BANCO ALIMENTARIO DE LA PLATA.» ADENAG 41-53.

FAO. 2019. EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Mercado Libre (2022). Tendencias de Consumo Online con Impacto Positivo en Argentina y América Latina. Recuperado de: https://meli-sustentabilidad-bucket.s3.amazonaws.com/Tendencias_Impacto_Positivo_MELI_AR_2022_b14f3b7647.pdf

Agradecimientos

Agradecemos a las autoridades del Banco Alimentario de La Plata por su colaboración y la generosidad en compartir información y contactos con productores hortícolas.

TRANSICIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. POTENCIALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA HÚMEDA

Pendón, Manuela; Re, Carola; Couselo, Romina; Cibeira, Natalia

UIDET Formulación y Evaluación de Proyectos, Facultad de Ingeniería, UNLP
manuela.pendon@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

Según el Informe Mensual de CAMMESA del mes de marzo de 2022, la región compuesta por Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe tiene una participación de casi el 50% del total de potencia instalada en el país. Siendo el 84% de la potencia instalada de origen térmico, es decir a partir de combustibles fósiles, el 5% de origen hidráulico, el 5% de origen nuclear y el 6% restante de origen renovable fundamentalmente eólica y en segundo lugar a partir de biogás. En la provincia de Buenos Aires se concentra el 47% del total del consumo de energía eléctrica del país. La bioenergía es la energía generada a partir de la biomasa. Biomasa es la materia orgánica de origen vegetal o animal, no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La utilización de esta fuente de energía tiene diversas ventajas tanto desde el punto de vista económico como del medioambiental y social (triple impacto). La provincia de Buenos Aires estuvo ligada desde sus orígenes a las actividades agrícolas y ganaderas, y aún en la actualidad conserva condiciones excepcionales para el cultivo y para una ganadería vacuna de alto valor. A lo largo del proceso de digestión anaeróbica se eliminan residuos, evitando emisiones de CO2, y se produce energía renovable, que sirve también para el autoconsumo o inyección al mercado eléctrico y productos como fertilizantes. En el presente trabajo se analiza la potencialidad de desarrollo de energía eléctrica a partir de biomasa húmeda y biogás en la provincia de Buenos Aires, considerando aspectos como disponibilidad de recurso, estado del arte de la tecnología y aplicaciones, integración a la red, impactos ambientales y sociales, costos y actores de la cadena de valor.

Palabras Claves: energía renovable, biomasa, proyectos, cadena de valor.

ABSTRACT

According to the CAMMESA Monthly Report for the month of March 2022, the region made up of Buenos Aires, Entre Ríos and Santa Fe has a share of almost 50% of the total installed power in the country. Being 84% of the installed power of thermal origin, that is to say from fossil fuels, 5% of hydraulic origin, 5% of nuclear origin and the remaining 6% of renewable origin fundamentally wind and secondly from biogas. The province of Buenos Aires accounts for 47% of the country's total electricity consumption. Bioenergy is energy generated from fuels from biomass. Biomass is organic matter of plant or animal origin, not fossil, including materials from its natural or artificial transformation. The use of this source of energy has several advantages from an economic, environmental and social point of view (triple impact). The province of Buenos Aires was linked from its origins to agricultural and livestock activities, and even today it maintains exceptional conditions for cultivation and high-value cattle farming. Throughout the anaerobic digestion process, waste is eliminated, avoiding CO2 emissions, and renewable energy is produced, which is also used for self-consumption or injection into the electricity market and products such as fertilizers. In the present work, the potential for the development of electrical energy from wet biomass in the province of Buenos Aires is analyzed, considering aspects such as availability of resources, state of the art of technology and applications, integration into the network, environmental and social impacts. , costs and value chain actors.

Keywords: renewable energy, biomass, projects, value chain

1. INTRODUCCIÓN

Según el Informe Mensual de CAMMESA (CAMMESA, 2022) del mes de marzo de 2022, la región compuesta por Buenos Aires (BSAS y GBA), Entre Ríos y Santa Fe (LITORAL) tiene una participación del casi el 50% (20.154 MW) del total de potencia instalada en el país (42.871 MW). Siendo el 84% de la potencia instalada de origen térmico, es decir a partir de combustibles fósiles, el 5% de origen hidráulico, el 5% de origen nuclear y el 6% restante de origen renovable fundamentalmente eólica y en segundo lugar a partir de biogás.

En la provincia de Buenos Aires se concentra el 47% del total del consumo de energía eléctrica del país.

La bioenergía es la energía generada a partir de la biomasa. Biomasa es la materia orgánica de origen vegetal o animal, no fósil, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La gran diversidad de materiales que comprende la bioenergía la convierte en una fuente versátil, a partir de la cual pueden obtenerse combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, utilizando procesos más o menos sofisticados y para diversas aplicaciones. Sin embargo, esta misma diversidad genera un panorama complejo, que adquiere matices propios en función del contexto sociocultural, económico, político-institucional y ambiental, de un sitio dado, en un momento histórico determinado. Además, la dispersión geográfica que puede tener el recurso energético, sumado a su baja densidad energética hacen que el costo de transporte del mismo sea una variable clave en este tipo de proyectos. Sin embargo, la utilización de esta fuente de energía tiene diversas ventajas tanto desde el punto de vista económico como del medioambiental y social (triple impacto). A través de su utilización se realiza un agregado de valor a residuos agroindustriales y forestales, se aumenta la eficiencia productiva de los establecimientos, puede implicar una redistribución de ingresos al sector rural, entre otros.

La provincia de Buenos Aires genera un tercio del Producto Bruto Interno (PBI) y cerca de la mitad del valor industrial agregado del país. Más allá de que concentra grandes volúmenes de riqueza, Buenos Aires estuvo ligada desde sus orígenes a las actividades agrícolas y ganaderas, y aún en la actualidad conserva condiciones excepcionales para el cultivo de cereales, oleaginosas y forrajeras, y para una ganadería vacuna de alto valor.

Desde el punto de vista de la emisión de gases de efecto invernadero, en nuestro país los subsectores de Ganadería (21.6%), Transporte (13.8%) y Generación de Electricidad (13.1%) son los que tienen mayor participación. Entre los tres, son responsables del 50% de la emisión de gases de efecto invernadero a nivel país. (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019)

El stock vacuno de la provincia de Buenos Aires alcanzó los 19,13 millones de cabezas a marzo de 2019. Hoy, la provincia cuenta con el 35,5% del rodeo nacional, muy lejos de la segunda, Santa Fe, que alcanza al 11,3% con 6,1 millones de bovinos.

En el contexto actual se observa el acercamiento a los límites físicos de los recursos energéticos convencionales y a la vez un crecimiento y expansión del modelo de producción y consumo hegemónico. Algunos trabajos científicos concluyen que el ritmo de disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero para evitar el indeseado calentamiento global, debiera haber sido del 6% anual desde el año 2013, lo que evidentemente no ha ocurrido. El cambio climático establece una necesidad imperiosa de, fundamentalmente, reducir el consumo y a la vez, diversificar la matriz energética incorporando fuentes no convencionales.

En los últimos años, la presión social y política sobre las empresas para lograr una producción más sostenible para el medio ambiente ha crecido de manera constante. Los precios de la energía juegan un rol importante en la gestión de las empresas, que están buscando soluciones para mejorar la eficiencia energética. En este marco, las fuentes renovables de energía representan una oportunidad crucial para que la sostenibilidad siga el desarrollo económico. Actualmente, la mayoría de las industrias trata solamente las aguas residuales con soluciones aerobias para limitar la contaminación ambiental, con altos gastos en operaciones, sin aprovechar los macronutrientes de las aguas residuales y gastando energía en lugar de producirla.

La digestión anaeróbica es una fuente de energía renovable con enorme potencial. El combustible orgánico llevado al ambiente controlado de las plantas de biogás evita que las emisiones producidas por la descomposición de materia orgánica se liberen a la atmósfera, contribuyendo a la reducción de gases de efecto invernadero. Por tanto, a lo largo del proceso de digestión anaeróbica se eliminan residuos, evitando emisiones de CO_2, y se produce energía renovable, que sirve también para el autoconsumo y productos como fertilizantes. El uso del digestato como biofertilizante ayuda a devolver el carbono orgánico al suelo y reduce el uso de fertilizantes minerales, cuya producción es intensiva en carbono. Es decir, el biogás es un buen ejemplo de economía circular. Por estas

razones, a diferencia de otras fuentes de energía renovable, como las eólicas y fotovoltaicas, el biogás baja las emisiones de CO2 y garantiza una independencia energética.

A partir del contacto con profesionales de la Autoridad del Agua (ADA) se observa la preocupación que generan los efluentes de feedlots e industrias alimentarias en la Provincia de Buenos Aires por su influencia en el recurso hídrico. El biogás (biomasa húmeda), que se obtiene fundamentalmente de los residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU), así como el biometano obtenido del propio biogás, pueden emplearse en distintos sectores económicos, especialmente en la movilidad, y la generación eléctrica o en sistemas de calor y energía, desplazando materias primas de origen fósil y por ello tiene un papel relevante en la transición energética por su capacidad para integrar la economía circular en la generación de energía renovable. Las principales fuentes de biogás son los residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas y la fracción orgánica de los residuos domésticos. Estos residuos contienen en su composición una importante carga orgánica (fuente de energía) y una fracción mineral, entre los que se encuentran nutrientes necesarios para la vida de las plantas, como así también sustancias orgánicas y elementos minerales potencialmente tóxicos, y microorganismos patógenos, susceptibles de impactar en los recursos hídricos. El biogás es la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como combustible. Tal como expresa el Banco Interamericano de Desarrollo en varias de sus publicaciones, la transición energética es clave para la generación de empleos y para una recuperación económica sostenible en el período post-pandemia. Particularmente, se destaca la gran cantidad de recursos naturales para la producción de biomasa, energía eólica y solar en Latinoamérica y su gran potencial de desarrollo.

2. ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE BIOMASA HÚMEDA EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

2.1 Usos de la Biomasa como fuentes de energía

La biomasa es, desde el punto de vista energético, un combustible procedente de productos y residuos naturales (agrícolas o forestales).
Los principales usos de la biomasa se dividen en dos amplias categorías:

- La biomasa tradicional de baja eficiencia como madera, paja, estiércol y otros abonos se utilizan históricamente para cocinar, iluminar y calentar espacios, generalmente en lugares aislados por habitantes de bajos recursos. En este caso la mayor parte de la biomasa se quema, lo que genera impactos negativos sobre la salud y las condiciones de vida.

- La bioenergía moderna de alta eficiencia utiliza sólidos, líquidos y gases como portadores de energía secundaria para generar calor, electricidad y combustibles para el transporte. Los biocombustibles líquidos incluyen etanol y biodiesel para uso en transporte y algunos usos industriales. Los gases derivados de la biomasa, principalmente metano, procedente de la digestión anaeróbica de residuos agrícolas y tratamiento de residuos sólidos municipales (RSU) se utilizan para generar electricidad, calor o ambos. Los sólidos son astillas, pellets, madera recuperada previamente usados, entreotros.

2.2 Normativa argentina aplicable a la generación de energía eléctrica a partir de biogás y biomasa

En el año 2000 se sanciona en la provincia de Buenos Aires la Ley N°12.603, en la que se declaró de interés provincial la generación y producción de energía eléctrica mediante el uso de fuentes renovables. En el año 2006 se sancionó la Ley N°26.190, la cual estableció como objetivo que el 8% de la demanda energética para el año 2016 sea provista por fuentes renovables y declaró de interés nacional la investigación tendiente al desarrollo de tecnologías renovables. En dicho marco, en el año 2009, se creó en la provincia de Buenos Aires, el Programa Provincial de Incentivos a la Generación de Energía Distribuida (PROINGED), con el objetivo de promocionar inversiones en la generación eléctrica distribuida en el territorio bonaerense.
En cuanto a la biomasa en particular, a finales de 2012 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca y el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, con la asistencia técnica de la FAO lanzan el proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa PROBIOMASA. El objetivo de este proyecto es generar la información, capacitación, asesoramiento, entre otros, en proyectos de producción de energía térmica o eléctrica a partir de biomasa.

En el año 2015 se sancionó la Ley N°27.191, la cual reemplaza a la anterior Ley N°26.190. Esta ley propuso como objetivo alcanzar un 8% de participación de energías renovables en la matriz eléctrica al 2017 y un 20% hacia 2025 y declara de interés nacional la generación de energía eléctrica con fuentes renovables, así como la investigación asociada a su desarrollo. Luego, con el objetivo de cumplir con lo establecido en la ley antedicha se lanzaron los programas RenovAr, los cuales han completado tres rondas de licitación. La ley N°27.191 define como Fuentes Renovables de Energía con destino a la generación eléctrica, entre otras, a la biomasa (biomasa seca) y al biogás (a partir de biomasa húmeda) con excepción de los usos previstos en la ley 26.093 (biocombutibles mezclados con combustibles fósiles). La Provincia de Buenos Aires adhirió a la Ley Nacional N° 26.190 y modificatoria Ley N° 27.191.

2.3 Tecnología para generación de energía eléctrica a partir de biomasa húmeda y biogás

Dependiendo de las características de la biomasa, si es seca o húmeda, y de la tecnología a utilizar, el aprovechamiento energético de la biomasa puede seguir dos grandes caminos: combustión directa, gasificación o pirólisis o procesos físicos/bioquímicos, tales como fermentación, transesterificación y digestión anaeróbica para la producción de biogás.

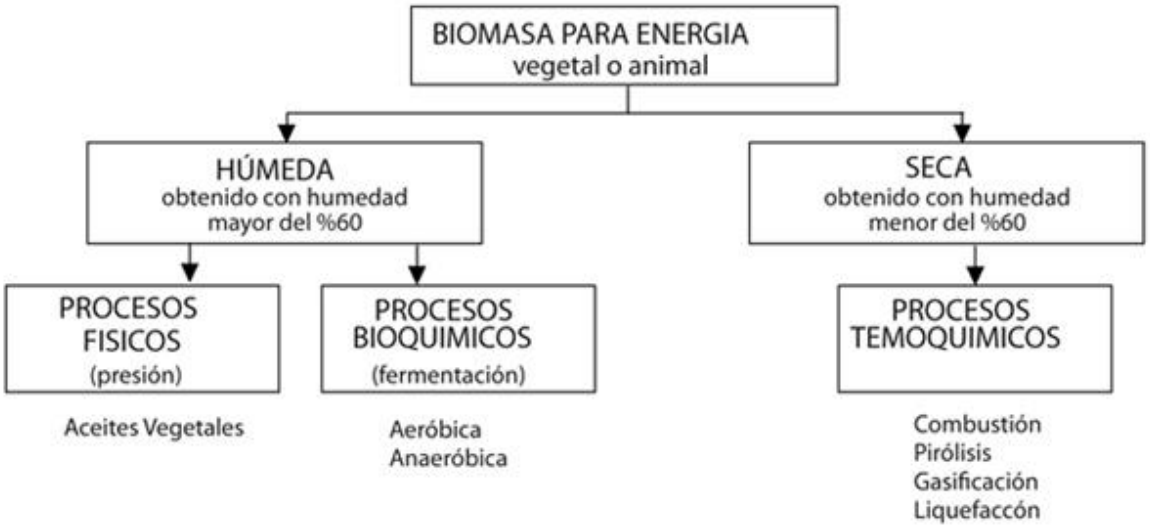


Figura 1 Clasificación de la Biomasa para Energía. Fuente: (PROBIOMASA, 2022)

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).

La fermentación anaeróbica, para la que se utiliza generalmente residuos animales o vegetales de baja relación carbono / nitrógeno, se realiza en un recipiente cerrado llamado “digestor” y da origen a la producción de un gas combustible denominado biogás. Adicionalmente, la biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción del biogás, constituye un excelente fertilizante para cultivos agrícolas.

El biogás es rico en metano y dióxido de carbono y se produce a partir de la digestión anaeróbica de materia orgánica. La producción de este compuesto es considerada una de las tecnologías más limpias y eficientes, pudiendo reemplazar a otras fuentes de energía y ser beneficioso en términos ambientales, pero también desde el aspecto socio-económico.

La digestión anaeróbica puede utilizarse como un sistema de recuperación de energía y nutrientes contenidos en la materia orgánica. Esta, mediante un proceso en el que interviene un grupo de microorganismos, se transforma en una mezcla de gases conocida como biogás, fundamentalmente metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), y en un efluente denominado digestato, que contiene macro y micronutrientes, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y otros.

2.4 Potencia instalada conectada al MEM

La potencia instalada, conectada a la red, a partir de fuentes renovables en la provincia de Buenos Aires es del 8% y fundamentalmente eólica, con una participación del 97% seguida en una escala mucho menor de bioenergías con el 3% restante, con el siguiente detalle:

Tabla 1 Proyectos de Generación de energía eléctrica a partir de Biogás conectados al MEM. Elaboración propia a partir de (CAMMESA, 2022)

Generadora	MW	Ubicación	Partido	Provincia	Recurso energético	Origen recurso
Biogás CT RESENER SA	1	Colonia La Merced	Villarino	Buenos Aires	Residuos orgánicos de origen industrial	Animal/Vegetal
Biogás CTBG ARRE BEEF SA	2	Pérez Millán	Ramallo	Buenos Aires	Industria frigorífica de ganada vacuno	Animal
Biogás CTBG PACUCA BIO ENERGÍA	1	Roque Perez	Roque Perez	Buenos Aires	Efluentes porcinos	Animal
Biogás CTBG PERGAMINO SA	2	Pergamino	Pergamino	Buenos Aires	Residuos de origen agrícola	Vegetal
Biogás RS CT ENSENADA SECCO	5	Ensenada	Ensenada	Buenos Aires	Residuos sólidos urbanos	RSU
CT SAN MARTIN NORTE 3A	5	Don Torcuato	Tigre	Buenos Aires	Residuos sólidos urbanos	RSU
CT SAN MIGUELNORTE III-ENARSA	12	Campo de Mayo	San Miguel	Buenos Aires	Residuos sólidos urbanos	RSU
CTBG GENERAL ALVEAR	1	Gral. Alvear	Gral. Alvear	Buenos Aires	Purín de cerdo, guano de pollo y forraje	Animal
CTBG GENERAL VILLEGAS Ren 2	1	Gral. Villegas	Gral. Villegas	Buenos Aires	Purín de cerdo,silaje de maíz, desechos de soja y sorgo	Animal
CTBRS SAN MARTÌN NORTE III-D	5	Campo de Mayo	San Miguel	Buenos Aires	Residuos sólidos urbanos	RSU
	35					

2.5 Generación distribuida

La generación descripta en el apartado anterior responde al modelo centralizado de generación de energía eléctrica, grandes centrales conectadas al mercado eléctrico, inyectando a la red, sin embargo, el biogás es una alternativa atractiva para mejorar el cumplimiento de las normas sanitarias y ambientales en la producción ganadera local de manera rentable. Este esquema resulta aplicable fundamentalmente para sistemas productivos intensivos, tales como ganadería bovina en feedlot, tambos y establecimientos porcinos y avícolas, así como frigoríficos. Y en tales emprendimientos la mayoría de las veces el recurso disponible no alcanza para generar los límites mínimos de potencia para conectarse al mercado sin perjuicio de que los residuos pueden valorarse y además puede generarse energía para autoconsumo, entonces aparece un modelo aplicable a la generación descentralizada, a diferencia de los proyectos más grandes conectados al mercado de forma centralizada. Y es quizás este agregado de valor a la biomasa húmeda el que resulta de mayor interés para desarrollar en la provincia de Buenos Aires.

De acuerdo a estimaciones del INTA en Argentina, alrededor del 90% de los productores agropecuarios son de pequeña y mediana escala, por lo que los residuos de esas producciones están distribuidos en todo el territorio del país y no tiene sentido centralizarlo y plantean que un modelo de desarrollo eficiente debe ser distribuido, aprovechando las bondades geográficas del territorio.

Según estadísticas del Comité de Biomasa de la Cámara Argentina de Energías Renovables CADER, Argentina posee entre 60 y 80 plantas de biomasa, de las cuales 20 son grandes instalaciones. Estas plantas son básicamente de tratamiento de residuos sólidos urbanos o componentes orgánicos, así como también mini-biodigestores o mini lagunas cubiertas para consumo domiciliario. Según un relevamiento de 2015, estas iniciativas se sitúan mayoritariamente al norte de la provincia de Buenos Aires y en la región del Litoral.

De acuerdo al Observatorio de Bioeconomía y Datos Estratégicos de la Provincia de Buenos Aires al año 2019 existían únicamente 13 plantas repartidas a lo largo de la provincia que procesan biomasa húmeda, las cuales mayoritariamente son de pequeña escala y utilizadas por las empresas para generar energía de autoconsumo y 11 biodigestores en construcción. Dicho relevamiento posiblemente no considere los proyectos que actualmente se encuentran conectados a la red o los considere dentro de los 11 que estaban en construcción.

Desde el 2018, el Ministerio de Agroindustria lleva adelante un programa para instalar biodigestores en escuelas rurales y agrotécnicas que permiten abastecer de energía a estos establecimientos y a poblaciones cercanas a las mismas.

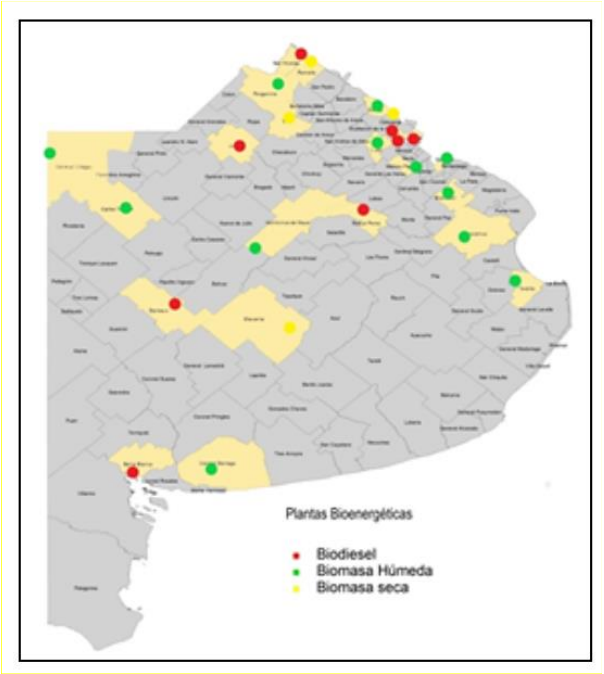
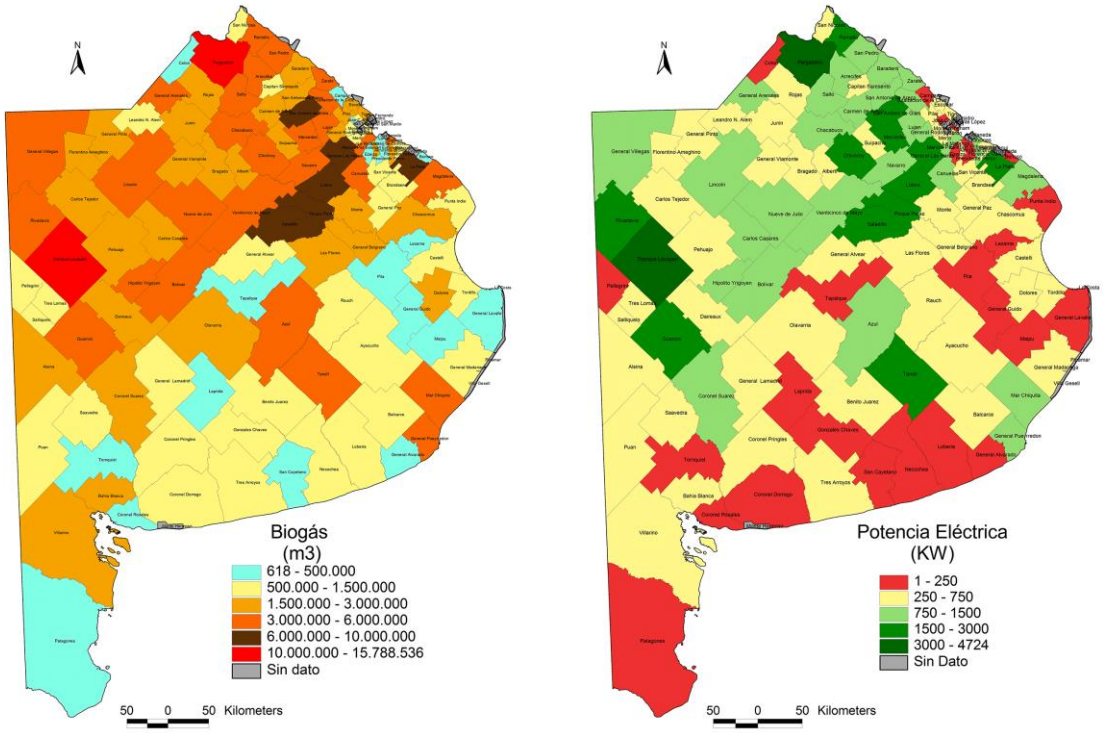


Figura 2 Plantas Bioenergéticas en Provincia de Buenos Aires. Fuente: (CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CIECTI), 2019)

2.6 Disponibilidad de recurso

La propiedad inherente de los recursos de biomasa hace que la evaluación de su potencial técnico sea compleja. La provincia de Buenos Aires cuenta con múltiples recursos y líneas de producción que dan lugar a un balance de biomasa altamente positivo a lo largo de prácticamente todo el territorio provincial. En particular, de acuerdo a un estudio realizado por el Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CIECTI), 2019), se identifican dos polos geográficos donde existe mayor concentración de sobreoferta de biomasa: uno localizado al norte y noroeste, donde se ubica la zona núcleo agrícola; y otro radicado al sudeste, con condiciones agroecológicas favorables para estas explotaciones.

El Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires, a través de la Dirección provincial de Bioeconomía y Desarrollo Rural, desarrolló un mapa de la biomasa disponible para generación de biogás. Este mapa muestra la cantidad de gas que podría generarse en función de los residuos de producciones animales intensivas, además de la electricidad que se podría generar con ese gas. De acuerdo a las estimaciones realizadas por dicho Ministerio, Buenos Aires cuenta con una oferta potencial aproximada de biogás equivalente a 170.700 toneladas de petróleo por año (Ministerio de Agricultura de la provincia de Buenos Aires). En el Foro GreenAr, llevado a cabo en octubre de 2018, se mostraron datos calculados en base a 12.300 establecimientos estudiados: 9.200 porcinos, 2.100 tambos, 700 feed lots y 300 avícolas. El potencial total, en base a los residuos de dichos establecimientos, es de alrededor de 93 MW. Más de la mitad (55%) pertenece a establecimientos pequeños y medianos, los cuales no superan individualmente los 100 kW de potencia. Esto refleja la importancia de comenzar a diagramar vínculos entre dichos productores con empresarios e inversores (Singh, 2020).



Mapa 1: Potencial de Biogás discriminado por Partido de la Provincia de BA, utilizando residuos de producciones primarias intensivas. Elaboración propia. Datos: Probiomasa-Programa WISDOM.
Mapa 2: Potencia Eléctrica que podría obtenerse con el aprovechamiento del Potencial de Biogás. Elaboración propia.

Figura 3 Mapa de la biomasa disponible para generación de biogás y energía eléctrica. Fuente: (Singh, 2020)

De acuerdo a la FAO, en su documento Actualización del Balance de biomasa con fines energéticos en la Argentina (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020), el potencial de generación de biogás de la provincia asciende a 110.943 tep/año.

Potencial de generación de biogás (tep/año)				
Provincia	*Feedlots*	Tambos	Porcinos	Total
Buenos Aires	65626	15252	30065	110943

Figura 4 Potencial de biogás para feedlots, tambos y establecimientos porcinos en Buenos Aires. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020)

Para dicho análisis, se considera como biomasa húmeda a los residuos ganaderos bovinos (de feedlots y tambos) y los porcinos, por ser las únicas fuentes con información disponible. Por otra parte, para el caso de las producciones ganaderas, se consideró únicamente la forma de producción intensiva, debido a que simplifica las tareas de recolección del estiércol, purines y efluentes, lo que garantiza el abastecimiento continuo del sustrato a los biodigestores.
Las estimaciones de las producciones ganaderas se llevaron a cabo a partir de información del SENASA con la localización de cada establecimiento y el número de cabezas, actualizada en octubre 2015.

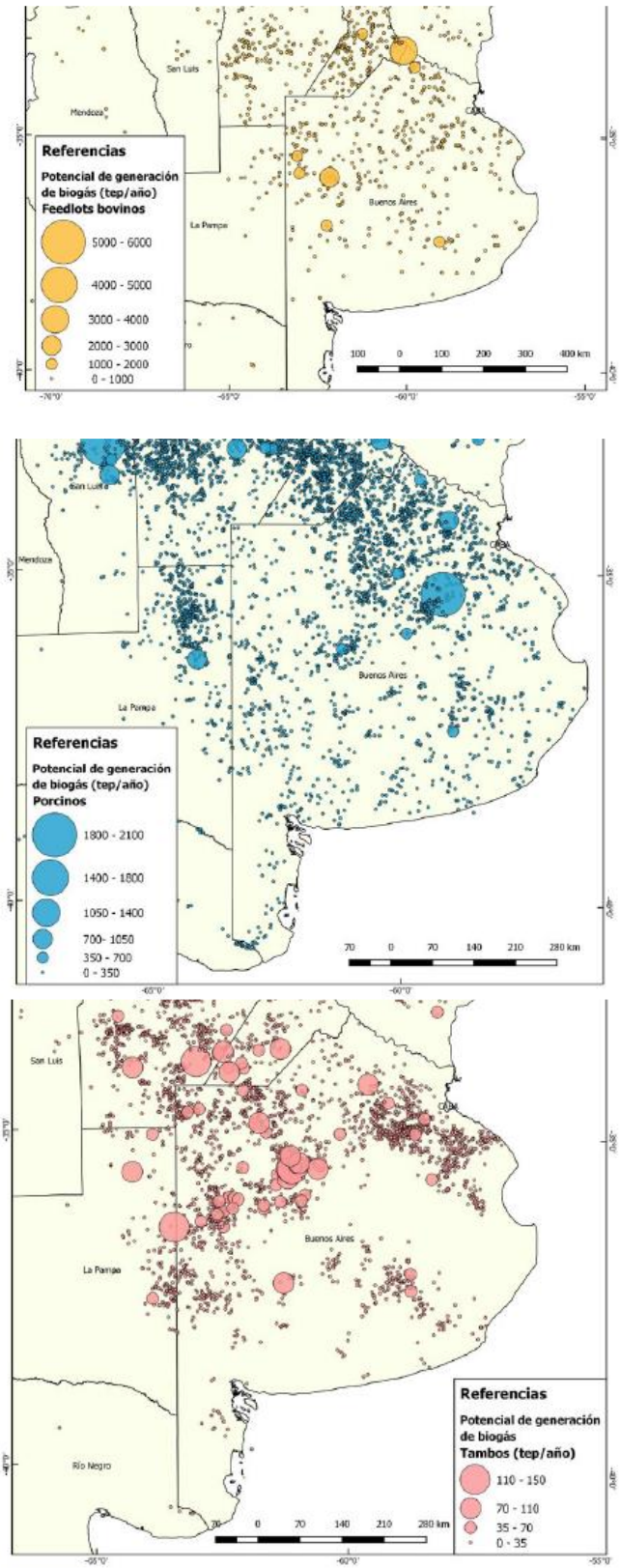


Figura 5 Distribución del potencial de biogás para feedlots, tambos y establecimientos porcinos en Buenos Aires. Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020)

2.5 Integración a la red

Las plantas de generación de energía eléctrica a partir de biogás son similares a las plantas que funcionan con combustibles fósiles en varios aspectos. Son alimentadas por combustible gaseoso, y utilizan tipos de tecnología similares y ciclos térmicos para el motor primario. Las características temporales y previsibilidad de salida están determinados en parte por decisiones operativas, y en parte por la disponibilidad de combustible de biomasa, que puede depender de cómo se prepara, almacena y suministra a la planta y puede exhibir variaciones diarias, mensuales, estacionales y

anuales. La ubicación de las plantas de biogás a menudo está determinada por la proximidad al suministro de biomasa ya que la limitación del transporte de biomasa a largas distancias es el contenido energético relativamente bajo, esto redunda en que generalmente es más económico ubicar la planta cerca de la fuente de combustible. A menudo pequeñas plantas están conectadas en el nivel de distribución y plantas más grandes pueden estar conectadas a nivel de transmisión. Cuando, se busca aumentar la eficiencia, la planta se opera para generar calor y electricidad de forma combinada, y esto puede dar lugar a baja flexibilidad para su despacho, sin embargo, cuando el calor puede almacenarse, la electricidad se puede producir de manera flexible. En cuanto a las características de control de potencia y voltaje de la planta son similares a las plantas térmicas.

2.6 Impactos ambientales y sociales

La producción de bioenergía tiene interacciones complejas con los aspectos sociales y ambientales. Lo que se observa fundamentalmente en la literatura es la relación con la gobernanza del uso de la tierra cuando la biomasa se produce con fines energéticos además de satisfacer las demandas alimentarias y de otro tipo de la agricultura y la ganadería. Sin embargo, cuando se hace foco en la biomasa húmeda para su transformación en biogás y posterior uso en la generación de energía eléctrica y/o térmica a través de la biodigestión anaeróbica, la ventaja es clara, es una alternativa a la disposición inadecuada de los efluentes de actividades pecuarias, que puede contaminar tanto los suelos, como el aire o los cuerpos de agua.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la generación de energía a través de biomasa húmeda tiene innumerables beneficios ambientales, económicos y sociales:

- reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO2 y CH4);
- reducción de la contaminación de cuerpos de agua y de la proliferación de vectores de enfermedades, con la consiguiente mejora de las condiciones higiénico-sanitarias de la zona;
- independencia en el abastecimiento de energía reemplazando total o parcialmente los combustibles fósiles;
- fomento del desarrollo regional mediante nuevas actividades y técnicas agropecuarias;
- aprovechamiento de los subproductos derivados de la producción agroalimentaria;
- beneficios económicos para productores locales e inversores;
- contribución al arraigo de las poblaciones rurales al promover nuevas actividades económicas;
- generación de infraestructuras y servicios para satisfacer las necesidades básicas de los productores y habitantes;
- especialización de la mano de obra;
- mejora de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Todos los estudios reconocen que la gestión del uso de la tierra en general es clave. Los efectos de la bioenergía en la contaminación del aire dependen tanto de la tecnología bioenergética y la energía desplazada, por eso el análisis que se realice debe ser integral. Los rendimientos de la digestión anaeróbica se mejoran con cosustratos energéticos, los cuales pueden provenir de diferentes cultivos, maíz, sorgo, soja, etc.

La provincia de Buenos Aires es una de las que más cooperativas eléctricas posee (alrededor de 200). En las zonas rurales, las mismas tienen un rol fundamental, permitiendo el acceso energético a poblaciones que de otra manera no hubieran sido asistidas por las empresas, debido a la baja rentabilidad en estos lugares y es en dichas cooperativas donde aparece un potencial para el desarrollo de este tipo de proyectos.

El desarrollo de marcos y estándares de sostenibilidad puede reducir los impactos negativos potenciales asociados La bioenergía puede contribuir a la mitigación del cambio climático, un suministro de energía seguro y diverso, y desarrollo económico en los países desarrollados y en desarrollo por igual, pero los efectos de la bioenergía en la sostenibilidad ambiental pueden ser positivos o negativo dependiendo de las condiciones locales, cómo se definen los criterios, y cómo se diseñan e implementan los proyectos, entre muchos otros factores.

2.7 Costos

La producción de la biomasa, la logística de suministro y los procesos de conversión contribuyen al costo de los productos finales, fundamentalmente energía eléctrica, energía térmica y biofertilizantes. Los rendimientos de las materias primas varían ampliamente por lo cual la etapa de laboratorio sobre muestras del residuo para conocer sus características y rendimientos es fundamental en cualquier proyecto de generación de biogás y energía eléctrica a partir de biomasa húmeda. El costo de transporte y la manipulación del residuo puede contribuir entre un 20 y un 50%

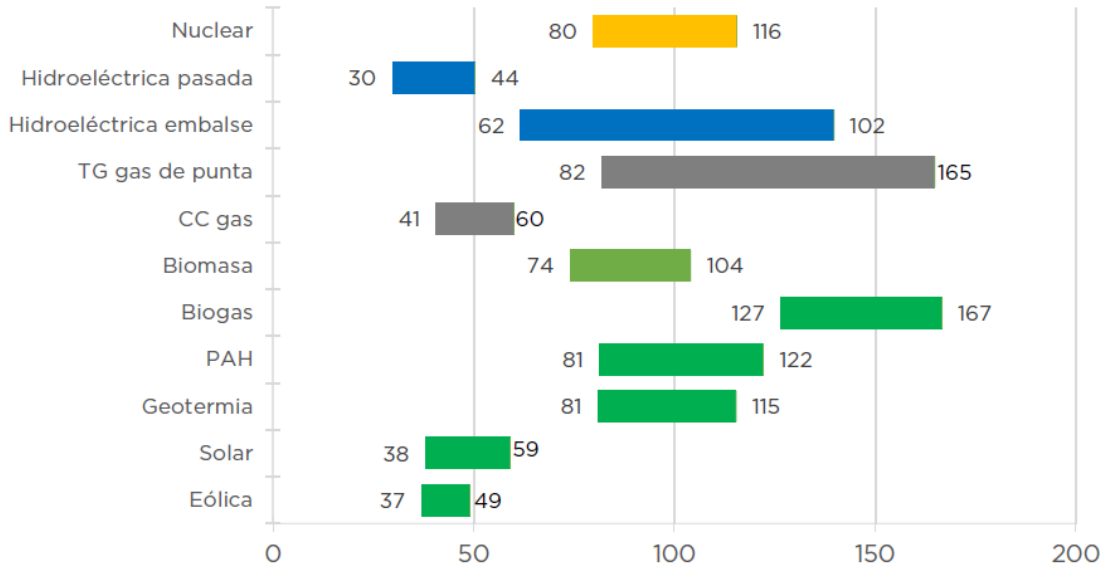
en los costos finales de producción, por lo cual habitualmente encuentran su óptimo en localizaciones próximas a la generación del residuo. Los proyectos de generación con biogás son atractivos en la medida en que se internalizan los beneficios que aporta esta tecnología como solución para la gestión integral de tratamiento de los residuos**.** Para su correcta valuación deben considerarse el reemplazo de generación a partir de combustibles fósiles, la emisión de gases de efecto invernadero evitada al agregar valor al metano proveniente de los residuos, el valor económico de los biofertilizantes y el costo evitado en energía térmica, además del valor de la electricidad propiamente dicha. De acuerdo a la literatura, es posible obtener biofertilizantes con alto contenido de nitrógeno y otros nutrientes, para reemplazar fertilizantes químicos, lo cual contribuye a generar mejoras ambientales significativas.
La factibilidad de un proyecto depende de la consideración de todos los costos asociados a la tecnología en cuestión para poder determinar la conveniencia de invertir en ella. Uno de los indicadores más utilizados para medir la competitividad relativa entre distintas tecnologías de generación eléctrica es el costo nivelado de electricidad (LCOE). El LCOE es el costo de generar una unidad de electricidad a partir de una tecnología dada, incluyendo los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento, tanto fijos como variables, los costos de combustibles y los costos financieros.

$$LCOE = \frac{\text{sumatoria de costos durante el ciclo de vida}}{\text{sumatoria de energía generada durante el ciclo de vida}} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

I_t: Inversion de capital en el año t
M_t: Gastos operativos y de mantenimiento en el año t
F_t: Gasto de combustible en el año t
E_t: Energía eléctrica generada en el año t
r: Tas de descuento
n: Vida util esperada del sistema o de la planta

Figura 6 LCOE Fórmula de Cálculo del Costo Nivelado de la Electricidad

De acuerdo a un estudio realizado en el año 2019 por la Secretaría de Energía se observa que los costos normalizados teóricos con las particularidades correspondientes a la Argentina de los proyectos de biogás se encuentran entre los más altos si se los compara con otras tecnologías, pero debe tenerse en cuenta que el LCOE no contempla que, en ausencia de almacenamiento, las fuentes renovables variables, como la solar y la eólica, no brindan capacidad firme al sistema eléctrico. Esto significa que su costo puede ser mayor, debido a la necesidad de incurrir en costos adicionales para mitigar su variabilidad.



Unidad	Tasa de descuento %	Capex USD/kW	Opex USD/MWh	Factor de uso %	Costo de gas USD/MMBTU	Vida útil Años	Costo combustible USD/MWh
Nuclear	5,0%	6.000-10.000	26,8	90%	-	60	-
Hidroeléctrica de embalse	5,0%	3.000-5.000	1,4	30%	-	60	-
Hidroeléctrica de pasada	5,0%	4.000-6.000	1,4	85%	-	60	-
Turbo gas	10,0%	850	3,5	10%-20%	2,5-5,5	20	-
Ciclo combinado	10,0%	1.000	3,5	85%	2,5-5,5	20	-
Eólico	10,0%	1.200-1.300	5,2 – 6,3	45%-55%	-	20	-
Solar	10,0%	800-900	4,9-6,9	25%-35%	-	20	-
Geotermia	10,0%	4.000-6.000	10	90%	-	20	-
Biogás	10,0%	5.000	-	85%	-	20	20 - 60
Biomasa	10,0%	3.000	-	85%	-	20	10 - 40
PAH	10,0%	3.000	12 - 19	40%-60%	-	20	-

Fuente: SSPE – Secretaría de Gobierno de Energía – Ministerio de Hacienda sobre la base de EIA, IEA, NREL y Lazard.

Figura 7 LCOE de distintas fuentes de generación de energía eléctrica y sus premisas de cálculo. Fuente: (Dirección Nacional de Escenarios y Planeamiento Energético, 2019)

3. CONCLUSIONES

Argentina cuenta con la posibilidad de generar biogás en grandes escalas, aprovechando efluentes agropecuarios, agroindustriales y otras variantes de biomasa. También cuenta con la posibilidad de desarrollar esquemas adecuados para cada sistema productivo generando valor agregado en origen. La producción de biogás es una alternativa energética con un alto potencial de desarrollo local, que permite utilizar insumos orgánicos, como insumos productivos, contribuyendo a su vez en el cuidado del medioambiente y la transición a la sustentabilidad de las producciones.

Es importante destacar que para todos los casos de aprovechamiento de recursos naturales es necesario relevar y calcular los proyectos y desarrollos sobre una plataforma de sustentabilidad ambiental, social y económica.

La generación de energía a partir de biomasa húmeda y biogás puede generar energía en forma continua sin estar afectada por condiciones climáticas, reemplazar combustibles fósiles y convertir en energía los residuos agropecuarios, industriales y urbanos, que de otra manera emitirían al ambiente metano. A su vez, puede generar biofertilizantes como subproductos de valor económico. Para ser justos en una comparación con otras fuentes renovables deben considerarse no sólo el costo de generación sino también la valorización de sus externalidades positivas.

Del potencial disponible estimado de 93 MW solo existen conectados a la red 8MW, sin considerar los residuos sólidos urbanos. Posiblemente, porque más de la mitad (55%) de la biomasa húmeda pertenece a establecimientos pequeños y medianos, los cuales no superan individualmente los 100 kW de potencia.

Desde el punto de vista de la emisión de gases de efecto invernadero, en nuestro país el subsector de ganadería es el que tiene mayor participación y en particular la provincia de Buenos Aires cuenta con el 35,5% del rodeo nacional. Esto sitúa a la provincia en los primeros lugares como causante de la emisión de gases de efecto invernadero, pero a la vez con un gran potencial de mitigación si se agrega valor a los residuos pecuarios. El desafío está en poder capitalizar el valor de residuos dispersos, agregando valor en origen, con un marco regulatorio y tarifario que acompañe y desarrollo de tecnología accesible.

4. REFERENCIAS

CAMMESA. (1 de octubre de 2022). Obtenido de http://www.cammesa.com.ar/

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS EN CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (CIECTI). (2019). *LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PARA LA POLÍTICA DE CTI.* Buenos Aires.

Dirección Nacional de Escenarios y Planeamiento Energético. (2019). *Escenarios.* Buenos Aires: Subsecretaría de Planeamiento Energético.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE DE BIOMASA CON FINES ENERGÉTICOS EN LA ARGENTINA.* Buenos Aires: Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG).

PROBIOMASA. (30 de septiembre de 2022). Obtenido de http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/

Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.* Buenos Aires.

Singh, N. (29 de septiembre de 2020). *Energía Estratégica*. Obtenido de https://www.energiaestrategica.com/oportunidades-en-el-desarrollo-de-proyectos-bioenergeticos-en-provincia-de-buenos-aires/

Área E

Innovación, Gestión de Productos, Emprendedorismo, Ingeniería Industrial

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área E
Consideraciones generales para el desarrollo de caudalímetros de H2	CO22-E01
Análisis comparativo de plantas piloto para la producción de H2 verde	CO22-E02
Análisis de la prefactibilidad para la producción de hidrógeno verde en la UNLaM	CO22-E03
Contribución sobre diseño topológico para la optimización de piezas mecánicas	CO22-E04
Confección de una herramienta para diagnosticar el proceso de desarrollo de productos	CO22-E05
Desarrollo de prototipo para la obtención de métricas de calidad de fibra textil. FASE II.	CO22-E06
Proyecto de inversión para la producción de carbonato de litio grado batería	CO22-E10
Plataforma automatizada para el acceso de personas obesas y/o con discapacidad a una pileta de natación	CO22-E11
Evaluación de las Variables en el Diseño de un Sistema de Monitoreo Agroambiental de la Saccharum officinarum, como Herramienta de Apoyo a la Toma de Decisiones Agrícolas	CO22-E12
Incorporación de COBOTS en líneas de producción de queso mozzarella	CO22-E13
Diseño y construcción de un vehículo unipersonal híbrido, para ciudades con condiciones meteorológicas y topográficas extremas.	CO22-E14
Metodología sistémica aplicada al diseño	CO22-E15
Adaptación de Turbina a Gas Kingtech K-100 para Hidrógeno	CO22-E16
Control difuso pi auto sintonizable: aplicación a un sistema multivariable de intercambiador de calor	CO22-E17
Análisis comparativo de la variabilidad del proceso de manufactura aditiva por modelado por deposición fundida (FDM) a nivel industrial y comercial	CO22-E21
Producción de Líquidos Penetrantes con Recursos Locales en Lima Perú	CO22-E25
Inyección plástica sustentable en Argentina	CO22-E26
Desarrollo de producto empleando enfoque Lean y conceptos de agilismo en una empresa metal mecánica.	CO22-E27

Área E: Innovación. Gestión de Productos. Emprendedorismo. Ingeniería Industrial

Prólogo del Eje por:
Antonio Morcela y Jacqueline Bounoure

En un mundo cada vez más dinámico y cambiante, la innovación se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo y la competitividad de las empresas e instituciones en todos los sectores. En el Área E, se exploran diversas iniciativas y enfoques que resaltan la importancia de la innovación en el diseño, desarrollo y gestión de productos, así como el papel fundamental del emprendimiento en la creación y consolidación de nuevos proyectos en diferentes países, sectores y contextos. Estos artículos nos invitan a reflexionar sobre el impacto que la innovación y el emprendimiento pueden tener en la sociedad actual, así como en la búsqueda de soluciones creativas y sostenibles para los desafíos que enfrentamos en el ámbito industrial y tecnológico.

Se presentan propuestas y reflexiones que buscan optimizar los procesos de innovación y gestión en empresas e instituciones, desde metodologías sistémicas aplicadas al diseño hasta herramientas para diagnosticar procesos de desarrollo de productos. Se abordan temas como la competitividad en la producción ganadera, las implicancias del uso masivo de vehículos eléctricos y el desarrollo de productos empleando enfoques Lean y metodologías ágiles en empresas metal mecánicas, entre otros aspectos relevantes en el panorama actual de la innovación y el emprendimiento, que preocupan a los profesionales de la ingeniería industrial de Iberoamérica.

El eje central de los artículos de esta área se enfoca en la relación entre la innovación tecnológica y la sostenibilidad en diversos ámbitos, desde la producción de hidrógeno verde hasta el diseño y optimización de productos y procesos, la aplicación de tecnologías emergentes en diferentes sectores, y la búsqueda de prácticas sostenibles y eficientes en los procesos productivos. Estos temas reflejan una preocupación por el desarrollo de soluciones innovadoras, la incorporación de tecnologías avanzadas, y la promoción de prácticas sostenibles en la industria y en diferentes áreas de aplicación.

Las propuestas de abordaje a las preocupaciones identificadas en el conjunto de artículos pueden estilizarse en cuatro grandes grupos temáticos:

- Desarrollo de tecnologías sostenibles: Se propone el desarrollo de tecnologías para la producción de hidrógeno verde, la optimización de procesos productivos y la adaptación de equipos para un uso sostenible del mismo, como se observa en artículos sobre la producción de hidrógeno verde y la adaptación de una turbina a gas para hidrógeno.
- Innovación en el diseño y optimización: Se proponen enfoques innovadores en el diseño de productos y procesos, así como la implementación de herramientas y metodologías para mejorar la eficiencia y la calidad en el desarrollo de productos, como se refleja en artículos sobre el diseño topológico, herramientas de diagnóstico del proceso de desarrollo de productos, e implementación de metodologías ágiles y herramientas de gestión de la calidad.
- Aplicación de tecnologías emergentes: Se sugiere la integración de tecnologías emergentes, como los cobots, en líneas de producción, así como la exploración de nuevas aplicaciones para equipos existentes, como la adaptación de una turbina a gas para utilizar hidrógeno, con el objetivo de mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en los procesos.
- Promoción de prácticas sostenibles: Se promueve la producción sostenible y eficiente de productos, utilizando recursos locales y prácticas sustentables, como se evidencia por ejemplo en artículos sobre la producción de líquidos penetrantes con recursos locales y la inyección plástica sustentable.

Un tema recurrente en varios artículos es la cuestión energética, destacando la importancia de la innovación y la sostenibilidad en este campo. Se discuten temas como el desarrollo de caudalímetros de hidrógeno, el análisis comparativo de plantas piloto para la producción de hidrógeno verde, y la prefactibilidad para la producción de hidrógeno verde, entre otros. También se mencionan proyectos de inversión en la producción de carbonato de litio grado batería y la adaptación de una turbina a gas para funcionar con hidrógeno. Estos trabajos reflejan la importancia

de buscar soluciones innovadoras y sostenibles para satisfacer la demanda energética actual y futura, así como para reducir el impacto ambiental de las actividades humanas. En este tópico comprende los siguientes trabajos:

- “Análisis comparativo de plantas piloto para la producción de H2 verde”. Degaetani, Omar J.; Eterovic, Jorge E., Blanco, Gabriel E.
- “Consideraciones generales para el desarrollo de caudalímetros para hidrógeno”. Juárez, Marcelo A.; Vázquez Juan P.; Jaimes Soria, Leandro.
- “Análisis de la prefactibilidad para la producción de hidrógeno verde en la UNLaM” Lohigorry, Agustín J., Alterini, Federico J.; Fauroux, Luis E.; Sobral, Pablo H.; Pisera, Gabriel E.
- Proyecto de inversión para la producción de carbonato de litio grado batería”. Gonzalez Viescas, Patricio; Salguero, Lucas; Benaroya, Danilo; Bernasconi, Franco; Fornetti, Giuliano.
- Adaptación de Turbina a Gas Kingtech K-100 para Hidrógeno. Nicolás Lipchak, Agustín García, Tomás Gally, Agustina Descalzo, Gisela Parmelo, Milagros Soria, Franco Aiducic y Guillermo Valvano.

Además, se presentan diversas contribuciones y estudios relacionados con el diseño en diferentes contextos. Se destacan investigaciones sobre optimización topológica en piezas mecánicas, herramientas para diagnosticar procesos de desarrollo de productos en empresas metalmecánicas, y metodologías sistémicas aplicadas al diseño. También se mencionan proyectos que emplean enfoques Lean y conceptos de agilismo en el desarrollo de productos, así como el desarrollo de prototipos para la obtención de métricas de calidad de fibra textil. Los siguientes trabajos reflejan la importancia de la innovación y la eficiencia en el diseño de productos y procesos en diversos sectores industriales.

- “Contribución sobre diseño topológico para la optimización de piezas mecánicas”. Héctor O. Mina (1), Walter R. Tonini, Alejandro H. A. Bailo, Emanuel A. Giordano.
- “Confección de una herramienta para diagnosticar el proceso de desarrollo de productos”. Rossetti, Germán; De Greef, Melisa; Arcusin, Leticia.
- “Optimización de la fibra textil animal: Prototipo de desarrollo”. Carrizo, Blanca; Arcidiácono, Marcelo; Abet, Jorge, Bonaiutti, Ricardo.
- “Determinación de las Variables en el Diseño de un Sistema de Monitoreo Agroambiental de la Saccharum officinarum, como Herramienta de Apoyo a la Toma de Decisiones Agrícolas”. Aarón Montiel-Rosales, Nayeli Montalvo-Romero, Gregorio Fernández-Lambert, Eduardo Fernández -Echeverría, Félix David Murillo-Cuevas.
- “Desarrollo de productos empleando enfoque lean y conceptos de agilismo en una empresa metal mecánica”. Rodolfo Saul Cohen.
- “Metodología sistémica aplicada al diseño”. Ferradas, Daniel Eduardo; Ferradas, Germán Eduardo; Tonini, Walter René y Vachetta, Andrés.

En otro ámbito, un conjunto de artículos aborda la producción en distintos contextos. Se menciona la incorporación de cobots en una línea de producción de queso mozzarella en una Pyme láctea, analizando su viabilidad para mejorar la eficiencia y reducir errores en el proceso de envasado. También se describe un estudio comparativo sobre la variabilidad en el proceso de manufactura aditiva por FDM (modelado por deposición fundida) entre máquinas profesionales y comerciales, buscando determinar la estabilidad y variabilidad de cada proceso, así como identificar ventajas y limitaciones de cada equipo en usos industriales. Además, se presenta un desarrollo de un controlador PI auto sintonizable mediante lógica difusa para un sistema multivariable de intercambiador de calor, mostrando su eficacia bajo condiciones adversas y dinámicas cambiantes; y en otro proyecto se describe una plataforma automatizada diseñada para facilitar el acceso de personas con discapacidad motora u obesidad a una piscina, destacando su impacto positivo en la salud física, emocional y social, superando las terapias convencionales y reduciendo los trastornos biomecánicos del personal involucrado en la integración y recuperación. Los trabajos comprendidos son:

- “Incorporación de cobots en líneas de producción de queso mozzarella”. Romera Nahuel; Caminos Andrés.
- “Control difuso PI auto sintonizable: aplicación a un sistema multivariable de intercambiador de calor”. Gelid, Pedro Benjamin.
- “Plataforma para el ingreso y egreso de pacientes a una pileta de natación”. Neira, Rodolfo; Lurgo, Gerardo; Cavallo, Julián; Gribaudo, Franco; Neira, R. (H).

El COINI, con su alcance internacional, ha facilitado la recopilación de aportes de investigadores en diversos contextos culturales y sociales. Por ejemplo, un proyecto analiza la producción de líquidos penetrantes en Lima, Perú, para ensayos no destructivos en piezas metálicas, utilizando recursos locales. Este estudio “Producción de Líquidos Penetrantes con Recursos Locales en Lima Perú” de Carlos Flores-Bashi, buscó determinar la composición óptima de los líquidos penetrantes locales, logrando resultados en rendimiento y calidad comparables a los productos importados. En otro proyecto, “Inyección plástica sustentable en Argentina” de Fernando Martín Maillmann, se examina la inyección plástica sustentable en Argentina, subrayando la importancia de la sostenibilidad en la producción de bienes y servicios. Se detalla la implementación técnica y la viabilidad financiera de emplear materiales sustentables en el proceso de inyección plástica, con amplias oportunidades de expansión del negocio.

Además, se exploran dos proyectos relacionados con el transporte, una disciplina estrechamente vinculada al presente y futuro de las tecnologías. El primero “Implicancias del uso masivo del automóvil eléctrico en la Argentina” de Juan José Grassi, analiza las implicancias del uso generalizado de automóviles eléctricos en Argentina, resaltando la necesidad de nuevos recursos y facilidades para su implementación, así como su impacto en el medio ambiente y el consumo energético. En el otro trabajo “Diseño y construcción de un vehículo unipersonal híbrido, para ciudades con condiciones meteorológicas y topográficas extremas” de Cánepa, Luis; Easdale, Nicolás; Santalla, Hernán; Piccirillo, Sebastian y Rojas, María Candelaria, describe el diseño y construcción de un vehículo unipersonal híbrido para ciudades con condiciones meteorológicas y topográficas extremas, como Ushuaia. Este prototipo busca ofrecer una alternativa de transporte sostenible y adaptada a las necesidades de la región, con la posibilidad de impulsarse tanto eléctricamente como mediante pedaleo, fomentando la actividad física y reduciendo la contaminación ambiental.

El enfoque multidisciplinario hacia la innovación, la sostenibilidad y la aplicación de tecnologías emergentes se presenta como un camino prometedor para abordar los desafíos actuales y futuros en diversas áreas de estudio. A lo largo de los artículos, se destacan proyectos e investigaciones que buscan enfrentar desafíos contemporáneos mediante enfoques innovadores y emprendedores, así como orientados hacia la mejora continua. La integración de estas prácticas en la industria y en la sociedad en general puede conducir a una mayor eficiencia en el uso de recursos, a la reducción del impacto ambiental y a la creación de productos y servicios más innovadores y competitivos.

De cara al futuro, es crucial continuar fomentando la colaboración entre investigadores, empresas y gobiernos para impulsar la investigación y la implementación de soluciones innovadoras y sostenibles. Asimismo, será fundamental seguir explorando nuevas tecnologías y enfoques que permitan mejorar la calidad de vida de las personas y promover un desarrollo económico y social equitativo y sostenible en todo el mundo.

“Consideraciones generales para el desarrollo de caudalímetros para hidrógeno”

Juárez, Marcelo A.; Vázquez Juan P.; Jaimes Soria, Leandro.

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza.
San Justo, Buenos Aires, Argentina.
mjuarez@unlam.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen la información recolectada sobre los distintos controladores de flujo disponibles para la SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), mediante un análisis y comparación de los distintos sistemas disponibles en catálogo. Esta información es de suma importancia porque se podría dar a la situación en la que no sea posible utilizar alguno de los sistemas considerados, a priori, viables. Desde un punto de vista comercial los sistemas más utilizados son los controladores de flujo del tipo térmico, por diferencial de presión, sin embargo, el combustible a utilizar es hidrógeno, el que posee ciertas características que lo hacen de peligrosa manipulación. Las pilas SOFC tienen el requisito adicional de precalentamiento antes del inicio de la generación de energía. Controlar la tasa de aumento de la temperatura es un factor crítico para evitar daños a la pila de la celda de combustible durante la transición de la temperatura ambiente a la temperatura de funcionamiento. Son particularmente vulnerables al agrietamiento inducido por un calentamiento desigual o una velocidad de calentamiento demasiado alta durante el arranque. Los controladores de flujo másico deben proporcionar un control rápido y preciso, el que es necesario para proteger las pilas SOFC del daño térmico transitorio durante el ciclo de arranque. La medición simultánea del caudal másico, la densidad y la temperatura proporciona perspectivas completamente nuevas para el control de procesos, el control de calidad y la seguridad de la planta. Asimismo, es posible calcular el valor de otras características importantes a partir de las variables primarias medidas.

Palabras Claves: Control, flujo, H2.

ABSTRACT

In the present work, the information collected on the different flow controllers available for the SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) is exposed, through an analysis and comparison of the different systems available in the catalog. This information is extremely important because it could give rise to the situation in which it is not possible to use any of the systems considered, a priori, viable.
From a commercial point of view, the most used systems are thermal type flow controllers, by pressure differential, however, the fuel to be used is hydrogen, which has certain characteristics that make it dangerous to handle. SOFC cells have the additional requirement of preheating before the start of power generation. Controlling the rate of temperature rise is a critical factor in preventing damage to the fuel cell stack during the transition from ambient to operating temperature. They are particularly vulnerable to cracking induced by uneven heating or too high a heating rate during start-up. Mass flow controllers must provide fast and accurate control, which is necessary to protect SOFC stacks from transient thermal damage during the startup cycle. Simultaneous measurement of mass flow, density and temperature provides completely new perspectives for process control, quality control and plant safety. It is also possible to calculate the value of other important characteristics from the measured primary variables.

Keywords: Control, Flow, Hydrogen.

1. INTRODUCCION

El hidrógeno es un gas incoloro, insípido, de baja densidad, inflamable, y contrariamente a otros gases, su temperatura se eleva al expandirse. Estas características, entre otras, hacen que los caudalímetros encargados del control de su flujo merezcan un análisis particular. En este trabajo se presenta el análisis para caudalímetros a ser utilizados para abastecer a pilas combustibles de óxido sólido.
Los MFC (Mass Flow Control) se utilizan para medir y controlar el flujo de gases en un proceso. El caudal general es una consideración importante. Algunos procesos requieren caudales muy pequeños, generalmente especificados en centímetros cúbicos estándar por minuto (SCCM, en inglés Standard Cubic Centimetres per Minute). Los caudales más altos se dan típicamente en litros estándar por minuto (SLPM, en inglés Standard Litre per Minute) o en pies cúbicos estándar por minuto (SCFM, en inglés Standard Cubic Feet per Minute) [Valentine, 2016], muchas son las formas de medir el flujo.

2. DESARROLLO

Los sensores térmicos basan su funcionamiento en elevar la temperatura aproximadamente a unos 120 ºC, dependiendo del fabricante. El aire, que fluye por la canalización, enfría a su paso al sensor térmico. La electrónica del caudalímetro, al detectar el descenso de temperatura del sensor, intenta que éste recupere su temperatura inicial mediante el suministro de una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica será la corriente de referencia para conocer la cantidad que circula.
En los instrumentos térmicos basados en el principio de derivación, solo una parte de la corriente de gas, fluye a través del sensor.

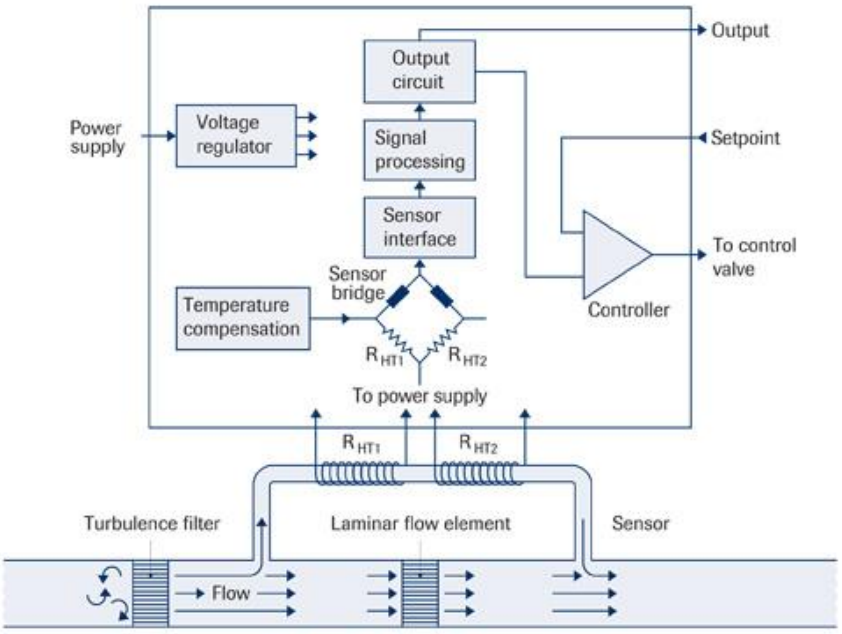


Figura 1. Principio de funcionamiento de un sensor térmico de flujo másico

La corriente de gas a través del sensor se calienta mediante dos calentadores (RHT1 y RHT2). Por consiguiente, la temperatura del tubo se mide en dos puntos (T1 y T2). Sin caudal medido, la diferencia de temperatura entre los dos puntos será cero. Cuando aumenta el flujo, la temperatura en el primer punto de medición (T1) disminuirá, ya que el fluido se lleva el calor. Al mismo tiempo, la temperatura en el segundo punto de medición (T2) aumentará a medida que el fluido le lleve calor. Más flujo resultará en un mayor diferencial de temperatura y este diferencial de temperatura es directamente proporcional al flujo másico.
Eléctricamente, las temperaturas T1 y T2 son de hecho resistencias dependientes de la temperatura RHT1 y RHT2. Las señales medidas en el sensor se amplifican a señales eléctricas. El sensor está montado como una derivación al canal principal, donde un divisor de resistencia al flujo se encarga de la división proporcional del flujo [Bronkhorst, 2021].

Los medidores de flujo másico son uno de los tipos dominantes en el mercado debido a su respuesta más rápida y mejor precisión que otros medidores de flujo. También se pueden miniaturizar y fabricar eficazmente sobre obleas de silicio.

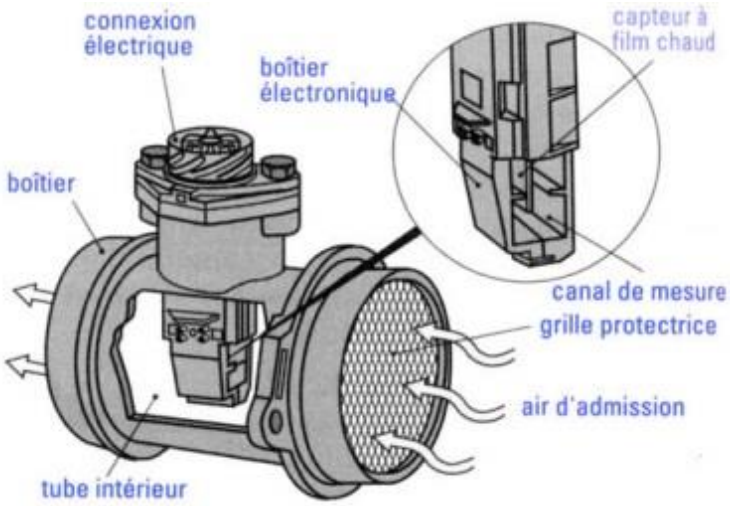


Figura 2. Sensor de flujo másico para gases

La aparición de “micro-electromechanicals systems” (MEMS), ya ha revolucionado el mercado de la electrónica de consumo para sensores de movimiento, presión y otros; y ahora se están adaptando procesos de micromecanizado similares para fabricar sensores de flujo. Las aplicaciones de detección de flujo suelen tener una mezcla alta y un volumen de bajo a medio en comparación. Este análisis se centra sobre la aparición de sensores de flujo másico MEMS de base térmica y de cómo se combinan con las tecnologías de sensores de flujo existentes y más tradicionales.

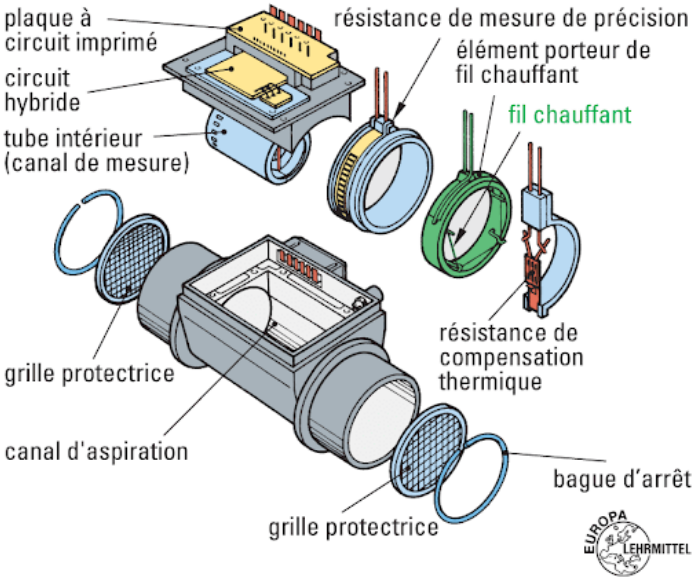


Figura 3. Despiece general de un sensor de flujo másico para gases [CNRFA,2021]

Por otra parte, los medidores de flujo basados en la presión diferencial laminar utilizan la pérdida de carga creada dentro de un elemento de flujo laminar para medir la tasa de flujo másico de un fluido. Un elemento de flujo laminar convierte el flujo turbulento en flujo laminar, separándolo en una matriz de canales finos y paralelos.

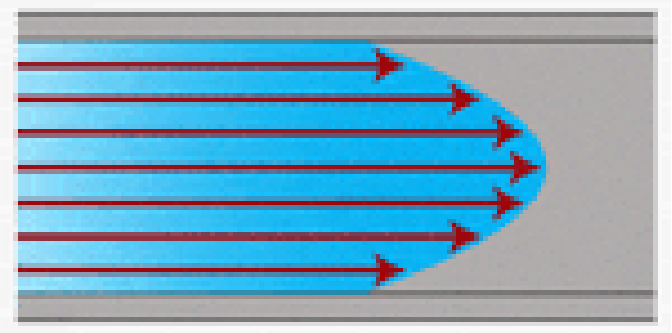


Figura 4. Representación del flujo laminar

La turbulencia afecta los factores de medición de los sistemas de control de flujo y por esta razón se deberán encontrar maneras de disminuir este fenómeno [Ouazzane, 2007].
El dispositivo más utilizado en la industria y en controladores de flujo son los honeycomb o panales, más que nada en los controladores de ultrasonido que requieren un flujo estable para no generar errores en la medición [Brown, 2008].
Los panales se han utilizado con éxito durante muchos años como medio para enderezar y dirigir el flujo de aire o cambiar el flujo turbulento en flujo laminar. Las paredes delgadas de la celda proporcionan una serie de pasajes rectos con un porcentaje máximo de área abierta (95-99%), lo que da como resultado una caída de presión muy baja y una turbulencia y ruido reducidos.
Este sistema es altamente recomendable dado a que tiene un rendimiento del 96% y es fácil de manufacturar.

Figura 5. Panal para estabilización de flujos

El panal consiste en reducir la velocidad del fluido y la formación de chorros que tienen el diámetro de los agujeros de este. La sucesiva formación de chorros a través de las pantallas reduce con gran eficacia la turbulencia. Los paneles tienen distintas formas como circulares, cuadrados y hexagonales. El más recomendado en el caso del aire, es el hexagonal debido a que genera la menor caída de presión [Brown, 2003].

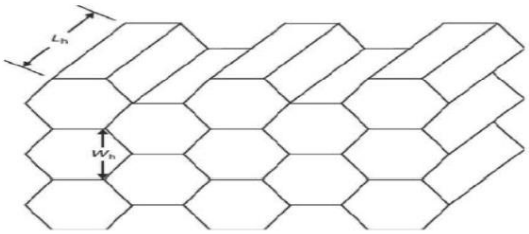


Figura 6. Distribución hexagonal

Es importante entender que el fluido recupera su turbulencia luego de pasar por los paneles; pero para que esto ocurra es necesario que se recorra una distancia axial considerable. Este tiempo en

el que la turbulencia es reducida, es en el que se miden sus parámetros con el controlador de flujo. Las ecuaciones que lideran estos sistemas son las siguientes:

Intensidad de Turbulencia (T)

$$T= (u'2+v'2+w'2)/31/2/U \quad (01)$$

Donde u, v, y w son los componentes de las variaciones de velocidad a través del tubo y U es la velocidad media de flujo.

$$T1/T0= 1/(1+k)n/2 \quad (02)$$

Esta es la Ecuación (02) de reducción de turbulencia donde k es la perdida de energía por unidad de volumen por una pantalla y n es el número de pantallas.

$$f= U/\lambda \quad (03)$$

Finalmente, la frecuencia más baja de turbulencia es f, y λ el diámetro de los remolinos producidos por el panal.

Se requieren tres elementos esenciales para diseñar un medidor de flujo de presión diferencial. El elemento primario crea una caída de presión a través del medidor de flujo al introducir una restricción en la tubería, y esta restricción diseñada permite que la ecuación de Bernoulli se utilice para calcular la tasa de flujo. La caída de presión se mide mediante un elemento secundario, un transmisor de presión diferencial, mientras que los elementos terciarios consisten en todo lo demás dentro del sistema, como tuberías de impulso y conectores.

Las placas orificio se utilizan ampliamente en la industria del petróleo y el gas para medir gases, líquidos e incluso fluidos con una pequeña cantidad de segunda fase. Los componentes comunes de un sistema de medición de orificios incluyen el accesorio, la placa y el soporte de la placa. La placa junto con la parte adyacente de la tubería y las conexiones de presión constituyen el elemento principal. Rentable y sencilla, esta tecnología ofrece alta precisión sin calibración y es fácil de usar y solucionar problemas. Los elementos primarios de presión ofrecen muchos diseños y opciones para diversos tamaños de líneas y caudales. Las opciones incluyen placas de orificio estándar y de acondicionamiento, tubos pitot promediados, tubos Venturi, boquillas de flujo, conos y cuñas. Cada opción presenta beneficios, tales como:

- un control de proceso más estricto,
- varias configuraciones de montaje,
- alta precisión,
- fácil instalación,
- bajo costo de mantenimiento,
- pérdida de presión permanente reducida y
- opciones de sensor de temperatura integral para penetraciones de proceso reducidas.

Figura 7. Sensores de Presión Diferencial

La diferencia de presión en el flujo es proporcional a la raíz cuadrada de la presión diferencial, lo que hace que la presión sea un componente crítico de los cálculos de flujo de DP.
Otros factores que influyen en el flujo másico incluyen: densidad, viscosidad, temperatura, diámetro de la tubería y tipo de fluido. En muchos procesos industriales, se utilizan numerosos dispositivos de medición y control para garantizar caudales precisos de líquido, gas y vapor para aumentar la seguridad, la productividad y la rentabilidad

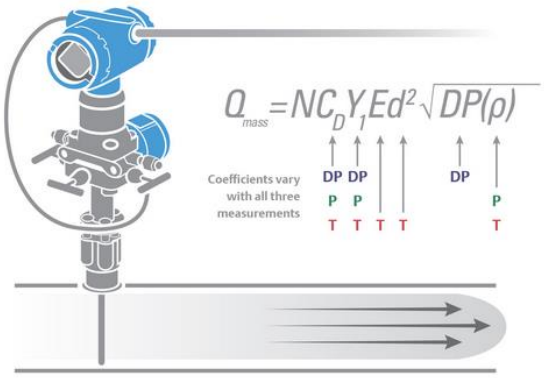


Figura 8. Relación entre el caudal másico y la diferencia de presión

Para obtener el mejor rendimiento de su clase, los transmisores miden la presión estática, la presión diferencial y la temperatura y se pueden diseñar para calcular el flujo.
Los medidores de flujo pueden proporcionar salidas variables de proceso, así como flujo másico, volumétrico o de energía calculado en tiempo real. La salida de flujo calculada proporciona información precisa y confiable rápidamente para mejorar el rendimiento del proceso [Emerson, 2021].
Como se ya explicó con anterioridad, además de crear un diferencial de presión, el cuerpo que obstruye en un flujo, genera vórtices cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del fluido

$$f = \frac{SV}{d_p} \tag{04}$$

Donde S es el número de Strouhal, V la velocidad del fluido, d_p el diámetro del cuerpo que obstruye (en este caso se considera un sensor tipo pitot annubar) y f es la frecuencia de los vórtices. Luego, la Ecuación (05) representa al flujo volumétrico.

$$Q_a = F_{na}.K.D^2.Y.F_{aa}.\sqrt{\frac{1}{\rho_f}}.\sqrt{h_w} \tag{05}$$

Donde Q_a es el flujo volumétrico, F_{na} y F_{aa} son los factores de conversión de unidades, K es el coeficiente primario del flujo, D el diámetro, Y el coeficiente de compresibilidad, ρ_f la densidad del fluido y h_w la presión diferencial.

$$Q_a = V.A \tag{06}$$

Ya que el flujo es igual al área por la velocidad, despejando la velocidad de la Ecuación (05) (flujo volumétrico) y de la Ecuación (04) (frecuencia), y además considerando el área como el diámetro al cuadrado por pi/4 y nos termina queda:

$$Q_a = \left[\frac{\pi.D^2.d_p}{4.S}\right].(f) \tag{07}$$

Donde el flujo volumétrico depende de la frecuencia, el diámetro, el número de Strouhal y el diámetro del cuerpo. También es posible además de calcular el flujo volumétrico, calcular el flujo másico:

$$Q_m = \rho_f . V . A \quad (08)$$

Esta es la reconocida ecuación de flujo másico, la que es posble relacionar con la amplitud de la señal generada por el vortex mediante la densidad del fluido:

$$Amp_V = c . \rho_f . V^2 \quad (09)$$

Si se quiere obtener ahora la ecuación que nos describa el flujo másico, en función de estas variables, se obtendrá la siguiente expresión:

$$Q_m = \left(\frac{Amp_V}{f}\right) . \left[\frac{A . S}{C . d_p}\right] \quad (10)$$

Donde Amp_V es la amplitud de la señal generada por el vortex, C es una constante de proporcionalidad y el resto de las variables están definidas anteriormente [Strom, 2015].

3. RESULTADOS

Los sensores térmicos de flujo másico miden directamente el flujo másico de gases y líquidos. La corriente eléctrica necesaria para mantener la temperatura en el sensor genera un diferencial con una relación directa con el flujo másico. Las mediciones volumétricas se ven afectadas por todas las condiciones ambientales y del proceso que influyen en el volumen de la unidad o afectan indirectamente la caída de presión, mientras que la medición del flujo másico no se ve afectada por cambios en la viscosidad, densidad, temperatura o presión. Dado que a medida que el fluido circula, y a que el sensor que esta precalentado es enfriado, a mayor velocidad del fluido mayor va a ser la desviación de la linealidad. Estos caudalímetros funcionan independientemente de la presión, densidad y viscosidad.
Los caudalímetros de presión diferencial utilizan la ecuación de Bernoulli para medir el flujo de fluido en una tubería, introducen una constricción en la tubería que crea una caída de presión a través del caudalímetro. Cuando aumenta el flujo, se crea más caída de presión, la tubería de impulso encamina las presiones aguas arriba, y aguas abajo del caudalímetro al transmisor, que mide la presión diferencial para determinar el flujo de fluido.

4. CONCLUSIONES

Los sensores térmicos requieren secciones de entrada y salida. La condensación de humedad en gases saturados en el detector de temperatura hará que el termómetro tenga una lectura baja. Además, el revestimiento y la acumulación de material en el sensor inhibirán la transferencia de calor. Esto hace que el medidor haga una lectura por lo bajo. Las otras fuentes de error en las lecturas del medidor incluyen la variación en el calor específico causado por cambios en la colocación del gas. La función de los datos de salida no es lineal. Utilizan dos sensores de temperatura, uno que mide la temperatura del fluido y otro al que está siendo calentado. En lo que se refiere a hidrógeno, ofrece una mayor precisión, poseen una muy baja caída de presión, no requieren compensación de presión y temperatura, son pequeños, robustos, sin partes móviles, con bajo tiempo de respuesta y, fácilmente esterilizables.
La ventaja de los caudalímetros que funcionan por diferencial de presión reside en el bajo costo. Se pueden optimizar múltiples versiones para diferentes fluidos y objetivos. Están aprobadas para la transferencia de custodia (aunque se usa cada vez menos para esto). Es una forma bien entendida de medir el flujo y se puede combinar con sensores de temperatura / presión para proporcionar un flujo másico de vapor y otros gases.
Los aspectos negativos son que la capacidad de rango no es buena debido a una señal de presión diferencial no lineal (excepto los elementos de flujo laminar). La precisión no es la mejor y puede deteriorarse con el desgaste y la obstrucción.
Asimismo, es de destacar que, dado que el hidrógeno es una molécula tan pequeña, tiene una gran facilidad para penetrar la estructura de los aceros más utilizados, provocando la fragilización del material y la consecuente pérdida de ductilidad. Por esto es que se recomienda el uso de acero inoxidable austenítico (304L y 316L), o aleaciones de Níquel-Cromo-Molibdeno (Alloy C22). De

todos modos, se recomienda cambiar tanto el sensor como las cañerías, luego de una cierta cantidad de horas de operación.
Cabe destacar que para el sistema de almacenaje de hidrógeno se utilizan otros materiales, incluso hasta tubos estándar de acero comercial, ya que llevan controles periódicos respecto a su integridad. En este caso ocurre lo mismo que con los térmicos. Por eso resultará necesario conocer el diámetro nominal aproximado a utilizar, para poder elegir un equipo, y de esta forma se considerará el no alcanzar la velocidad de detonación.

5. BIBLIOGRAFIA

Valentine, W., & Pewsey, S. A. (2016). New Class of MFCs with Embedded Flow Diagnostics. Obtenido de Brooks Instrument, Hatfield, PA.

Bronkhorst. High-Tech, B.V. (2021). Obtenido de Service & Support: https://www.bronkhorst.com/int/service-support-1/technologies/thermal-mass-flow-sensor-for-gases-bypass-principle/.

CNRFA (Centre national de ressources pour la formation automobile). (2021). Obtenido de Débitmètre d'air: http://www.educauto.org/ressources-mediatheque/debitmetre-dair.

Ouazzane, K., & Benhadj, R. (2007). An experimental investigation and design of flow-conditioning devices for orifice metering. ARCHIVE Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C. Journal of Mechanical Engineering Science.

Brown, G., Estrada, H., Augenstein, D. R., & Bergstrom, K. (2008). Patente nº US20090151472A1. Estados Unidos.

Brown, G., Estrada, H., Augenstein, D. R., & Bergstrom, K. (2003). Patente nº CA2707398C. Canadá.

Emerson. Automation/Measurement-instrumentation/Pressure-measurement. (2021). Obtenido de About Differential Pressure (DP) Flow Measurement: https://www.emerson.com/en-us/automation/measurement-instrumentation/pressure-measurement/about-differential-pressure-dp-flow-measurement.

Strom, G. R., Hedtke, R. C., & Wiklund, D. E. (2015). Patente nº US 9,157,775 B2. Estados Unidos.

"Análisis comparativo de plantas piloto para la producción de H2 verde"

Degaetani, Omar J.; Eterovic, Jorge E., Blanco, Gabriel E.

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza. San Justo, Buenos Aires, Argentina.
odegaetani@unlam.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el contexto del análisis de prefactibilidad para la instalación de una planta piloto electrolizadora de agua utilizando energía solar fotovoltaica.
La clasificación de hidrógeno verde obedece a la forma de su obtención, correspondiéndole esa descripción por ser obtenido a partir de fuentes renovables de energía. Por este motivo es que también se realizó un breve análisis de dicha clasificación, que implica la producción de hidrógeno a partir de generación eólica, hidráulica y por combustión de gases, entre otros. La energía eléctrica así obtenida, entonces, alimentará a la planta electrolizadora.
Actualmente, en el mercado existen tres tipos de tecnologías para electrolizadores, alcalinos, de membrana de intercambio protónico (PEM) y de óxido sólido, cada una con sus ventajas y desventajas. El análisis consistió en el estudio de los insumos necesarios, aspectos de seguridad, legales, burocráticos, técnicos, etc. Las conclusiones no pretenden ser definitivas, sino acordes al momento actual y la de presentar los aspectos a considerar para una instalación como la descripta. La dinámica de los avances en áreas como los materiales, y la futura masificación de los procesos, entre otras, puede que hagan cambiar la ecuación de costos, obligando a un nuevo análisis de costo – beneficio.

Palabras Claves: Análisis, comparativo, planta, electrolizadora.

ABSTRACT
The present study was done to perform the pre-feasibility analysis for the installation of a water electrolyzing pilot plant using photovoltaic solar energy.
Hydrogen is classified as green when it is obtained from renewable energy sources. For this reason, A brief analysis of hydrogen classification was performed, which implies the production of it from wind, hydraulic and gas combustion, among others. The electrical energy obtained will feed the electrolysis plant.
Currently, there are three types of electrolyser technologies on the market: alkaline, proton exchange membrane (PEM) and solid oxide, each with its own advantages and disadvantages. The analysis consisted of the research of the necessary supplies, safety, legal issues, bureaucratic procedures, technical aspects, etc. The conclusions are not intended to be definitive, but rather according to the current moment and to show the aspects to be considered for an installation such as the one described. The dynamics of advances in areas such as materials, and the future massification of processes, among others, may change the cost equation, forcing a new cost-benefit analysis.

Keywords: Analysis, comparative, plant, electrolyser.

6. INTRODUCCION

Este trabajo se encuentra enmarcado en la línea de investigación respecto a prefactibilidad de la instalación de una planta piloto que permitirá producir hidrógeno verde en la Universidad Nacional de La Matanza. En primera instancia, deben distinguirse los distintos tipos de hidrógeno, basados en el impacto ambiental generado por el proceso de su obtención. Dicha clasificación se realiza en base a colores. Así, el término hidrógeno gris se usa para definir al hidrógeno generado con recursos fósiles, y que libera a la atmósfera el dióxido de carbono producido (CO_2) durante el reformado. Para ser considerado hidrógeno azul, gran parte de las emisiones de dióxido de carbono deberían ser secuestradas, esto significa, inequívocamente, la captura o separación físico-química del CO_2 (de la corriente de hidrógeno), su transporte, y almacenamiento o fijación, durante un periodo de tiempo que, por normativa ambiental, debería ser de igual o superior a 100 años.
El "hidrógeno verde" se define como aquel bajo en carbono que se obtiene a partir de fuentes renovables, y debe cumplir entre otras con dos premisas, el proceder de fuentes renovables y tener un bajo impacto ambiental. Por lo que en la definición técnica de hidrógeno verde se incluyen las particularidades de ser generado a partir de fuentes renovables, y que se obtenga emitiendo menos de 4,37 $kgCO_{2\ eq}$ / kgH2 (36,4 $CO_{2\ eq}$ /MJ). Este concepto fue creado específicamente para la producción hidrógeno a partir de electrólisis del agua y mediante electricidad producida utilizando fuentes de energía renovables.

A partir de las definiciones precedentes, se decidió seguir la línea de investigación basada en los métodos de obtención de hidrógeno verde.

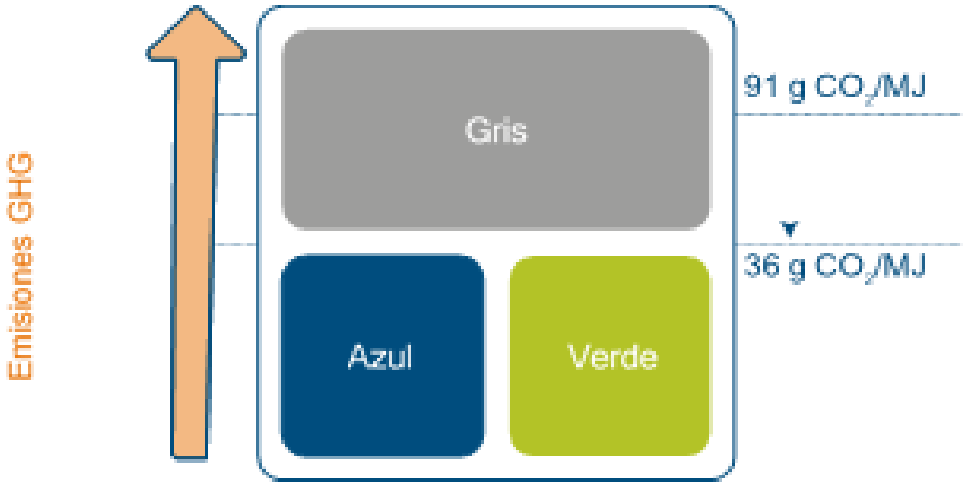


Figura 1. Clasificación del hidrógeno en función de su impacto ambiental y procedencia.

7. DESARROLLO

El proyecto comenzó con el relevamiento bibliográfico de los distintos métodos de obtención de hidrógeno verde, y la posterior evaluación en base a las ventajas, y desventajas, que pudieran presentar cada uno de ellos. La electrólisis del agua consiste en hacer circular una corriente continua a través del agua para separar sus moléculas en hidrógeno y oxígeno. Este proceso ocurre de manera controlada dentro de un dispositivo que se llama electrolizador. El electrolizador está compuesto de dos terminales metálicos: ánodo y cátodo, separados a una cierta distancia, sumergidos en una solución o electrolito. El ánodo es el terminal del electrolizador al cual está conectado el terminal positivo de la batería, o fuente de poder en corriente continua. El cátodo es el terminal del electrolizador al cual está conectado el terminal negativo, se aplica una diferencia de potencial entre estos electrodos, y se produce la reacción electroquímica en la superficie de ellos. En el ánodo se produce oxígeno y en el cátodo se produce hidrógeno [Rodrigo Vásquez, 2018]. La reacción básica de electrólisis o disociación del agua se representa a través de la Ecuación (1).

$$H_2O_{(l)} \rightarrow \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_{2(g)} \qquad (01)$$

Actualmente existen, principalmente, tres tipos de electrolizadores que difieren entre ellos en el electrolito utilizado y su material, estos se agrupan en: electrolizadores alcalinos (AEC), de membrana de intercambio polimérica (PEM), y de estado sólido o de alta temperatura (SOEC).
El principio de funcionamiento de un electrolizador alcalino está basado en dos electrodos separados por una membrana, o diafragma, separador de gases [Retuerto, 2020]. Este conjunto se encuentra sumergido en un electrolito líquido que suele ser una solución acuosa concentrada de agua destilada con KOH (hidróxido de potasio), del orden de 25-30% en peso, para aumentar su conductividad iónica. El hidrógeno gaseoso se produce en la superficie del cátodo conforme a la Ecuación (02).

$$2H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(aq)} \quad (02)$$

Los iones, producidos anteriormente, son impulsados por el campo eléctrico hacia el ánodo, donde se recombinan para producir oxígeno, liberando electrones, como se expresa en la Ecuación (03), que migrarán hacia el cátodo mediante el circuito eléctrico conductor [Soto Alegre, 2020]

$$4OH^-_{(aq)} \rightarrow O_{2(g)} + +4e^- \quad (03)$$

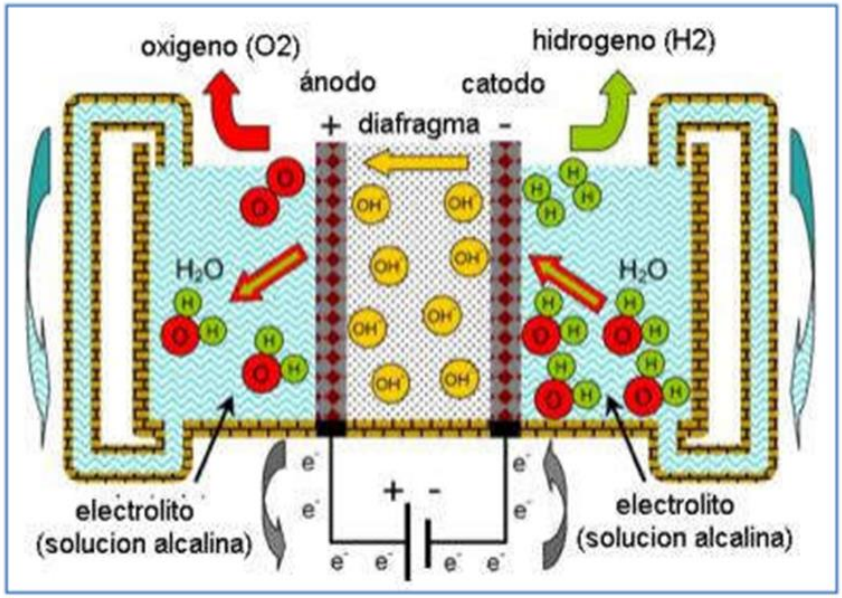


Figura 2. Electrolizador alcalino

La electrólisis alcalina es la tecnología más difundida comercialmente, en el mundo, para la producción de hidrógeno para rangos superiores a un 1 MW. No se utilizan metales nobles en los electrodos, ni como catalizadores, lo cual hace que disminuya el costo de su construcción, por lo que se convierte en el tipo de electrolizador más barato de fabricar. La vida útil de la celda se estima, aproximadamente, en 90.000 horas, y es una tecnología puesta en práctica, desde hace ya 100 años, en la producción hidrógeno puro, y en grandes cantidades, para la fabricación de fertilizantes químicos, siempre que la electricidad sea barata.
El rendimiento electroquímico de la tecnología alcalina comercial es limitado. Sin embargo, los modelos comerciales de última generación han mejorado con éxito la reactividad y la flexibilidad, con cargas mínimas comprobadas del 5 % al 10 % y tiempo de reacción menor de 10 segundos. Se esperan mejoras termodinámicas a mayores temperaturas de funcionamiento (hasta 200 °C) y presiones, se han alcanzado densidades de corriente de 2,3 A/cm², y eficiencias de hasta el 84,5 %, a 250 °C y 40 bar, aunque se requieren nuevos diseños de celdas para inhibir la degradación a altas temperaturas.
En los electrolizadores del tipo de membrana de intercambio polimérica (PEM) [Retuerto, 2020], el electrolito es una membrana polimérica delgada, que no permite que se mezclen los gases, ni la conducción eléctrica. La misma está compuesta por grupos funcionales del ácido sulfónico (HSO_3^-), responsables de la capacidad de conducción del protón (H+) a través de ella. La membrana comercial más utilizada para la electrólisis del agua es Nafión®, esta tecnología es un competidor

prometedor de la alcalina, pero aún debe demostrarse que es rentable en aplicaciones a mayor escala.

Los electrolizadores PEM tienen el beneficio de cerca de 30 años de investigación en vehículos eléctricos a celda de combustible, ya que se trata de la misma tecnología, y son adecuados para aplicaciones este nicho de mercado, como en el campo militar, e ingeniería espacial. En los últimos cinco años, los electrolizadores PEM han avanzado mucho, son más caros que los electrolizadores alcalinos, pero se espera que los costos disminuyan como resultado de un enfoque modular para la fabricación. La investigación y el desarrollo, están enfocados en aumentar la superficie de la membrana de cada celda para aumentar su capacidad, y la reducción del contenido de metales preciosos en los electrodos, a fin de abaratar los costos [Amores, 2018]. Los esfuerzos en el lado de la ingeniería se dirigen principalmente a mejorar los procesos de fabricación. Los primeros electrolizadores PEM a escala de 1 MW ahora están operativos, y resultan hasta 30 veces más pequeños, y flexibles, que su equivalente alcalino. La respuesta a los cambios de potencia de entrada como alimentación es un tanto más rápida en los PEM, que también son de diseño más compacto de celda, lo que permite trabajar con mayor presión. Por otra parte, al trabajar a menor temperatura, se obtiene mayor densidad de corriente.

Mínimo potencial que se debe aplicar es de 1,48V = $E^0 = \frac{\Delta H}{nF} = 1{,}48V$

La membrana tiene un espesor entre 50 y 200 mm y permite sólo el paso de los H+, actúa como aislante térmico que impide cortocircuitos en los electrodos y el catalizador también sirve como electrodo. Dado que este tipo de tecnología se basa en la membrana de intercambio polimérica, este es un insumo consumible, que deberá reponerse según el tiempo de operación, y no según la potencia, o energía, consumida. Por lo tanto, lo ideal es que el electrolizador sea utilizado a plena potencia [Soto Alegre, 2020].

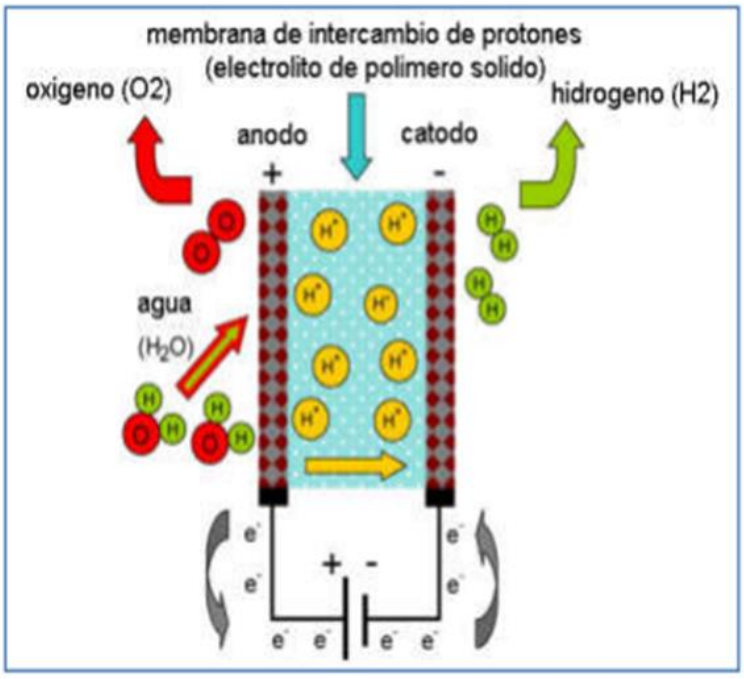


Figura 3. Electrolizador PEM

(cátodo) $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ (04)

(ánodo) $2H_2O_{(l)} \rightarrow O_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$ (05)

Como desventajas podemos mencionar:

- Alto costo de los componentes. La membrana Nafion® es producida en USA y los electrodos son recubiertos por elementos químicos nobles como el platino e iridio.

- Baja durabilidad de los materiales si el ensamblado de la celda se efectúa de manera desprolija (torque excesivo, electrodos en contacto con membrana con bordes filosos).
- Tecnología menos empleada, se necesita agua con menor conductividad, lo que implica un aumento de costos en el tratamiento.

Dentro de los tipos de electrolizadores, los de electrólisis de óxido de estado sólido (SOEC) [Retuerto, 2020], todavía no se comercializan. Es un sistema sólido que trabaja a altas temperaturas (500-1000 °C), el electrolito es un conductor de iones oxígeno. La eficiencia energética es muy alta, cercana al 100%, no necesita metales nobles, puede trabajar a alta presión y es reversible a una pila de combustible. Sin embargo, aún existen problemas respecto a la durabilidad de sus componentes, debido a sus altas temperaturas, lo que además hace que no se ajusten a los requerimientos solicitados a las energías sustentables. Esta condición puede ser una ventaja si se acopla a sistemas en los que se libere calor, y éste se utilizara, por ejemplo, para calefacción o generación eléctrica mediante turbinas. Las investigaciones sobre la celda tipo SOEC, comenzaron a principios de la década de 2000, porque se consideraba que ofrecía dos ventajas sobre la PEM y alcalina, la primera es que funcionan a altas temperaturas (800°C), permitiendo eficiencias muy altas a densidades de corriente razonablemente altas (hasta 90%), lo que implica costos potencialmente más bajos de capital por kW; y la segunda es la habilidad para coelectrolizar agua y CO2, produciendo gas de síntesis para el procesamiento de combustible sintético, con una eficiencia energética muy alta [Soto Alegre, 2020].
Las SOEC también se pueden utilizar en modo inverso (como una celda de combustible para producir electricidad), minimizando costos de inversión para sistemas de equilibrio de electricidad basados en hidrógeno. Esta tecnología sólo será viable si se mejora la vida útil del electrolizador. Como resultado, es más probable que las SOEC se enfoquen en el futuro en los casos de coelectrólisis en lugar de producir solo hidrógeno.
Estos electrolizadores de alta temperatura (800 °C) logran el rendimiento electroquímico más alto posible. La investigación y el desarrollo se centran en optimizar la vida útil de las celdas SOEC.

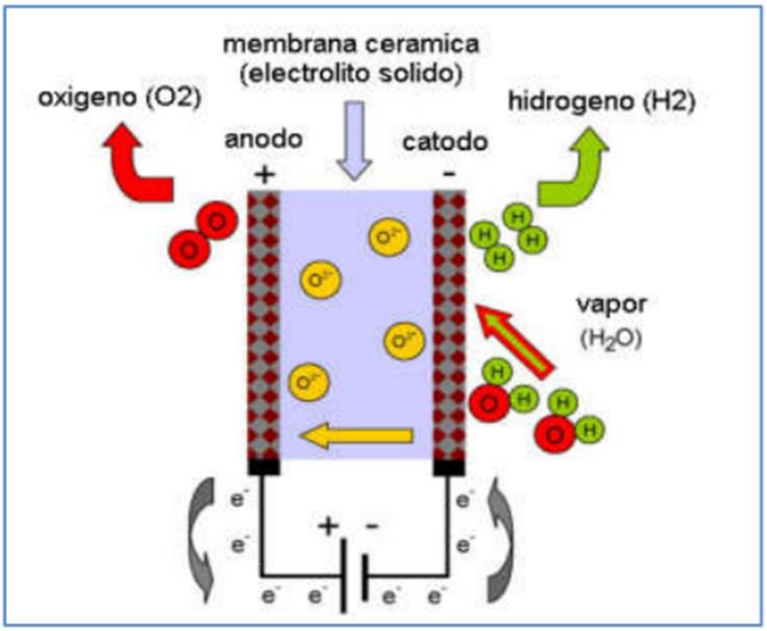


Figura 4. Electrolizador SOEC

8. RESULTADOS

La tabla 1 resulta ser una matriz de comparación entre los electrolizadores de tecnología alcalina y lo PEM. Dado que actualmente, los equipos SOEC, se encuentran en una fase temprana de formación, y con costos elevados de inversión, se estima necesario abordarlos en líneas futuras de investigación.

Tabla 1: Matriz de Comparación Alcalinos vs PEM

Características	Alcalino	PEM
Desarrollo Tecnológico	Maduro	En Desarrollo
Utilización de compuestos nobles	No utiliza catalizadores con elementos nobles.	Alto costo de los componentes. La membrana Nafion® es producida en USA y los electrodos son recubiertos por elementos químicos nobles como el platino e iridio
Costo inversión inicial	Bajo	Alto
Materias primas	NAOH y KOH, (Potencial inconveniente: Sedronar)	Es ecológicamente limpio, debido a que no ocupa elementos químicos extras en el agua, como el caso del electrolizador alcalino.
Presión de Operación	Baja presión de operación debido al electrolito líquido, que lo hace voluminoso para una configuración en serie (arreglo del estilo pila)	Se presuriza directamente en el sistema.
Presión de salida del H_2	Hasta 30 bar pudiendo trabajar al 90% de eficiencia, mientras que los monopolares trabajan entre el 60 y 80% de eficiencia.	Hasta 300 bar Hasta 100% de eficiencia
Temperatura	80 – 90°C	50 – 100°C [Arellano Jorquera, 2019]
Densidad de corriente	0,2 – 0,3 A/cm^2	0,5 - 2 A/cm^2
Densidad de corriente	Bajas densidades de corriente debido a altas perdidas óhmicas a través del electrolito líquido y el diafragma.	Se alcanzan altas densidades de corriente debido a lo delgado de la membrana que es capaz de brindar buena conductividad de protones (0,1 S/cm).
Calidad del agua	1 a 5 µS/cm	conductividad < 1µS/cm
Consumo de agua	10 litros por kg producido [GIZ, 2021]	10 litros por kg producido
Diferencia de potencial de las caldas	1,8-2,2 V	1,7 – 2,1 V
Consumo energético en la electrólisis	4-5 $kW*h/Nm^3$ [Arellano Jorquera, 2019]	5-7 $kW*h/Nm^3$ [Arellano Jorquera, 2019]
Suministro de energía	Menor rango de variabilidad de energía para operar que las PEM.	Variable. Responde con rapidez a cambios de frecuencia
Densidad volumétrica	16 l por Nm^3 /h H_2	1 l por Nm^3 /h H_2
Hidrógeno generado	<1400 Nm^3 /h H_2 [Arellano Jorquera, 2019]	<400 Nm^3 /h H_2 [Arellano Jorquera, 2019]
Grado de Pureza	Grado de pureza de los gases producidos. El diafragma no impide completamente el cruce de gases producidos (La pureza del hidrógeno alcanza cerca del 99%).	Alta pureza del gas producido (99,999%) debido a que la membrana impide el cruce de gases producidos.
Eficiencia	Hasta 93%	Hasta 98%
Diseño	Se requiere espacios demasiado amplios para el proceso modular (en serie)	Diseño del sistema compacto debido al electrolito sólido. Modular
vida útil	Prolongada, cerca de las 90.000 horas	Baja durabilidad de los materiales si el ensamblado de la celda se efectúa de manera desprolija
Vida útil	10 – 15 años [Arellano Jorquera, 2019]	5 – 10 años [Arellano Jorquera, 2019]

9. CONCLUSIONES

Es sabido que el problema predominante en estas tecnologías está centrado principalmente en el desarrollo y fabricación de celdas más eficientes y económicas. Un gran paso es el de cambiar de energía hidroeléctrica a electricidad proveniente de fuentes renovables. Cuando las tasas de utilización son bajas, los costos de inversión se vuelven una consideración mayor que la eficiencia. En la actualidad hay dos ramas de investigación para reducir los costos de capital de los

electrolizadores, estas son el reducir los costos de fabricación por área de celda, el incrementar la densidad de corriente, y la habilidad de aumentar la densidad de corriente.
A principio de los 2000 se comenzó con las investigaciones sobre la celda de electrolizador de óxido sólido (SOEC), porque se consideraba que esta ofrecía dos ventajas sobre la membrana de intercambio polimérica (PEM) y alcalina. Esto es que funcionan a altas temperaturas, permitiendo eficiencias muy altas a densidades de corriente razonablemente altas, permitiendo potencialmente (actualmente no es así) bajos costos de capital por kW.
Así, las SOEC deberían llegar a tener costos de capital muy bajos por capacidad instalada ya que sus membranas no requieren costosos catalizadores de metales nobles y la densidad de corriente es alta. Sin embargo, no se trata de una tecnología madura. Análogamente, la prioridad en el caso de la tecnología de membrana de intercambio polimérica es reducir los costos de fabricación por área de celda. A pesar de las grandes reducciones en la última década, las PEM comerciales aún tienen costos de capital más altos que sus contrapartes alcalinas. Que los PEM puedan competir con los alcalinos depende principalmente de su potencial de reducción de costos. Para lograr esto se debe

- Desarrollar membranas de polímero más anchas y delgadas que sean igualmente resistentes a la degradación.
- Reducir las cargas de catalizadores de metales nobles para electrodos PEM.
- Reducir los costos de mano de obra a través de la producción en masa y nuevas técnicas de fabricación.
- Lograr economías de escala.

Debemos tener en cuenta que la celda, actualmente, representa el 70% del costo del stack, y el 40% del costo total de la planta, la prioridad para las plantas alcalinas es aumentar las densidades de corriente, lo que requerirá el desarrollo de materiales más duraderos, capaces de resistir temperaturas más altas.

10. REFERENCIAS

Rodrigo Vásquez, F. S. (2018). Tecnológias del Hidrógeno y perspectivas para Chile. Deutsche Gesellschaft für. Santiago de Chile, Chile.

Retuerto, María. (2020). ¿Cómo se obtiene el hidrógeno verde? ¿Qué es la electrólisis?. Obtenido de https://ideagreen.es/hidrogeno-verde/tipos-de-electrolizadores/. San Javier, España.

Soto Alegre, Octavio E. (2020). Análisis conceptual constructivo y experimental de un electrolizador con diferentes electrodos para la obtención de hidrógeno desde agua pura y salada. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería eléctrica. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Amores, E., Rojas, N., Sanchez-Molina, M., & Sevilla, G. (2018). Electrólisis PEM para la producción de hidrógeno renovable: Proyecto ENHIGMA. energética XXI.

Arellano Jorquera, C. A. (2019). Diseño, fabricación y prueba de un electrolizador solar de baja potencia. Santiago de Chile, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Civil Mecánica.

GIZ, ARIEMA Energía y Medioambiente S.l, y TCI Gecomp SpA. (2021). Estudio de prefactibilidad técnica y económica de la producción de hidrógeno verde mediante electrólisis para las entidades Aguas CAP y Energías de la Patagonia y Aysén SpA. Santiago de Chile: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

"Análisis de la prefactibilidad para la producción de hidrógeno verde en la UNLaM"

Lohigorry, Agustín J., Alterini, Federico J.; Fauroux, Luis E.; Sobral, Pablo H.; Pisera, Gabriel E.
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de La Matanza. San Justo, Buenos Aires, Argentina.
lfauroux@unlam.edu.ar

RESUMEN

La energía es un factor clave para realizar cualquier actividad. A través del tiempo los distintos países han desarrollado diferentes matrices energéticas para satisfacer su demanda, compuestas por fuentes diversas, como carbón, petróleo, hidráulica, nuclear, etc. Sin embargo, el desarrollo de estas matrices ha causado alteraciones en los ecosistemas, poniendo de manifiesto las afectaciones realizadas al ambiente en general. Esto ha motivado la transición a fuentes renovables de energía, con impactos sensiblemente menores, como la solar, y la eólica, entre otras. En este sentido, un aspecto crítico a tener en cuenta es la disponibilidad de la energía para cuando se la necesite, de aquí deriva la necesidad de desarrollar fuentes de energía y tecnología que permitan el almacenamiento de la energía excedente, producida en los períodos propicios, para luego poder utilizarla en aquellos períodos de escasez del recurso. Actualmente las formas de almacenar energía son, entre otras, embalses, baterías, calor, y en este punto aparece el hidrógeno, como vector energético. Este proyecto plantea la prefactibilidad de la instalación de una planta piloto productora de hidrógeno verde mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos. Se evaluará la factibilidad de destinar el mismo a la investigación, desarrollo, y de la reconversión de algunas modalidades de transporte del sistema actual de locomoción, principalmente basado en combustibles fósiles, la factibilidad de la reinyección a la red eléctrica del excedente de energía previamente almacenado, y la escalabilidad de la planta electrolizadora. Se espera poder obtener los conocimientos necesarios en plantas, de baja escala.

Palabras Claves: Prefactibilidad, Hidrógeno, verde.

ABSTRACT

Energy is a key factor to perform any activity. Over time, different countries have developed different energy matrices to meet their demand, made up of various sources, such as coal, oil, hydraulics, nuclear, etc. However, the development of these matrices has caused alterations in the ecosystems, highlighting the effects on the environment in general. This has motivated the transition to renewable energy sources, with significantly lower impacts, such as solar and wind power, among others. In this sense, a critical aspect to have in mind is the availability of energy when it is needed, hence the need to develop energy sources and technology that allow the storage of surplus energy, produced in favorable periods, to then be able to use it in those periods of scarcity of the resource. Currently the ways of storing energy are, among others, reservoirs, batteries, heat, and at this point hydrogen appears as an energy vector. This project exposes the pre-feasibility of the installation of a green hydrogen production pilot plant through the use of photovoltaic solar panels. The feasibility of allocating it to research, development, and the reconversion of some modes of transport of the current locomotion system, mainly based on fossil fuels, will be evaluated, the feasibility of reinjecting into the electrical network the surplus energy previously stored, and the scalability of the electrolysis plant. It is expected to be able to obtain the necessary knowledge in small-scale plants.

Keywords: pre-feasibility, hydrogen, green.

11. INTRODUCCION

La utilización del hidrógeno, como combustible, surge con la línea de investigaciones acerca del cambio de la matriz energética, actualmente dependiente de los fósiles. Existen distintos procesos para la obtención del hidrógeno. El hidrógeno se clasifica según sea la forma en que se obtiene mediante una escala de colores. Así, por ejemplo, el hidrógeno "gris" es el que deriva del reformado del gas natural, se denomina "azul" a aquel que se obtiene del mismo modo que el "gris", pero recuperando parte del dióxido de carbono (CO_2), y "verde" para aquel hidrógeno obtenido aprovechando las fuentes de energía renovables [1]. Esta clasificación pretende visibilizar el impacto ambiental de su obtención y la huella de carbono generada, donde el "verde" supone "emisiones cero" de carbono.
En este contexto es que en la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM), se realizó un estudio de prefactibilidad para la producción de hidrógeno verde, con el objeto disponer de dicho producto para la investigación en locomoción, la posibilidad de la reinyección de remanentes a la red eléctrica, y prefactibilidad del escalado de la planta.

12. DESARROLLO

Este análisis dio comienzo con la confección de un esquema básico de etapas, en bloques, en el que se definieron las etapas, a grandes rasgos, del proceso.

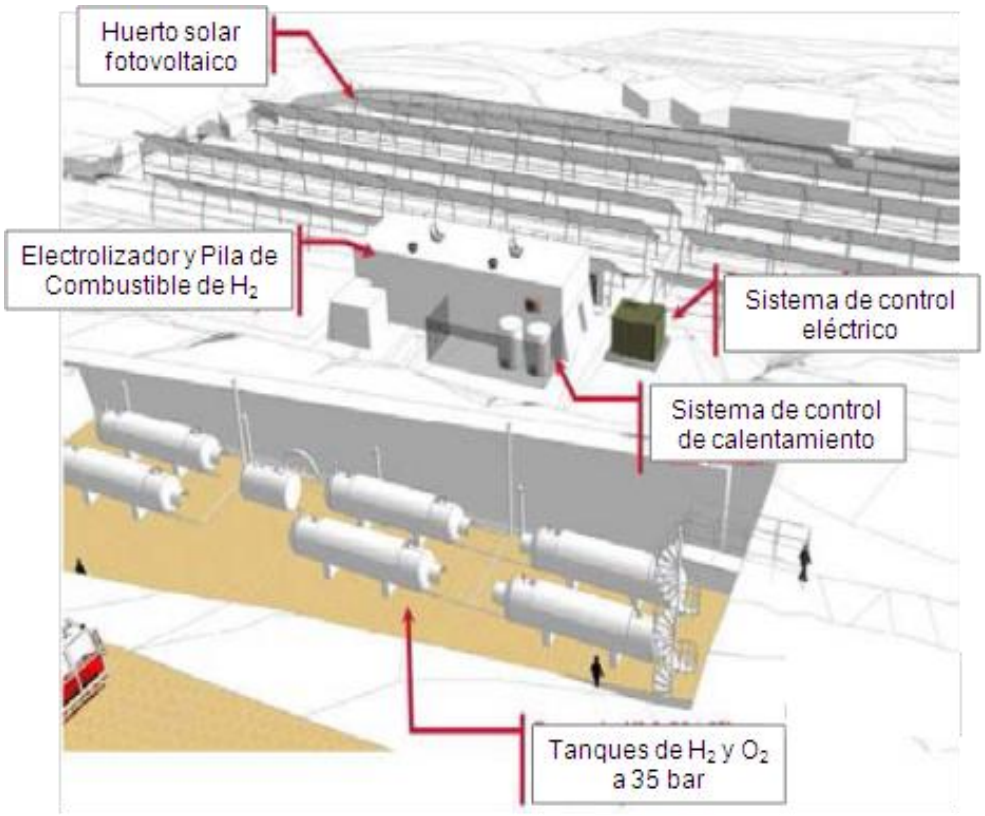


FIGURA 1: ESQUEMA BÁSICO DE ETAPAS. (JEAN-CHRISTOPHE HOGUET Y COL. 2011, 4TH WORLD HYDROGEN TECHNOLOGIES CONVENTION, GLASGOW, U.K.)

El siguiente paso del análisis consistió en la evaluación y desglose de cada bloque, sus componentes, sus requisitos técnicos, y si existiera alguna problemática ambiental y/o legal asociada que atender.
La selección de la fuente primaria de energía se realizó en base a la decisión de producir hidrógeno "verde", vale decir mediante energía eólica, recurso escaso [2] en la locación de San Justo, La Matanza (Bs. As.), o energía solar. La energía solar puede ser capturada, por ejemplo, mediante dispositivos térmicos o fotovoltaicos. Una instalación solar térmica requiere de la recolección de

energía mediante espejos dispuestos convenientemente y, a priori, realizar un esfuerzo extra para la conservación del calor generado.

FIGURA 2: PLANTA DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. PLANTA TERMOSOLAR TORRE CENTRAL NOOR OUARZAZATE III. ENERGY SENER.

Comparada con la disponibilidad actual en la UNLaM de techos dispuestos en forma de “diente de sierra” y con una orientación ligeramente desplazada del norte, una instalación solar térmica resulta ser de mayor complejidad, y de mayor inversión, que una solar fotovoltaica [3].

FIGURA 3: VISTA AÉREA DE LA UNLAM

La UNLaM es abastecida de electricidad por una distribuidora; la generación solar fotovoltaica considerada en este proyecto podría contribuir a futuro, con sus eventuales excedentes, como generación distribuida, aspecto que debe analizarse con mayor detalle.

Las tecnologías para electrolizadores más difundidas son la alcalina y la de membrana de intercambio protónico. La tabla 1 resume una comparación inicial entre ambos tipos [4].

Tabla 1: Comparación de tecnologías para electrolizadores.

Alcalino	Membrana de intercambio protónico (PEM)
Ventajas	
Tecnología establecida	Alta densidad de corriente
Estabilidad de largo plazo	Alta eficiencia de voltaje
Relativo costo bajo	Sistema compacto
Celdas en el rango de los MW	Gases de alta pureza
	Rápida respuesta
	Excelente comportamiento a carga parcial
	Operación dinámica
Desventajas	
Baja densidad de corriente	Costo mayor
Mezcla de gases	Posible menor duración
Poco dinámico	Celdas debajo del rango de los MW
Bajas presiones de operación	Tecnología más reciente
Electrolito líquido corrosivo	

Los motivos por los que se eligió el sistema de membrana de intercambio polimérico, se centraron fundamentalmente en su mejor eficiencia para operar en un rango de suministro energía eléctrica variable, como la fotovoltaica, que sólo necesita agua como insumo, y a temperatura relativamente baja (60°C), lo que evita una situación administrativa complicada como la inscripción en el registro de la Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina (SEDRONAR), por el uso de los productos químicos necesarios en un proceso alcalino.
De este modo, el aspecto más conflictivo es el uso del agua, regulado en la provincia de Buenos Aires por la Autoridad del Agua (ADA), que también regula a las empresas proveedoras de servicio como Agua y Saneamientos Argentino S.A. (AYSA), y Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA). En este sentido, tres son las alternativas, agua corriente, agua de pozo, y agua pluvial. De estas, la tercera no precisaría de autorizaciones para su uso y su captación se ve facilitada por la ya mencionada gran disponibilidad de superficie techada. Se necesitan aproximadamente entre 1,5 y 2 litros de agua provenientes de la red para producir 1 Nm3 de hidrógeno [5]. Sea cual fuere la fuente de agua, esta debe ser analizada a fines de conocer la composición local.

Tabla 2: Composición inorgánica típica de agua corriente

Alcalinidad total	mg/l	400
Aluminio residual	mg/l	0,2
Arsénico	mg/l	0,05
Cadmio	mg/l	0,005
Cianuro	mg/l	0,1
Cloro residual libre	mg/l	0,2
Cloruros	mg/l	250
Cobre	mg/l	1
Cromo	mg/l	0,05
Dureza total	mg/l	400
Fluoruro	mg/l	2
Hierro total	mg/l	0,1
Manganeso	mg/l	0,05
Mercurio	mg/l	0,01
Nitrato	mg/l	45
Nitrito	mg/l	0,1
Amoníaco	mg/l	0,2
Plomo	mg/l	0,01

Selenio	mg/l	0,01
Sulfatos	mg/l	200
Zinc	mg/l	5

Además de lo antedicho, la idea de usar agua pluvial surge de la intención de no utilizar agua potable, o potabilizable, para consumo humano y considerando la relativa facilidad en la que podrían ser intervenidos los techos para recolectar el agua de lluvia, se elaboró en plan para tal fin, basado en la experiencia de un proyecto similar realizado en la UNLaM [6].

FIGURA 4: EJEMPLO DE INTERVENCIÓN EN DESCARGA PLUVIAL REALIZADO EN UNLAM

El mismo consiste en descartar las primeras aguas por el “lavado” de los techos y el despeje de sólidos (hojas),mediante una desviación “T”, evitando los desbordes que podrían causarse por la intervención ante una lluvia de grandes proporciones en poco tiempo, realizando el tratamiento con resinas de intercambio y carbón activado, en desviaciones “Y”, antes de ser almacenada, de manera tal de facilitar su posterior conservación, la intervención se dimensiona en base al rango del parámetro de conductividad y el grado del tratamiento estará dado en función de la velocidad del flujo, cuánto más rápido, menor es el intercambio iónico, mayor conductividad.
Las composiciones, expresadas en la tabla 2, sirven como referencia en el caso de ser viable la captación, acumulación y mantenimiento de agua pluvial, es de esperar que el agua de lluvia, así recolectada, posea menor contenido en metales pesados, lo que expandiría la vida útil de la membrana de intercambio y del sistema de acondicionamiento que de por sí son parte del electrolizador. Cabe mencionar que las plantas “llave en mano” incorporan una etapa de adecuación del agua a electrolizar. Teniendo en cuenta que los electrolizadores PEM tienen un requerimiento de conductividad del agua entre 0,1 y 0,2 µS/cm [5], y que incide directamente en la durabilidad de las celdas, es recomendable que los sistemas de control del electrolizador tengan protocolos para evitar que se produzca hidrógeno en caso de conductividad elevada. Asimismo, los fabricantes de estas plantas son pocos, y se ha detectado que muchos oferentes en realidad trabajan con un mismo fabricante, y que esto provoca una demora en la entrega entre 10 y 18 meses, junto con una demanda que se ha potenciado en los últimos tiempos.

La etapa de compresión de las plantas electrolizadoras disponibles en mercado, hasta el momento del presente trabajo, alcanza sólo los 30 bar de presión, y resulta insuficiente al momento de pensar en las necesidades de un transporte de locomoción pesada (colectivos, camiones, etc.), los requieren una presión de 350 bar [7]. Además, es necesario contemplar, sin olvidar los aspectos de seguridad, el tiempo de demora en la recarga de los tubos del vehículo [8]. El almacenaje se realizará en un pulmón (buffer) destinado a tal fin, desde el cual se procederá al despacho.

Dado que el objeto de este trabajo es analizar la prefactibilidad, los detalles particulares de las decisiones adoptadas se expondrán en trabajos subsiguientes a presente.

La tercera etapa del análisis del trabajo, se asemejó a un proceso iterativo, en el que intervinieron, en forma estimativa, el cálculo de la demanda de hidrógeno, el dimensionamiento de la instalación en general, y el presupuesto potencialmente disponible.
Como ya se hiciera mención, la instalación tiene como primer objetivo suministrar hidrógeno suficiente para la investigación acerca de la reconversión de motores para locomoción pesada, por ello se tomó como base el consumo de 6,4 kg de hidrógeno [8] para el recorrido de 100 km diarios de un colectivo con celdas combustible.
Considerando los montos ofrecidos por diferentes convocatorias a las que podría ser posible acceder, se consideró la adquisición de una planta generadora de 60 Nm3/h, con una alimentación de 300 kW sin auxiliares. Previendo las horas de asoleamiento en la zona, especialmente para el mes de menor producción (junio) se sobredimensionó la necesidad de paneles fotovoltaicos, de manera tal de lograr un balance entre la producción de energía eléctrica y los costos de la instalación, alcanzando un 100% del suministro requerido para la producción de 4 horas a capacidad nominal. Así, se planteó una instalación capaz de entregar 600 kWp (kilowatt pico) en su máximo.
De este modo, la instalación de la planta solar fotovoltaica requeriría, basándose en paneles solares ofrecidos actualmente en el mercado, unas 1.120 unidades de tecnología monocristalina, que requerirían de, aproximadamente, 2.900 m2 de techos para su montaje, una superficie disponible con creces y de fácil acceso en la universidad. Para la selección de los techos, se tendrán en cuenta, entre otros factores, el estado de conservación, sombreado, orientación, inclinación y su cercanía a subestaciones eléctricas con capacidad para recibir la energía.
La conexión de la instalación solar fotovoltaica sería la de una típica instalación en línea (on grid) con la red eléctrica, con un gestor de energía.

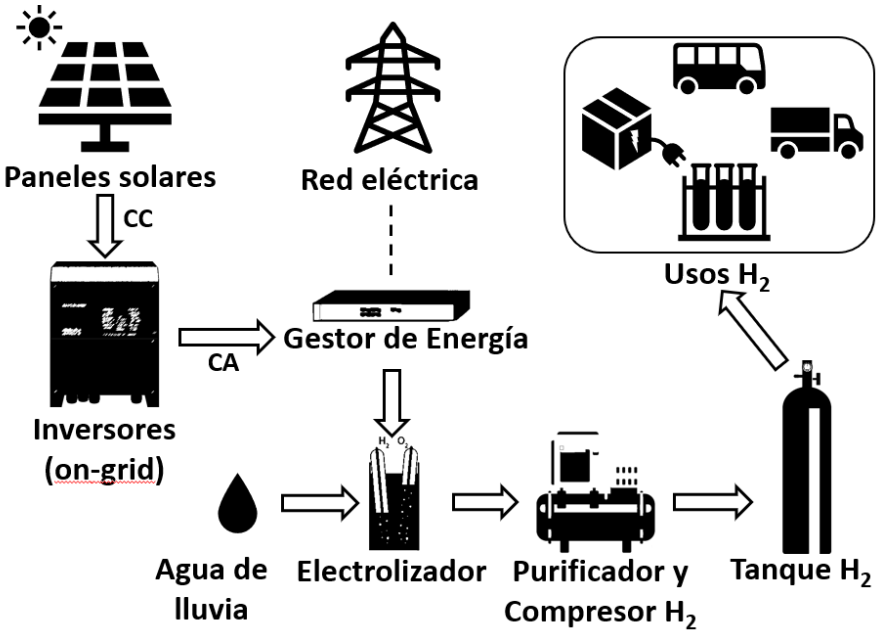


FIGURA 5: DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO

Esta configuración permitiría cumplir tres objetivos simultáneamente:
Asegurar que la energía eléctrica que se utiliza en el proceso de producción del hidrógeno nunca exceda la que se está generando en cada momento en el parque solar fotovoltaico. Por ello, el hidrógeno producido sería siempre “verde”.
Permitir la utilización de los excedentes de energía eléctrica, ante una eventual sobreproducción de la planta solar fotovoltaica, respecto del máximo a ser consumido por el electrolizador, o bien porque por alguna razón la misma no se encuentre operativa.
Controlar la utilización de los excedentes mencionados, ya sea limitando su inyección a la red eléctrica y por ende privilegiando su autoconsumo en las instalaciones de la universidad; o bien,

inyectarlos a la red, previa realización de los trámites y habilitación respectiva como usuario generador.

El proyecto no contempla la idea de destinar el hidrógeno producido para su reconversión a energía eléctrica, ya sea para reinyectar a la red ó para el autoconsumo.

Dada la natural variabilidad de la fuente de energía, ya sea por razones meteorológicas o por la propia variación a lo largo del día, se seleccionó la tecnología PEM por su versatilidad [9].

La utilización de esta tecnología traería aparejadas investigaciones para disminuir la utilización de metales preciosos, como platino e iridio en el electrolizador, o para desarrollar membranas de intercambio con materiales más económicos y/o de mayor vida útil, factores muy relevantes para la escalabilidad y masificación de la tecnología.

La infraestructura eléctrica ya disponible, es adecuada para la conexión del sistema solar fotovoltaico, si bien sería necesario realizar el tendido hasta la planta de electrólisis. A su vez, y considerando el régimen pluvial en la zona, estos techos son de fácil intervención para la recolección en cantidad suficiente del agua pluvial, que se utilizaría para la electrólisis. El proyecto deberá contemplar un sistema para la recolección, almacenamiento y tratamiento del agua de lluvia.

La planta generadora de hidrógeno ocuparía el espacio de dos contenedores, y, a futuro podrían añadirse etapas de compresión y de despacho. UNLaM cuenta también con este espacio físico, y en una ubicación adecuada. Siendo este un análisis de prefactibilidad sólo se señalará que, para una planta piloto de la magnitud mencionada, y en esta ubicación, la inversión necesaria rondaría los u$s 2 millones para la planta funcionando, en base a presupuestos de diferentes proveedores. El monto incluye la planta solar fotovoltaica, el electrolizador, junto a sus equipos auxiliares, y el almacenamiento y tratamiento del agua.
Los principales desafíos para el desarrollo de la cadena de valor del hidrógeno son de índole económica, de infraestructura y de conversión tecnológica:

Económicos: porque producir hidrogeno verde hoy no es competitivo frente a los combustibles fósiles. Ni frente al hidrógeno azul. Es de esperar fuertes reducciones de costos sobre todo en los electrolizadores, como se comentara, por la utilización de materiales menos costosos, y también por la masificación y la automatización de su producción. Hoy hay una larga espera para quien quiera adquirir un electrolizador y la oferta debería reaccionar en ese sentido. Un evento importante sería que el precio de otros energéticos menos limpios internalicen los pasivos ambientales que generan.
Infraestructura: en ella se ve nítido el dilema del “huevo o de la gallina”; qué debe estar primero ¿la infraestructura o el auto a pila de hidrógeno?, por poner un ejemplo. Aquí, claramente se visualiza la necesidad de que el sector público articule políticas con el sector privado.
Conversión Tecnológica: existen posibles puntos intermedios en la transición energética hacia las cero emisiones. Y en Argentina se apalancan en el potencial gasífero de Vaca Muerta. Un mayor uso del GNC (gas natural comprimido) y un fuerte desarrollo del hidrógeno azul, resultan un freno a la evolución de la oferta del hidrógeno verde, aun cuando el azul es un creador de mercado para el futuro del hidrógeno verde.

El hidrogeno verde es una solución transversal al problema del medio ambiente para todo tipo de transporte. Es versátil, limpio, eficiente energéticamente y menos pesado que las baterías de electricidad. En este contexto desde la UNLaM se propone realizar pruebas y contribuir al desarrollo de tecnologías que permitan su utilización en el transporte pesado donde resulta más competitivo frente a la locomoción a baterías, hoy de litio. A modo de referencia, un camión de unas 25 toneladas con uso regional necesitaría reservar cerca de 1/3 de su capacidad de carga (en toneladas) para las baterías [10]
En cambio, operando con una pila de hidrógeno, el peso total del vehículo sería similar a funcionar utilizando diésel; como también, en términos de autonomía y tiempos de recarga.
Por ello, son focos del proyecto las pruebas en la movilidad sustentable de camiones, ómnibus, el transporte por cursos de agua de la Hidrovía Paraguay-Paraná, los trenes diésel-eléctricos y los servicios portuarios.
Otro dilema del futuro del transporte verde y a experimentar, es la pila de hidrógeno vs la combustión de hidrógeno, esta última con rendimiento energético muy inferior pero posiblemente de

implementación más rápida, sobre todo en países como la Argentina con mayores dificultades para acceder a la tecnología y al crédito.
En el análisis económico de la inversión la variable más importante y difícil de determinar es la valorización de los beneficios del proyecto, sin perder de vista el objetivo de experimentar y contribuir al desarrollo de la tecnología y de propulsar un mercado interno para el hidrogeno verde, que hoy no existe.
Un camino natural sería determinar el precio de venta del hidrógeno por su equivalente en rendimiento energético al de un motor térmico a diésel, con impuestos incluidos. Pero así, el valor obtenido resultaría muy lejano del necesario para viabilizar económicamente un proyecto. Beneficios mayores a los de la ley actual de promoción del hidrógeno o penalidades al consumo de combustibles fósiles, podrán ser parte del menú para una solución.
Otros ingresos podrán provenir de acuerdos con privados o instituciones públicas interesadas en el desarrollo de la economía del hidrógeno verde, como así también el ahorro que se logre en la factura de electricidad de la universidad. También los eventuales ingresos que generen la comercialización de los derechos intelectuales que se logren desarrollar. Más adelante, otras plantas de hidrógeno verde deberían verse favorecidas en sus inversiones de capital (capex), como ya fuera comentado, por la economía de escala.

13. REFERENCIAS

Morante, J.R,; Andreu, T. (2020). *Hidrógeno. Vector energético de una economía descarbonizada*. Fundación Naturgy, 2da. Edición. Madrid, 87-90.

Provenzano, P. G., Fernández, L. A., Fauroux, L. E., Castellano, G. G. (2017). *Estudio del recurso eólico en el Partido de La Matanza. San Justo: Universidad Nacional de La Matanza*, 30-31.

Irena (2021). *Costos de generación de energía renovable en 2020*, pág. 8

Pino Priego, A. (2009). *Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla, 26-35

Crozzoli, P; Gullo, F.; Milanesi, J.; Sanchez Barros, A.; Trivellini, L. (2020). *Análisis de prefactibilidad de una planta productora de Hidrógeno*. Escuela de Ingeniería y Gestión. Instituto Tecnológico Buenos Aires, pág. 28.

Fauroux, Luis E. y otros, “Recuperación y tratamiento de agua pluvial a baja escala”, en Libro de Actas del IIIer Congreso Argentino de Ingeniería. pp. 1870-1882, 2016.

H2Mobility (2021). Overview Hydrogen Refuelling For Heavy Duty Vehicles, pág. 15.

Lilio, P.; Belmar, F. (2021). *“Evaluación técnico-económica implementación bus de hidrógeno en Sistema de Transporte Metropolitano”*. Unidad de Tecnologías del Hidrógeno, 11,17-24.

Venturino, V.; Lare M.; Gras F. (2016). *“Caracterización de electrolizadores”*. Facultad Regional Concordia – Universidad Tecnológica Nacional (UTN – FRCon).

Stanford Energy. (2021). Decarbonizing Heavy-Duty Transportation, Stanford University’s Precourt Institute for Energy on behalf of the Hydrogen Focus Group, pág. 8.

CONTRIBUCIÓN SOBRE DISEÑO TOPOLÓGICO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS

Héctor O. Mina (1), Walter R. Tonini, Alejandro H. A. Bailo, Emanuel A. Giordano

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco
Avenida de la Universidad 501 (2400) San Francisco. Provincia de Córdoba. ARGENTINA.
(1) hector.omar.mina@gmail.com

RESUMEN

La aplicación de simulaciones computacionales basadas en topología logra una optimización de la topología no paramétrica de los cuerpos o piezas, como reducción de peso o deformaciones. La OT es un método numérico que ha captado el interés de ingenieros y científicos en los últimos años, pues permite la síntesis de estructuras o cuerpos con valores óptimos de uno o varios de sus parámetros físicos. También se suscita el problema de máxima rigidez con restricción de volumen, que básicamente consiste en encontrar la distribución de material en un dominio donde la máxima rigidez se mantenga constante para determinada carga de origen, restringiendo el volumen final del material usado en la estructura o pieza.

En este trabajo se presenta una implementación de la técnica de OT aplicada al diseño de una carcasa de un generador eólico de eje vertical tipo Savonius para definir la forma geométrica en un escenario de cargas estáticas que varían su dirección durante las iteraciones del cálculo; con el objetivo de obtener una geometría CAD optima, evaluando el comportamiento de la OT en piezas delgadas.

Palabras clave: DISEÑO MECÁNICO, OPTIMIZACIÓN TOPOLÓGICA, REDUCCIÓN DE PESO, SIMULACIÓN.

ABSTRACT

The application of computational simulations based on topology achieves an optimization of the non-parametric topology of the bodies or parts, such as weight reduction or deformations. OT is a numerical method that has captured the interest of engineers and scientists in recent years, as it allows the synthesis of structures or bodies with optimal values of one or more of their physical parameters. The problem of maximum stiffness with volume restriction is also raised, which basically consists of finding the material distribution in a domain where the maximum stiffness remains constant for a given original load, restricting the final volume of the material used in the structure or part. .

This paper presents an implementation of the OT technique applied to the design of a Savonius type vertical axis wind generator casing to define the geometric shape in a scenario of static loads that vary their direction during the iterations of the calculation; with the aim of obtaining an optimal CAD geometry, evaluating the behavior of the OT in thin parts.

Keywords: MECHANICAL DESIGN, TOPOLOGICAL OPTIMIZATION, WEIGHT REDUCTION

INTRODUCCIÓN

Optimización topológica (OT) es un método matemático basado en elementos finitos que se encarga de distribuir la menor cantidad de masa de material dentro de un volumen disponible (dominio) procurando al mismo tiempo la máxima rigidez posible (o mínima flexibilidad) para un determinado estado de carga (condiciones de carga) y restricciones (condiciones de contorno). En un estudio de topología, se puede establecer un objetivo de diseño para encontrar la mayor rigidez al cociente de peso, minimizar la masa o incluso reducir el desplazamiento máximo de un componente. También se puede definir restricciones como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

Por ejemplo, cuando se diseña el ala de un avión se desea obtener el menor peso posible, asegurando una rigidez y resistencia adecuadas. El problema de la máxima rigidez con restricción de volumen es de gran importancia en Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Estructuras, pues permite reducir el peso final del elemento mecánico o estructural, conservando su rigidez y funcionalidad. Partes mecánicas de bajo peso implican menores costos por material y menor consumo de combustible en el caso de vehículos de transporte [1]. En general, la reducción de la inercia en partes en movimiento, sea maquinaria o vehículos, disminuye la cantidad de energía necesaria para su operación.

La Figura 1 muestra una propuesta de carcasa para generador eólico de eje vertical con restricciones en las caras cilíndricas y una carga (F) en las caras de empuje. La idea del trabajo es aplicar esta técnica tratando de resolver un problema de máxima rigidez (o mínima flexibilidad) con restricción de volumen, por lo que nos planteamos el objetivo de obtener una geometría CAD partiendo de una pregeometría tosca de la carcasa superior del generador, y también ver cómo se comporta la OT en piezas relativamente delgadas. Obtener las curvas de convergencia para el caso de cargas múltiples planteadas.

En la Figura 1 se muestra la topología óptima obtenida para el estado de carga mostrado y el volumen final de la estructura igual al 30% del volumen inicial.

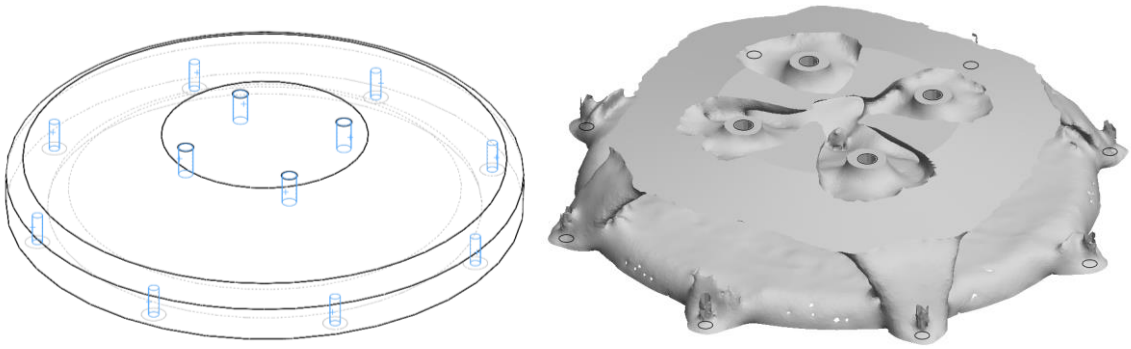


Figura 1: Topología obtenida, volumen inicial y final. Fuente: elaboración propia.

1.1. Reseña histórica

Los principios básicos sobre la teoría de la optimización se sitúan cronológicamente entre los siglos XVII y XVIII (ver ref. [8]):

- Galilei (1638): forma óptima de una viga en voladizo, con una carga puntual en su extremo libre.
- Leibniz (1646-1716): cálculo infinitesimal.
- Lagrange (1736-1813): cálculo de variaciones (valores extremos de una función de funciones). Hamilton (1808-1865): principio de mínima acción.
- Michell (1904): principios fundamentales para el diseño óptimo de barras de peso mínimo.

Entre los años 1940 y 1950 el trabajo fundamentalmente fue analítico. Schmit y Farshi (1974) estuvieron entre los primeros autores que propusieron una declaración comprensiva sobre las técnicas de programación matemática. Durante la década de 1970, la optimización de estructuras disfrutó de una intensiva investigación, pero desgraciadamente fueron pocas las aplicaciones prácticas. Francavilla, Ramakrishnan, y Zienkiewicz (1975) propusieron caracterizar la forma óptima

con el objetivo de minimizar la concentración de tensiones, a través de parámetros geométricos predefinidos.

Oda (1977) presentó un estudio donde se obtienen las formas óptimas correspondientes a dos problemas planos introduciendo cambios en algunos elementos finitos preseleccionados. Rodríguez y Sereig (1985) introducen un algoritmo basado en FEA (Finite Elements Analysis) donde la forma óptima se alcanza maximizando el empleo del material. Mattheck y Burkhardt (1990) plantearon un método de optimización basándose en la analogía entre la geometría de la estructura, y el mecanismo de crecimiento del árbol con el objetivo de minimizar las concentraciones de tensiones. Xie y Steven (1993) presentan un método denominado ESO (Evolutionary Structural Optimization), el cual mediante un sencillo proceso iterativo va retirando el material menos eficiente del diseño. Bendsøe y Kikuchi (1993) desarrollaron el método de homogenización en el cual un modelo de material con pequeñas cavidades se introduce en el diseño, resolviendo el problema de diseño óptimo mediante la determinación de la porosidad ideal. En la actualidad, los algoritmos basados en el proceso de la selección natural y evolución biológica (algoritmos evolucionarios) se confirman como la metodología más potente y robusta para el diseño óptimo (Woon, Tong, Querin, y Steven, 2003). En los sucesivos apartados se elabora una descripción más extensa sobre algunos de estos métodos, así como otras técnicas que establecen el actual marco para la resolución del problema de diseño óptimo en estructuras continuas.

Schmidt, propuso una idea revolucionaria que dio origen a una nueva disciplina: los ingenieros, en general, tratan de diseñar objetos o sistemas de coste mínimo que durante su vida útil deben ser capaces de resistir las solicitaciones máximas que se puedan producir; por tanto, los problemas de diseño (óptimo) podrían plantearse de forma sistemática en términos de problemas de minimización con restricciones, y podrían resolverse mediante técnicas de programación no lineal utilizando ordenadores digitales de alta velocidad. Desde entonces, la optimización de formas y dimensiones en ingeniería estructural se ha planteado habitualmente mediante formulaciones de mínimo peso, con restricciones no lineales impuestas con el fin de limitar los valores admisibles de los campos de desplazamientos y tensiones. Sin embargo, desde que Bendsoe y Kikuchi (ver ref. [1] y [2]) desarrollaron los conceptos básicos en 1988, los problemas de optimización topológica se han planteado tradicionalmente mediante formulaciones de máxima rigidez. Con este tipo de planteamientos se pretende distribuir una cantidad predeterminada de material en un recinto de forma que se maximice la rigidez (se minimice la energía de deformación) de la pieza resultante para un determinado estado de carga.

De esta forma se evita tener que trabajar con numerosas restricciones altamente no lineales, habida cuenta del elevado número de variables de diseño que es consustancial a los problemas de optimización topológica. A cambio, no es posible contemplar múltiples estados de carga, y las formulaciones de máxima rigidez conducen —en principio— a problemas intrínsecamente mal planteados, cuyas soluciones oscilan indefinidamente al refinar la discretización.

METODO

MÉTODO SIMP PARA OPTIMIZACIÓN DE TOPOLOGÍA:

La optimización de topología es el tipo más común de optimización estructural. Se utiliza en la fase inicial del diseño para predecir la distribución óptima del material dentro de un determinado espacio inicial de una estructura, y tiene en cuenta las especificaciones funcionales y las restricciones de fabricación.

El método matemático más popular para la optimización de topología es el método de material isotrópico sólido con penalización (SIMP- Solid Isotropic Material with Penalty). *Bendsoe y Kikuchi (1988)* (ver ref. [1] y [2]) y *Rozvany y Zhou (1992)* propusieron inicialmente el método SIMP. El método SIMP predice una distribución óptima del material dentro de un espacio de diseño determinado, para casos de carga determinados, condiciones de contorno, restricciones de fabricación y requisitos de rendimiento. Según *Bendsoe (1989): "la optimización de la forma en su configuración más general debe consistir en una determinación para cada punto del espacio, independientemente de que haya material en ese punto o no".* El enfoque tradicional para la optimización de topología es la individualización de un dominio en una rejilla de elementos finitos denominados microestructuras sólidas isotrópicas. Cada elemento se rellena con material para regiones que requieren material, o se vacía de material para regiones donde se puede eliminar material (que representa vacíos). La

distribución de densidad del material dentro de un dominio de diseño, ρ, es individual, y a cada elemento se le asigna un valor binario:

- $\rho_e = 1$, donde se requiere material (negro)
- $\rho_e = 0$, donde se elimina material (blanco)

IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en la solución de un problema de elasticidad lineal usando el método de los elementos finitos (MEF) es de la forma:

$$Ku = f \quad (1)$$

Donde u y f, son los desplazamientos y fuerzas externas aplicadas en los nodos, respectivamente. El término K es la matriz de rigidez global, que está dada por la suma coherente (también denominado proceso de ensamble de la matriz global) de las matrices de rigidez de cada elemento

$$K^e = \sum_{i=1}^{N_e} K_i^e \;\; para\; i = 1,2,3,\ldots . N_e \quad (2)$$

Donde N_e es el número total de elementos finitos usados para discretizar el dominio. La matriz de rigidez de cada elemento se obtiene de la siguiente expresión:

$$K^e = \int_{\Omega^e} B^T D B \; d\Omega \quad (3)$$

Donde D es la matriz de material para el caso de esfuerzo plano [7], B es la matriz de las derivadas de las funciones de forma y Ω representa el dominio de diseño [8].

Como la idea de la OT es distribuir cierta cantidad de material en el dominio, de tal forma que la rigidez sea la máxima posible, se necesita un mecanismo para modelar la presencia o ausencia de material. En este trabajo se usó el modelo de material sólido isotrópico con penalización (SIMP). En este modelo, cada elemento finito tiene asociada una variable llamada pseudodensidad (ρ), que multiplica la matriz de rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$\widehat{K}_i^e = \rho_i^p K_i^e \quad (4)$$

Donde ρ es un factor de penalización usado para reducir los valores intermedios de las pseudodensidades. Estas presentan valores entre cero y uno, donde cero representa ausencia total de material y uno representa la presencia del material de base usado en el diseño. Por cuestiones de implementación numérica, las pseudodensidades no pueden tener valores discretos de 0 y 1, sino una variación continúa entre estos dos valores.

$$(0 \leq \rho \leq 1) \quad (5)$$

La energía de deformación aumenta a medida que la estructura se deforma, por tanto, el proceso de optimización consiste en hallar el conjunto de valores ρ_i que la minimizan.

Por ejemplo, la imagen muestra un diseño de material optimizado de una viga cargada (Fig. 2). Los elementos sólidos con densidades $\rho_{(e)}$ =1 son de color negro, mientras que los elementos vacíos con $\rho_{(e)}$ = 0 se eliminan.

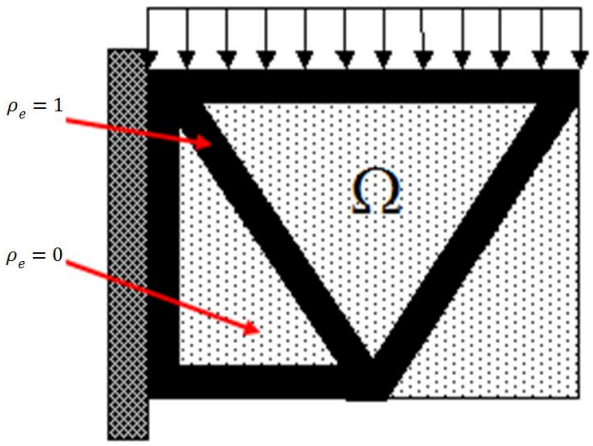


Figura 2: Diseño optimizado de viga cargada

La introducción de una función de distribución de densidad relativa continua evita la naturaleza binaria de activación/desactivación del problema. Para cada elemento, la densidad relativa asignada puede variar entre un valor mínimo ρ_{min} y 1, que permite la asignación de densidades intermedias para los mismos (caracterizados como elementos porosos):
ρ_{min} es el valor de la densidad mínima permitida para los elementos vacíos que son mayores que cero. Este valor de densidad garantiza la estabilidad numérica del análisis de elementos finitos. Dado que la densidad relativa del material puede variar continuamente, el módulo de elasticidad del material en cada elemento también puede variar continuamente. Para cada elemento "e", la relación entre el factor de densidad relativa del material ρ_e y el módulo de elasticidad del modelo de material isotrópico asignado, E_0 se calcula mediante la ley de potencia siguiente (ver Figura 3):

$$E(\rho_e) = \rho_e^p E_0 \qquad (6)$$

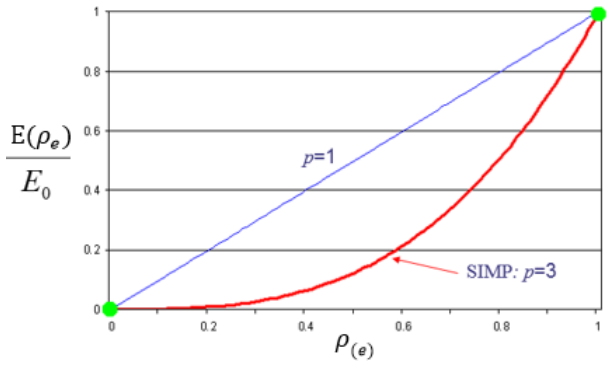


Figura 3: Factor de penalidad p y método SIMP

El factor de penalidad p disminuye la contribución de elementos con densidades intermedias (elementos grises) a la rigidez total. El factor de penalidad dirige la solución de optimización a elementos que son de color negro sólido ($\rho_e = 1$) o blanco vacío ($\rho_e = \rho_{min}$). Los experimentos numéricos indican que un valor de factor de penalidad de $p = 3$ es adecuado.
Una reducción del módulo elástico del material de un elemento conduce a una disminución de la rigidez del elemento. Según el método SIMP, la rigidez global se modula de acuerdo con:

$$K_{SIMP(\rho)} = \sum_{e=1}^{N} [\rho_{min} + (1 - \rho_{min})\rho_e^p] K_e \qquad (7)$$

Donde K_e es la matriz de rigidez del elemento, ρ_{min} representa la densidad relativa mínima, ρ_e es la densidad relativa del elemento, p es el factor de penalidad y N es el número de elementos en el dominio de diseño. Por ejemplo, para un elemento con una densidad relativa asignada $\rho_e = 0{,}5$, factor de penalidad $p = 3$ y $\rho_{min} = 0.001$, la matriz de rigidez global se escala mediante un factor de $f = (0.001 + (1 - 0{,}001) * 0{,}5^3) = 0{,}12587$.

Un conocido objetivo de optimización es maximizar la rigidez general de una estructura, o minimizar su cumplimiento en una cantidad determinada de eliminación de masa.
El cumplimiento es una medida de la flexibilidad o suavidad general de una estructura, y es el recíproco de la rigidez. El cumplimiento global es igual a la suma del elemento elástico o las energías de deformación. Minimizar el cumplimiento global C, es equivalente a maximizar la rigidez global. El algoritmo de optimización, mediante un proceso iterativo, trata de resolver las densidades de los elementos (que son las variables de diseño de optimización) que minimizan el cumplimiento global de la estructura.

$$\min C(\{\rho\}) = \sum_{e=1}^{N} (\rho^e)^p \, [u_e]^T [K_e][u_e] \quad (8)$$

$[u_e]$ es el vector de desplazamiento nodal del elemento e, $[K_e]$ es la rigidez del elemento e, y el vector $\{p\}$ contiene las densidades relativas de los elementos ρ_e.
Durante cada iteración de optimización, se deben cumplir la restricción de masa objetivo, el equilibrio de fuerza-rigidez global y las restricciones funcionales requeridas:

$$\sum_{e=1}^{N} \{v_e\}^T \rho_e \leq M_{target} \quad (9)$$

Donde v_e es el volumen del elemento y M_{target} es la masa objetivo de la optimización.

$$[K\{\rho\}]\{u\} = \{F\} \quad (10)$$

$[K\{\rho\}]$ es la matriz de rigidez global modulada por el vector de densidades relativas, {u} es el vector de desplazamiento, y {F} es el vector de fuerza externa.

$$\theta(\{p\},\{u\})_1 \leq \theta_1^*, \theta(\{p\},\{u\})_2 \leq \theta_2^*, \ldots. \quad (11)$$

La fórmula anterior contiene restricciones de respuesta de diseño, como límites en tensiones, desplazamientos, frecuencias propias, etc.

CREACIÓN DE UN ESTUDIO DE TOPOLOGÍA

En esta sección se explica el proceso paso a paso para optimizar la carcasa del generador, con el fin de que sea útil para su replicación en otras piezas.

1.1. Creación de un Nuevo Estudio en SolidWorks Simulations.

1.1.1 En la ventana de Percepción de diseño, elegimos Estudio de topología (Fig. 4).

En este ejemplo, configuraremos un estudio de topología con el objetivo de encontrar la mayor rigidez por unidad de peso de una carcasa de un generador eólico de eje vertical.

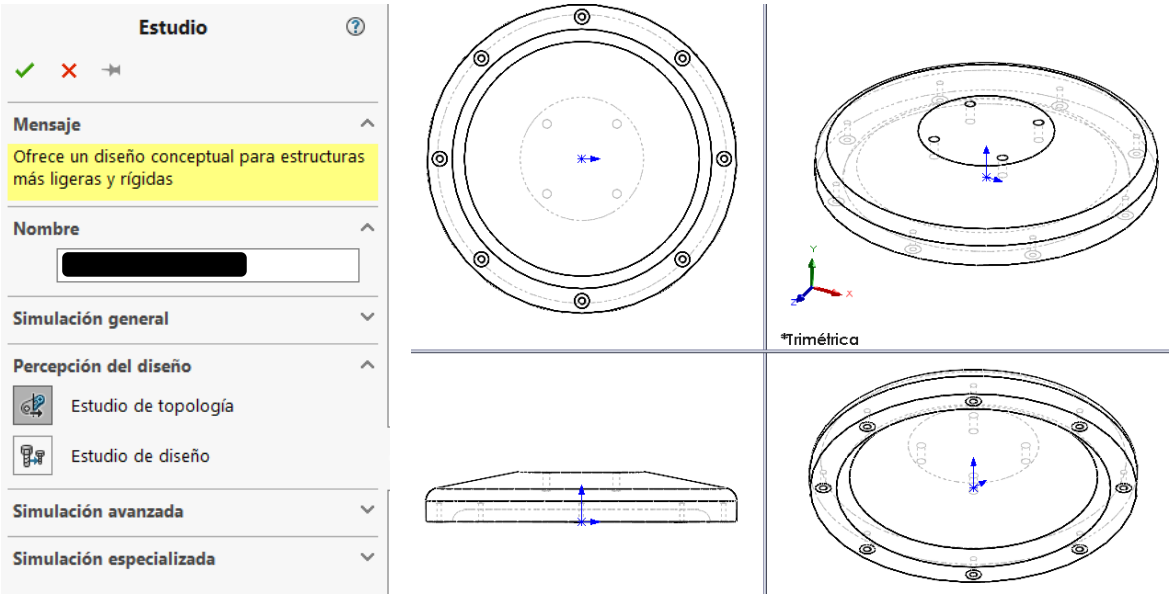


Figura 4: Estudio de Topología de la Carcasa

1.1.2 Seleccionamos las Propiedades del Estudio: Topología.

La simulación topología es similar a la simulación estática en cuanto a su definición de las variables generales y condiciones de contorno; ej.: los materiales, cargas y restricciones son las mismas. Se agrega dos nuevas entradas: los objetivos y restricciones, y los controles de fabricación. El objetivo del estudio de topología puede ser minimizar la masa o el desplazamiento de la pieza o bien maximizar su rigidez (mejor relación rigidez-peso), siendo buena costumbre comenzar con esta última. En cualquiera de los 3 casos posibles, siempre se busca minimizar la masa.

Por último, se pueden agregar opcionalmente los *controles de fabricación*. Los mismos son regiones protegidas, de modo que se podrá excluir áreas del modelo del proceso de topología y del control de espesor, y establecer el grosor mínimo de los componentes además de la simetría del modelo y la definición de la dirección de desmoldeo para piezas en fundición. Para la Configuración de región conservada (bloqueada), debemos seleccionar Regiones con cargas y sujeciones (Fig. 5). Esto nos sirve para que todas las regiones donde hemos definido cargas y sujeciones se conserven de forma predeterminada, es decir, no se hará optimización de estas caras conservadas. Aquí se utiliza la opción *múltiples cargas* que son representativas de las direccione de los vientos, y actúan por separada para cada paso de iteración.

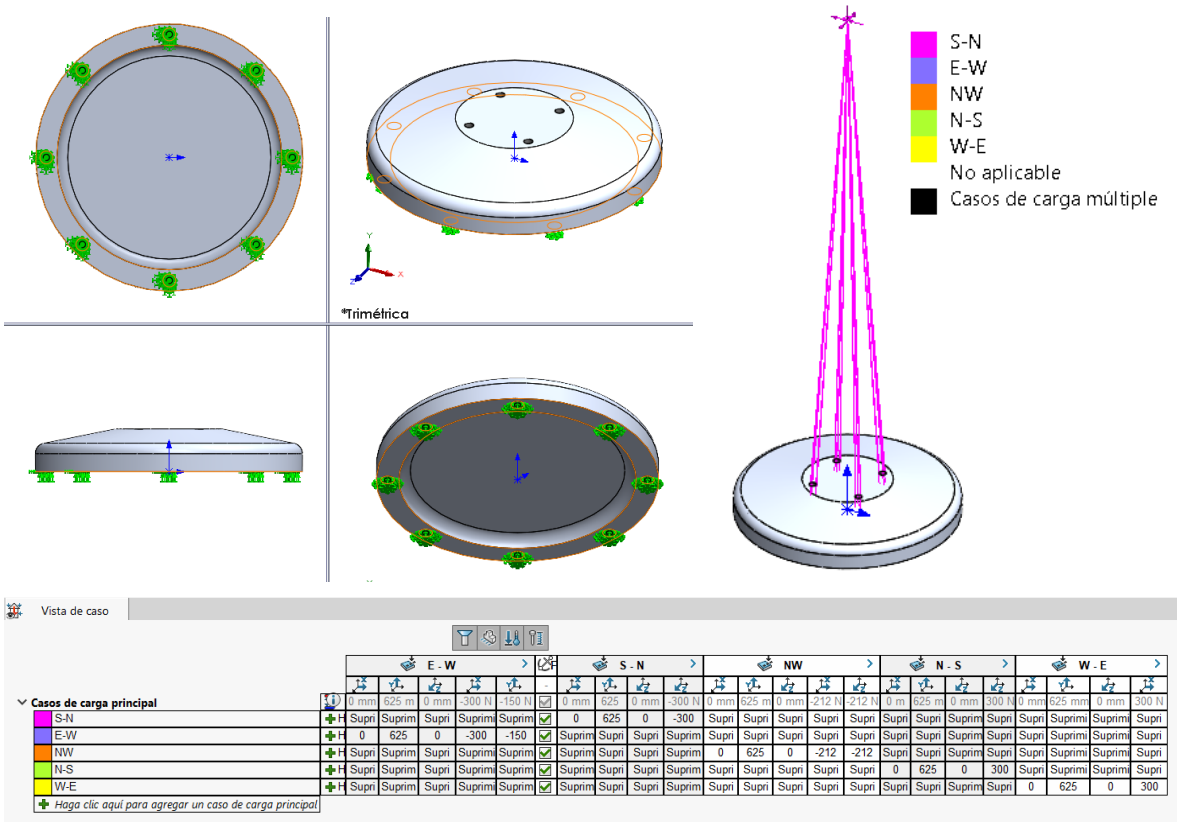


Figura 5: Sujeciones (der.)y Cargas múltiples (Izq.).

1.1.3 Definimos el material (Material: Aluminio 1060), las sujeciones y las cargas externas

En el gestor de estudio de topología, en Objetivos y restricciones elegimos la opción de mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado) (Fig. 6).

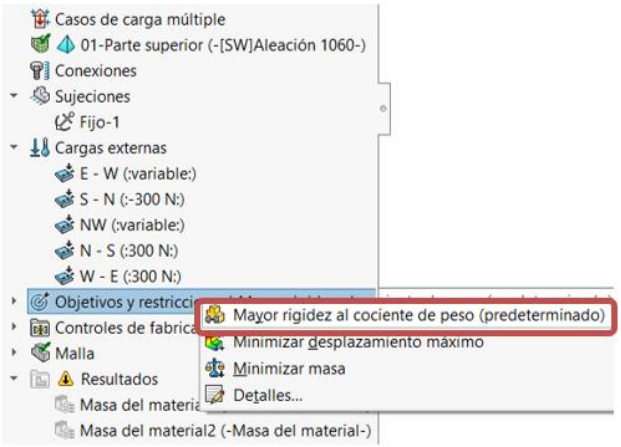


Figura 6: Objetivos y restricciones – mayor rigidez por unidad de peso

Disponemos de 3 objetivos, los cuales son:

- **Mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado):** Cuando se selecciona Mayor rigidez al cociente de peso, el algoritmo trata de minimizar el cumplimiento global del modelo, que es una medida de la flexibilidad general (recíproco de la rigidez). El cumplimiento viene definido por la suma de energía de todos los elementos.
- **Minimizar desplazamiento máximo:** La optimización proporciona el diseño más rígido que pesa menos que el diseño inicial y minimiza el desplazamiento máximo observado.
- **Minimizar masa con restricciones de desplazamiento:** El algoritmo busca reducir la masa de un componente mientras se restringe el desplazamiento

1.1.4 En la ventana de Objetivos y Restricciones, vamos a reducir el porcentaje de masa (Fig. 7).

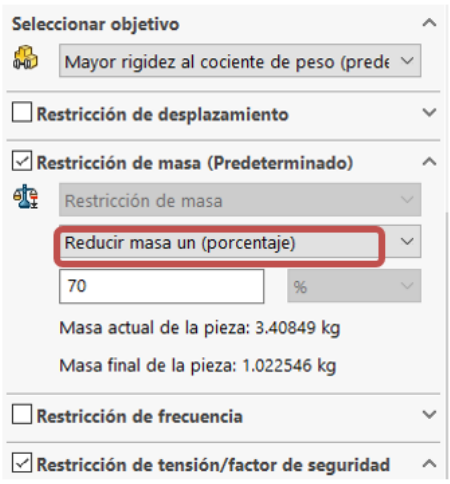


Figura 7: Reducción del porcentaje de masa

En la primera restricción, para Reducir masa un (porcentaje), definimos 70 (%) como Valor de restricción. Las restricciones limitan las soluciones de espacio de diseño, disponemos de 4 tipos de restricciones, a saber:

- **Restricción de masa:** El algoritmo de optimización intentará alcanzar la reducción de masa objetiva para la forma final mediante un proceso iterativo.
- **Restricción de desplazamiento:** Establece el límite superior para el componente de desplazamiento seleccionado.
- **Restricción de frecuencia** restringe frecuencias o rangos de frecuencias naturales.
- **Restricción de tensión/factor de seguridad** limita la tensión o un valor de seguridad.

1.1.5 En el gestor de estudio de topología, elegimos Controles de fabricación y agregamos región conservada (Fig. 8 y 9).

En Región conservada agregamos todas aquellas caras que necesitamos conservar (la ventana ofrece la posibilidad de dar un valor de profundidad a esa región conservada).

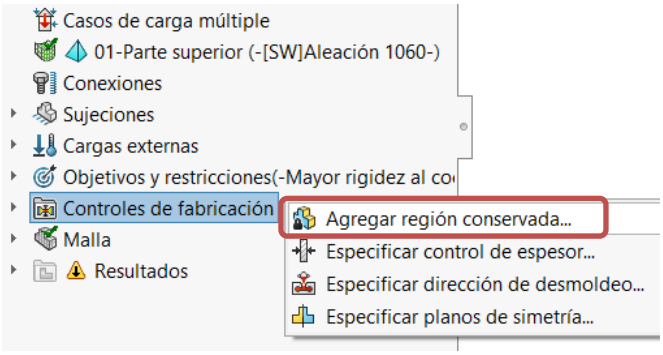


Figura 8: Cuadro de diálogo región conservada

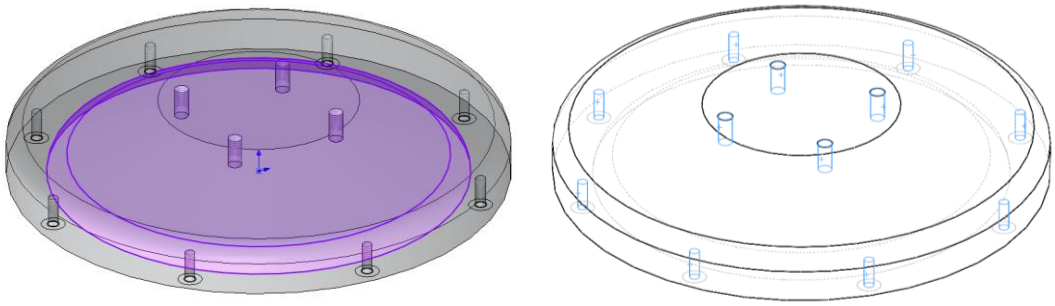


Figura 9: Selección de región conservada alojamiento generador y roscas.

1.1.6 Malla el modelo (Fig. 10)

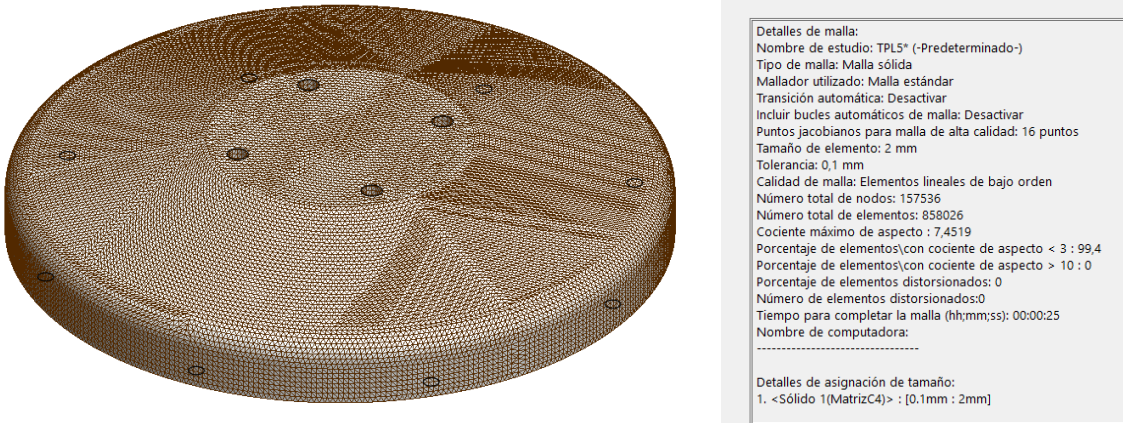


Figura 10: Malla del modelo

1.1.7 Ejecutamos este estudio (Fig. 11).

El algoritmo de optimización, a través de varias iteraciones, intentará alcanzar la convergencia. Podemos consultar en tiempo real las iteraciones la convergencia tanto del Objetivo (mayor rigidez) como de la Restricción (Masa). Se observa que el tiempo de cálculo es muy superior utilizando el escenario de cargas variables; mientras más cargas, más costo computacional.

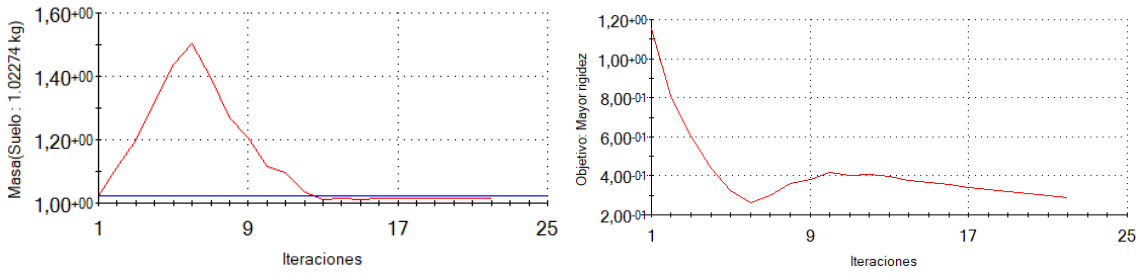
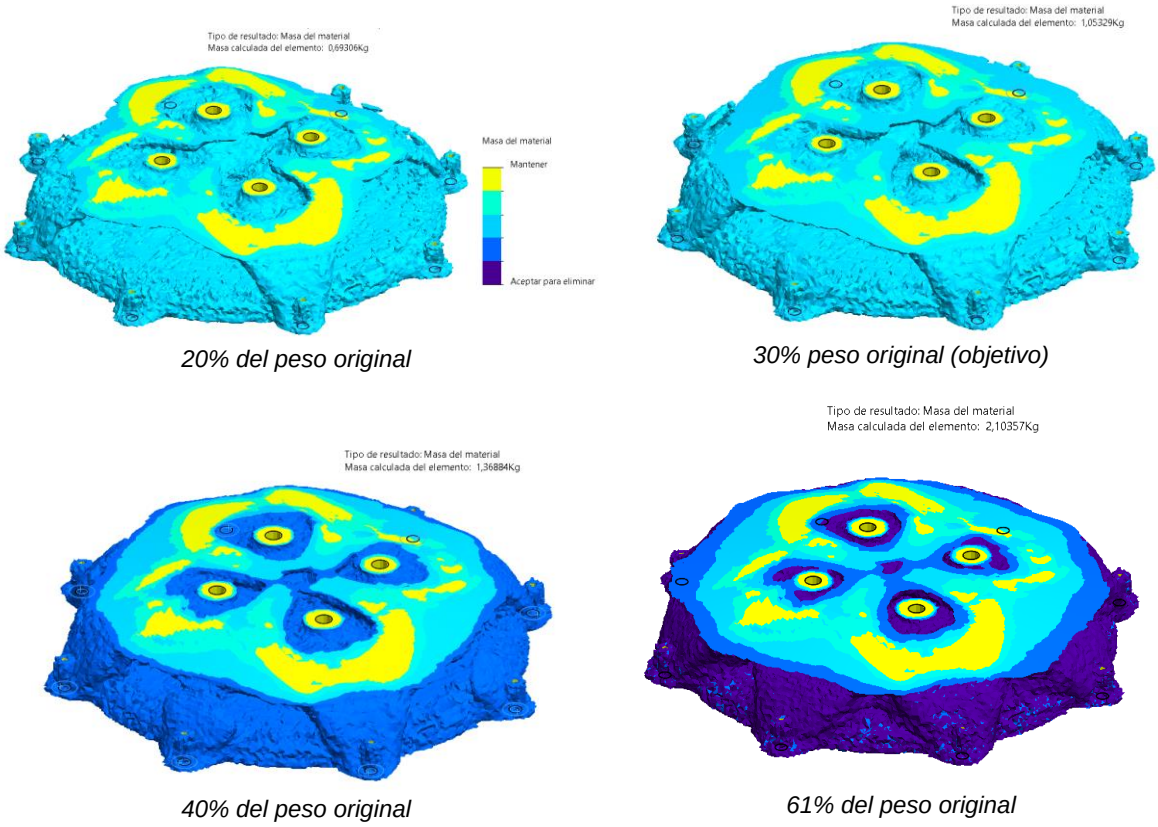


Figura 11: Convergencia de rigidez y de masa

1.1.8 Visualización de los resultados (Fig. 12)

En Resultados, el plot *Masa del material* nos muestra isovalores de las densidades de masas relativas de los elementos. Se puede controlar con un deslizante los valores de todos los elementos con densidades de masa relativas superiores a 0,3.

Es posible desplazar el control deslizante del isovalor hacia la derecha para eliminar un poco más la masa de la forma optimizada.



20% del peso original

30% peso original (objetivo)

40% del peso original

61% del peso original

Figura 12: Visualización de isovalores de densidad de masa

1.1.9 Cálculo de la malla suavizada (Fig. 13).

El programa crea superficies lisas de la forma optimizada, suaviza al máximo y asigna un color único. Se puede exportar los datos de malla suavizada de la forma optimizada como nueva geometría.

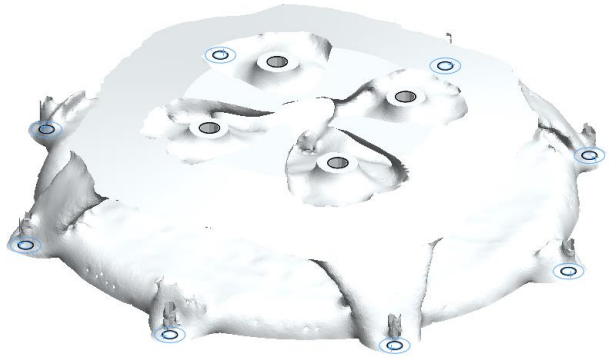


Figura 13: Cálculo de la malla suavizada

CONCLUSIONES

En este trabajo realizado sobre la carcasa superior de un generador eólico de eje vertical, el problema de máxima rigidez con restricción de volumen fue implementado usando el método de la optimización topológica. La solución utilizada para el desarrollo del cálculo proporcionó resultados coherentes. Las topologías obtenidas llevan, después de un proceso de interpretación, a piezas mecánicas más livianas, manteniendo una resistencia mecánica comparable. Se logró reducir entre 60-70% el peso de la pieza, conservando la forma resultante para fabricación aditiva o como base para un rediseño completo. Se dedujo que para piezas delgadas el método de OT sigue siendo aplicable pero a la vez no genera geometrías innovadoras, más bien coinciden con las formas utilizadas de un diseño de experiencia. Se observó una mayor cantidad de iteraciones para lograr la convergencia, debiéndose este incremento del "costo computacional" a la utilización del escenario de cargas variables aplicadas individualmente en las 4 direcciones principales del viento. Como trabajo a futuro se planea rediseñar la misma para adaptarla a procesos de fabricación convencionales. En este aspecto, el estudio topológico realizado nos da las pautas iniciales ya que sugiere que se pueden eliminar algunos agujeros de la brida inferior y generar nervios de unión entre los restantes y los agujeros superiores. Este trabajo es un primer paso para el diseño y posterior prototipo de un generador eólico de eje vertical para vientos de baja velocidad (mayores a 1,5 m/s) predominante en la región.

REFERENCIAS

[1] Bendsoe, M. P. & Sigmund, O. (2003). Topology Optimization: Theory, Methods and Applications. Berlín: Springer Verlag.

[2] Kikuchi, N., Nishiwaki, S., Fonseca, L. S. O. & Silva, E. C. N. (1998). Design optimization method for compliant mechanisms microstructure. Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. 151, 401-417.

[3] Nishiwaki, S., Frecker, M. I., Min, S. & Kikuchi, N. (1998). Topology optimization of compliant mechanisms using the homogenization method. Int. J. Numer. Meth. Engng. 42, 535 -559

[4] Timoshenko, S. & Goodier, J. (1970). Theory of Elasticity. New York: Mc Graw-Hill.

[5] Logan, D. L. (2007). A First Course in the Finite Element Method. Thompson, Canada.

[6] Carbonari, R. C. (2003). Projeto de atuado- res piezelétricos flextensionais usando o método de otimização topológica. Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

[7] Lin, J., Luo, Z. & Tong, L. (2010). A new multi-objective programming scheme for topology optimization of compliant mechanisms. Struct Multidisc Optim 40, 241-255.

[8] Tesis Doctoral "Optimización de forma y topología con malla fija y algoritmos genéticos" Dr. Ing. Mariano Victoria Nicolás - Cartagena, abril de 2006 Universidad Politécnica de Cartagena.

CONFECCIÓN DE UNA HERRAMIENTA PARA DIAGNOSTICAR EL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS

Rossetti, Germán; De Greef, Melisa; Arcusin, Leticia

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral
groseti@fiq.unl.edu.ar, mdegreef@fiq.unl.edu.ar, larcusin@fiq.unl.edu.ar

RESUMEN

Las organizaciones que poseen su Proceso de Desarrollo de Productos (PDP) sistematizado se benefician debido a que la estructuración de la Gestión del PDP trae aparejado ventajas significativas, ya que mejora la comprensión de las necesidades del cliente en las fases iniciales del desarrollo, facilitando el control de los costos, calidad y tiempos. En lo que respecta a empresas del sector metalmecánico, a través de observaciones y análisis preliminares, se puede concluir que muchas empresas presentan prácticas no sistematizadas relacionadas al PDP, y en los casos en que se observa algún grado de formalización, no existe el hábito de registrar ni sistematizar el PDP; así como también presentan desconocimiento de herramientas del PDP y de la Gestión de Proyectos. Esta realidad genera que las empresas utilicen recursos de forma ineficiente. En el presente trabajo, se diseña una herramienta de diagnóstico del PDP, para empresas pertenecientes al sector metalmecánico. Para su elaboración, se recurrió, por un lado, a un relevamiento bibliográfico en relación a modelos de Gestión del PDP y a definiciones de Niveles de Madurez, y por el otro, a la experiencia de los autores de este trabajo en otros sectores productivos, aportando la definición de variables, subvariables y categorías de análisis que permiten diagnosticar el Nivel de Madurez en el PDP de las empresas (Básico, Intermedio y Avanzado). A partir de la bibliografía analizada, se adaptó el instrumento de diagnóstico elaborado por los autores al sector metalmecánico. Futuros trabajos abordarán su aplicación en empresas metalmecánicas de la región Litoral.

Palabras Claves: Empresas Metalmecánicas – Proceso de desarrollo de productos – Herramienta – Diagnóstico.

ABSTRACT

Organizations that have their Product Development Process (PDP) systematized are benefited because the structuring of the PDP Management brings significant advantages, since it improves the understanding of the client's needs in the initial phases of development, facilitating costs, quality and time control. Regarding to metalworking sector, through preliminary observations and analysis, it can be concluded that many companies have non-systematized practices related to the PDP, and in cases where some degree of formalization is observed, there is no habit of register or systematize the PDP; as well as they present ignorance of PDP tools and Project Management. This reality causes companies to use resources inefficiently. In this paper, a diagnostic methodology is designed in relation to the PDP, for companies in the metalworking sector. For its elaboration, on one hand, a bibliographic survey was used in relation to PDP Management models and definitions of Maturity Levels, and on the other, the experience of the authors of this work in other productive sectors, contributing the definition of variables, sub variables and analysis categories that allow diagnosing the Maturity Level in the PDP of the companies (Basic, Intermediate and Advanced). From the analyzed bibliography, the diagnostic instrument developed by the authors was adapted to the metalworking sector. Future works will address the application of the tool in a group of metalworking companies of Litoral region.

Keywords: Metalworking Companies - Product development process - Tool- Diagnosis.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis del Proceso de Desarrollo de Productos (PDP) es de suma importancia para las empresas, especialmente para organizaciones donde el desarrollo tiene características particulares (por ejemplo, empresas metalmecánicas que desarrollan productos a pedido).

La bibliografía disponible presenta modelos que orientan el desarrollo, define niveles de madurez, propone herramientas para mejorar la gestión del PDP, pero se han encontrado pocos trabajos que aborden el desarrollo de metodologías y herramientas que permitan realizar un diagnóstico del "estado" del PDP en empresas u organizaciones.

Los autores de este trabajo, en estudios previos, han abordado el análisis de la gestión del PDP en empresas productoras de alimentos. Para tener un conocimiento de la situación de las empresas, al no contar con herramientas que permitan realizar un diagnóstico objetivo, procedieron a elaborar una metodología de diagnóstico: se realizaron numerosas entrevistas a directivos y responsables del PDP, aplicando un cuestionario semi-estructurado, y a partir de la sistematización de las respuestas se procedió a la creación de variables, subvariables y categorías de análisis, que permiten detectar el "estado" de situación del PDP en empresas. Dicho diagnóstico se utiliza para determinar el nivel de madurez de cada empresa, lo que permite implementar posteriormente acciones de mejora en el PDP.

El presente trabajo parte de un análisis bibliográfico del PDP en empresas del sector metalmecánico, y en base a la experiencia de los autores, busca revisar y adaptar las variables, subvariables y categorías al análisis de empresas del sector.

2. CONTEXTUALIZACIÓN DEL SECTOR

La industria metalmecánica comprende un diverso conjunto de actividades manufactureras que utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Asimismo, forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas. Esta industria es un eslabón fundamental en el entramado productivo de una nación, no sólo por su contenido tecnológico y valor agregado, sino también por su articulación con distintos sectores industriales. En otros términos, es llamada "Industria de Industrias" (Cabello, Perez Barcia, & Lifschitz, 2011)

En Argentina, la industria metalmecánica reúne alrededor de 20.000 establecimientos productivos, distribuidos principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, y en la ciudad Autónoma de Buenos Aires. En estas cuatro zonas se concentra el 90% del universo metalmecánico nacional. Este sector industrial se caracteriza por ser una cadena integrada principalmente por pequeñas y medianas empresas que también coexisten con grandes empresas, particularmente en el segmento de fabricación de maquinaria y equipos. El conjunto de trabajadores del complejo metalmecánico abarca aproximadamente un 20% del total de empleados de toda la industria manufacturera. Asimismo, representa un 11,5% del valor agregado bruto industrial, posicionándose como una de las actividades industriales que generan el mayor valor agregado (Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo, 2016).

Dentro del rubro maquinarias y equipos se centra la atención en el segmento productivo denominado ingeniería bajo pedido o sistema de producción tipo proyecto. En las empresas que realizan su producción bajo la modalidad de proyectos, los productos son únicos y responden a los requerimientos específicos de cada cliente. Como no todas las especificaciones del producto pueden ser estandarizadas debido a la diversidad de los mismos, el proceso productivo debe ser flexible en sus características y capacidades de trabajo, así como las habilidades del grupo de trabajo o del proyecto. La solución del problema se logra a través de la adaptación, el trabajo en equipo y la administración adecuada del proyecto para obtener un diseño coordinado. La mayoría de las empresas que basan su producción en proyectos aplican procesos de innovación, ya que deben encontrar soluciones tecnológicas en función de lo que demande el proyecto, de manera de desarrollar un producto condicionado por las especificaciones de sus clientes.

3. GESTIÓN DEL PROCESO DE DESARROLLO DE PRODUCTOS

En el contexto actual, las empresas que poseen ventajas competitivas centran sus objetivos en las variables costos, tiempo y calidad, principalmente en el PDP (Abu, 2012) (De Greef, 2017).

La Gestión del PDP implica la elección de una metodología de trabajo que comienza por la identificación de una necesidad insatisfecha hasta llegar a obtener un producto que la satisfaga de la mejor manera posible. Conlleva la realización de un conjunto de actividades, en las que deben intervenir mancomunadamente las áreas funcionales de la organización. Básicamente, todas las teorías del proceso de desarrollo de productos contemplan las siguientes etapas: a) concepción y desarrollo de la idea, b) evaluación de la idea y selección del producto, c) desarrollo e ingeniería del producto y del proceso, d) evaluación y prueba del diseño, e) producción del producto, f) lanzamiento y seguimiento y g) retiro del producto del mercado y/o innovación del mismo.

A lo largo de la historia, las teorías de Gestión del PDP se integraron desde formas de desarrollo de producto con énfasis en la tecnología a formas de desarrollo de producto con énfasis en el cliente y en los negocios. La interfuncionalidad entre las áreas de la organización que demandan estos nuevos enfoques del PDP debe ser gerenciada de modo proactivo.

Existen diversos modelos de PDP descriptos en la literatura. Entre los más utilizados, se puede citar Ulrich y Eppinger (2007), Pahl y Beitz (2007), Kotler y Armstrong (2008) y Rozenfeld (2006). Pahl y Beitz se enfocan en el área de ingeniería; Ulrich y Eppinger, y Kotler y Armstrong enfatizan en el área de marketing, y Rozenfeld presenta un análisis unificado de ambas disciplinas.

Cabe destacar que en la última década se comenzaron a implementar herramientas y técnicas de diferentes áreas de conocimiento que permiten agilizar los procesos de desarrollo de nuevos productos, entre ellas se pueden mencionar a las denominadas “metodologías ágiles” (Ries, 2011) (Gomez C. L., 2017). Estas metodologías surgieron a partir de la necesidad de las empresas de adaptarse y responder al cambio rápidamente, y por ello proponen un enfoque iterativo e incremental de desarrollo que, en algunos sectores de actividad, ha sustituido el desarrollo tradicional “en cascada” (Knapp J., 2019). Entre ellas, se destacan: Design thinking, una corriente del diseño centrada en el usuario/cliente, que permite extraer las necesidades reales del mismo, y diseñar el producto pensando en su experiencia; Agile (Scrum), que propone un proceso de co-creación a través del cual se involucra al cliente en el proceso de desarrollo del producto y Lean, una metodología para la sistematización en el proceso de validación que requiere cualquier innovación, exponiendo al cliente de forma temprana a lo relacionado con el diseño del modelo de negocio (Elejabeitia, 2018) (Alaimo & Salías, 2015) (Gothelf, 2017).

En función de la bibliografía relevada por el grupo de investigación, al momento Rozenfeld realiza la contribución más relevante del PDP en relación a las industrias metalmecánicas, presentando un modelo referencial en el cual separa el proceso en tres macro fases: pre-desarrollo, desarrollo y pos-desarrollo, y cada una de ellas, en fases, actividades y tareas. El modelo de Rozenfeld, que se desarrolló para el sector automotriz, se ha tomado como referente para estudios de otros sectores industriales. Se trata de un modelo unificado que se define como marco teórico, para luego desarrollar diversos Modelos Referenciales según el sector a analizar (modelo referencial para el sector alimenticio, metalúrgico, plástico, etc.). En la figura 1 se expone un esquema sintético que presenta las Macrofases y Fases del Modelo.

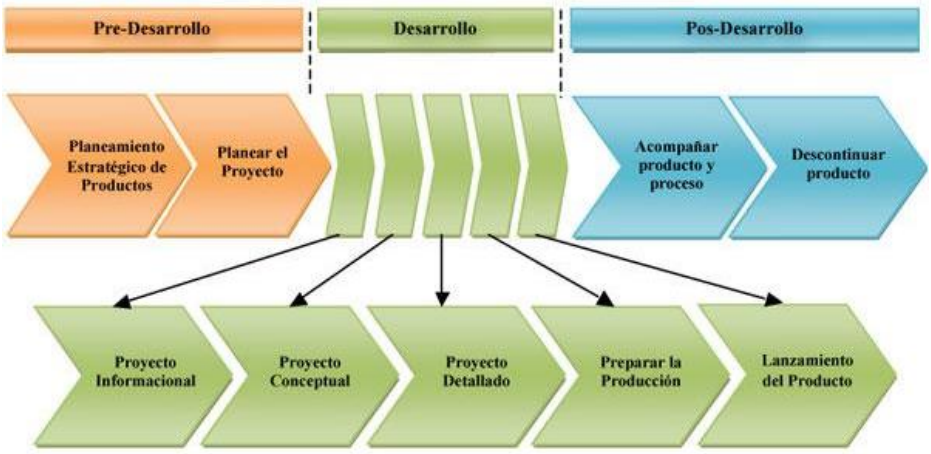


Figura 1. Modelo de Referencia para la Gestión del PDP propuesto por Rozenfeld.

4. NIVELES DE MADUREZ

El Nivel de Madurez, siguiendo a (Chrissis, 2009), consiste en las mejores prácticas que abarcan el ciclo de vida del producto, desde su concepción hasta la entrega, seguimiento y su eventual retiro del mercado. El estudio de los Niveles de Madurez (Durango Yepes, 2014) permite diagnosticar el proceso de la empresa (nivel actual) y guiar a los responsables sobre formas de intervención para alcanzar un rendimiento superior (Kerzner, 2002).

Existen modelos de madurez propuestos por autores y organismos, que presentan diferentes escalas de clasificación. Este trabajo considera los Modelos de Rozenfeld y propone la siguiente clasificación de Niveles de Madurez del PDP:

Elemental: Se realizan sólo algunas actividades esenciales del PDP. Los requisitos del producto son definidos de forma intuitiva, y se realiza un esbozo del producto en relación a esas características. Existe una integración inicial entre la planificación estratégica de la empresa y el producto, aunque es informal y por medio del diálogo, teniendo en cuenta la experiencia de los responsables. La entrega del producto se efectúa con escasa planificación y el seguimiento del producto se limita a recepcionar eventuales reclamos. Muchas de las actividades están orientadas a cumplir la legislación vigente, y el desarrollo de productos no se concibe como un proceso de negocio.

Intermedio: Se realizan las actividades más relevantes de cada fase del proceso, y de manera repetitiva. Además de definir requisitos del producto, se desarrollan prototipos y se evalúan (análisis técnicos, comerciales y financieros), aunque de forma no sistemática. La empresa piensa en un portfolio de productos, analizando cada proyecto de forma relativa. La empresa comienza a aplicar los conceptos de aprobación de fase (gates). La planificación de la entrega es más elaborada, y se efectúan algunas actividades de acompañamiento (comparación de valores pronosticados y reales). El PDP comienza a concebirse como un proceso de negocio, y se llevan a cabo iniciativas simples para mejorar el proceso, sin un abordaje sistemático.

Avanzado: Se realiza la mayoría de las actividades propias de un proceso estructurado. Se definen requisitos de producto en función a estudios pormenorizados del cliente y del entorno, se realizan prototipos y pruebas piloto/en planta, que son evaluados en detalle (análisis técnicos). Se suman también análisis económicos, financieros, comerciales y legales, en forma sistemática. Se realiza una planificación del proceso y se cronograman todas las acciones en forma detallada. La gestión del portfolio se realiza en forma integrada con la planificación estratégica de la empresa. Las estrategias de entrega son planificadas y las actividades de seguimiento en el mercado son formalmente realizadas, designándose responsables del acompañamiento de producto que monitorean constantemente variables clave. El PDP es considerado un proceso central del negocio.

5. HERRAMIENTA DE DIAGNÓSTICO

A partir de los modelos de referencia mencionados, y en base a trabajos realizados por los autores en el sector alimenticio, se procede a adaptar un instrumento de diagnóstico que, definiendo variables, subvariables y categorías, permitirá determinar la situación actual de las empresas en relación al PDP. La Tabla 1 expone las variables, subvariables y categorías construidas.

Tabla 1. Variables, subvariables y categorías de Diagnóstico. Elaboración propia.

Variable	Subvariable	Categorías
ESTRUCTURA DE DESARROLLO Relevancia que la organización otorga al PDP en términos de	**1. Formalización del área** Existencia de un área específica.	**Básico:** No existen áreas o departamentos de desarrollo/ingeniería.
		Informal: Existe en el organigrama, nivel secundario: existe un área o departamento de desarrollo/ingeniería (tercer o cuarto nivel jerárquico).
		Formal: Existe en el organigrama, nivel prioritario: existe un área o departamento de desarrollo/ingeniería (segundo o tercer nivel jerárquico).
		Básico: Unipersonal. El proceso recae en una persona.

estructuras materiales.	**2. Composición del área** Personas involucradas y modo en que se lleva adelante el proceso.	**Informal:** Existe un grupo de personas que gestionan las nuevas ideas de productos. No obstante, las personas que participan varían a lo largo del proceso.
		Formal: Existe un equipo de trabajo que es responsable de desarrollar, aprobar y gestionar las nuevas ideas de productos. El equipo es estable a lo largo del proceso.
ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente al PDP.	**PRE-DESARROLLO**	*Actividades relacionadas a aspectos estratégicos.*
	3. Planificación estratégica y de productos Alineación entre el planeamiento del PDP y el plan estratégico.	**Básico:** La estrategia general de la empresa se centra en la experiencia/intuición de los directivos, y el desarrollo de productos sigue la misma lógica.
		Informal: La empresa tiene algunos objetivos estratégicos e intenta orientar el PDP hacia esas metas, revisando y actualizando la cartera de productos.
		Formal: La planificación estratégica de la empresa considera la planificación del PDP, lo que permite atender objetivos corporativos a través del desarrollo de productos.
	4. Análisis del entorno Análisis del mercado y de la empresa.	**Básico:** No existen análisis sistemáticos; las posibilidades que el entorno o la empresa pueden brindar al PDP surgen a partir de la experiencia o intuición o de sugerencias.
		Informal: Cada cierto período de tiempo se recolecta información sobre el entorno y sobre posibilidades técnicas de la empresa buscando detectar oportunidades.
		Formal: Existe un análisis estructurado de variables del entorno (clientes/usuarios, competidores, proveedores, patentes) y de los procesos de la empresa.
	5. Proceso de generación y selección de ideas Recolectar información, generar ideas de nuevos productos y seleccionarlas.	**Básico:** La generación y selección de ideas se da en forma espontánea (durante alguna reunión o haciéndolas llegar a el/los encargado/s).
		Informal: Se realizan reuniones para generar ideas, y la selección se da luego de relevar algunas condiciones generales (factibilidad técnica y posibilidad comercial).
		Formal: Se utilizan técnicas para la generación de ideas (Brainstorming, Análisis FODA, Benchmarking) e investigación de patentes/avances científico tecnológicos. La selección de las ideas a desarrollar requiere de un análisis cuantitativo y cualitativo.
	6. Evaluación y aprobación de las ideas Análisis de la oportunidad de la/s idea/s selecciona-da/s, y su viabilidad	**Básico:** Luego de la selección de la/s idea/s, la aprobación se da por un proceso de votación, basado en la experiencia de los participantes, sin demasiadas evaluaciones.
		Informal: Se procede a aprobar las ideas de acuerdo a ciertos criterios preestablecidos (capacidad técnica, demanda a atender, productos competidores).
		Formal: Existe un procedimiento estandarizado para evaluar las ideas desde aspectos estratégicos, comerciales, financieros y técnicos. La aprobación de las ideas se da luego del análisis de la información y cuenta con una serie de pasos formalizados.
ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas	**DESARROLLO**	*Actividades relacionadas a transformar la oportunidad en producto*
	7. Desarrollo de concepto y evaluación Traducir la idea en especificaciones de producto.	**Básico:** No existen actividades que vinculen oportunidades comerciales/necesidades con especificaciones de producto. Aprobada la idea, el proceso continúa con propuestas preliminares de posibles soluciones, para pasar a la elaboración de prototipos o directamente a la línea de producción.
		Informal: Existen actividades orientadas tanto a la investigación de las necesidades y requisitos del producto,

específicamente al PDP.		como a diseño de soluciones, aunque varían entre cada idea de producto y no siguen una secuencia estructurada.
		Formal: Existe un procedimiento estandarizado para avanzar en el desarrollo del concepto del producto. La aprobación se da luego del análisis pormenorizado de la información y cuenta también con una serie de pasos formalizados.
	8. Realización y evaluación de prototipo Prueba en escala reducida, continuando el proceso con uno o pocos prototipos.	**Básico:** Se realizan algunas pruebas básicas en talleres/plantas piloto y otras son tercerizadas. La evaluación consiste fundamentalmente en observar si se logran resultados.
		Informal: Se realizan mayoritariamente pruebas en talleres/plantas piloto propios, y se evalúan a partir de una serie de análisis establecidos, pero no siguen una secuencia estructurada. El o los prototipos que continúan el proceso son elegidos fundamentalmente a partir de la experiencia de los encargados del desarrollo.
		Formal: Existen numerosos pasos estandarizados para las pruebas, que deben ser documentadas y desarrolladas en talleres/plantas piloto propios (excepto análisis complejos, donde se evalúa en detalle la contraparte), dado el énfasis en la confidencialidad. Expertos evalúan las propiedades físicas y mecánicas de los productos, contando con pasos y documentación para la evaluación. El o los prototipos que continúan el proceso son elegidos en base a estas evaluaciones.
	9. Análisis de viabilidad Implica, a partir del prototipo, un análisis comercial, financiero y técnico más preciso.	**Básico:** El análisis se basa fundamentalmente en fijar algunos costos para evaluar si el precio final resulta competitivo respecto a productos similares.
		Informal: Existen análisis que brindan mayor información para decidir la continuidad del desarrollo, donde participan encargados de diferentes áreas (comercial, producción, finanzas) pero varían entre cada producto y no son estructurados.
		Formal: Existen pasos estandarizados para evaluar las ideas desde aspectos estratégicos, comerciales, financieros y técnicos.
ACTIVIDADES REALIZADAS EN RELACIÓN AL PDP Actividades que lleva adelante la empresa relacionadas específicamente al PDP.	**10. Evaluación del prototipo y preparación de la producción** Evaluación: análisis de vida útil y de estabilidad	**Básico:** La evaluación consiste fundamentalmente en observar si se logran resultados aceptables, y concluye con la aprobación del producto por parte de organismos correspondientes. Según la industria, comienza la producción para su entrega.
		Informal: Se realizan los análisis, pero varían entre cada producto y no siguen una secuencia estructurada. Además de cumplir la normativa, se elaboran otros informes (registro del producto y del proceso, especificaciones de calidad para proveedores, etc).
		Formal: Existen numerosos pasos estandarizados para las actividades de evaluación que deben ser debidamente documentados. Los expertos continúan la evaluación para corroborar que se mantiene la calidad de los productos, y los pasos y documentación involucrada se encuentran estructurados. Existen normas para la homologación y registro del proceso y del producto.
	11. Entrega del producto	**Básico:** La estrategia se basa en ofrecer el producto a partir de distribuidores o puntos de ventas con los que la empresa trabaja asiduamente.

	Desarrollar estrategias de distribución, ventas, publicidad, etc.	**Informal:** Existe un análisis de los puntos de venta, algunas estrategias de venta (por ej., material publicitario y testeo en puntos de venta) pero varía en cada producto.
		Formal: Se realiza un análisis pormenorizado de los canales de distribución y comercialización, y se detalla la estrategia de entrega correspondiente a cada uno de ellos.
	POSDESARROLLO	*Actividades relacionadas a evaluar el desempeño del producto en el mercado.*
	12. Evaluación de la satisfacción de los clientes Satisfacción del cliente para retroalimentar el PDP	**Básico:** En forma pasiva. Eventualmente se reciben reclamos de clientes y se busca solucionarlos, pero el aprendizaje no siempre se vuelca en mejoras en el proceso.
		Informal: Además de recibir y tratar los reclamos, se busca relevar información mediante conversaciones con vendedores o distribuidores, pero son informales.
		Formal: Existen canales y mecanismos para evaluar la satisfacción del cliente que deben cumplimentarse como parte del PDP. La información se recolecta en forma estandarizada y sirve para retroalimentar el proceso.
	13. Desempeño del producto Monitoreo sobre aspectos comerciales, productivos y servicios.	**Básico:** Se analiza solo el nivel de ventas del producto para decidir su continuidad.
		Informal: Se realizan análisis comerciales y técnicos contrastando lo planificado con el desempeño, pero sin un patrón determinado ni sistematización.
		Formal: Se monitorea el producto en aspectos comerciales, productivos y servicios pos venta en forma estructurada y sistematizada. Énfasis en detectar oportunidades.
14. GATES "Puntos de decisión" en etapas críticas, que permiten decidir continuar, redireccionar o suspender el desarrollo.		**Básico:** Existen básicamente dos Gates, que surgen por necesidad de direccionar el PDP, sin sistematización: avanzar con la prueba de ideas, y aprobar la entrega del producto.
		Intermedio: El proceso cuenta con algunos puntos de decisión establecidos a partir de la experiencia, y si bien en cada nuevo desarrollo se enriquecen los criterios de aprobación, no existen pasos previstos para su formalización.
		Formal: Los puntos de decisión se encuentran estandarizados: existen pautas para que se puedan llevar a cabo (reuniones y entregas con fechas previstas y conocidas en función de las actividades, participantes necesarios, informes requeridos, etc.). Los Gates retroalimentan los criterios de evaluación en función de cada nuevo desarrollo.
15. CRONOGRAMA Lista de elementos terminales del proyecto con fechas de inicio y fin.		**Básico:** No existen cronogramas y, en ocasiones, se pactan fechas tentativas; el PDP avanza según las disponibilidades de los encargados.
		Informal: Se pacta un cronograma tentativo, pero no se documenta ni se realiza un seguimiento estricto del mismo.
		Formal: La elaboración del cronograma es un paso fundamental del PDP, y suele realizarse a partir de una Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). Una vez establecido, existen encargados de monitorear el progreso del proyecto.
COMUNICACIÓN Mecanismos de intercambio de información interna.	**16. Reuniones**	**Básico:** Si bien pueden existir algunas reuniones pautadas, las personas se reúnen espontáneamente para resolver cuestiones relativas al PDP, generalmente en el transcurso de su trabajo diario.
		Informal: Las reuniones entre los involucrados en el PDP son convocadas con cierta antelación y cuentan con preparación, pero se realizan en la medida de lo necesario.

		Formal: El PDP cuenta con reuniones estandarizadas en los diferentes momentos del proceso, están previstas en el cronograma.
	17 Flujo de Información Formas usadas: canal (oral o escrito) y utilización de los registros (individual/ compartido).	**Básico:** La información circula fundamentalmente en forma oral; los registros se utilizan en forma individual y eventualmente se comparten vía correo electrónico.
		Informal: Si bien la información circula en forma oral, se tiende a emplear canales escritos. Los registros se utilizan de forma individual y compartida (vía e-mail).
		Formal: Se utilizan principalmente canales escritos. Los registros se comparten en red (vía intranet o servicios *en la nube*).
18. DOCUMENTACIÓN Tipos de documentos que la empresa elabora y utiliza para el PDP, incluyendo nivel de estandarización y almacenamiento		**Básica:** Se elabora solo la documentación obligatoria por los organismos correspondientes. Los documentos no se encuentran estandarizados y no existen pautas de almacenamiento de la información. **Informal:** Se suman otros documentos, en diferentes fases (Planificaciones, Informes de resultados y específicos de los Análisis realizados) que no siguen patrones estandarizados. Se almacenan los documentos relevantes, a cargo de los encargados del proceso, dependiendo de ellos la posibilidad de recuperar información a futuro.
		Formal: Existen documentos para la mayoría de las actividades y decisiones del PDP. Los formatos se encuentran estandarizados. Un aspecto relevante del PDP es el almacenamiento de la información, que facilite su posterior consulta.

Se debe notar que en las distintas etapas del proceso de desarrollo de productos, las empresas del sector metalmecánico podrían estar aplicando “metodologías ágiles” para llevar a cabo algunas o todas las actividades propias del PDP. Por tal motivo, en el momento en que se aplique el instrumento de diagnóstico presentado, a través de un cuestionario semi-estructurado, se incluirán preguntas asociadas específicamente a la utilización de metodologías ágiles, de manera de detectar qué etapas se desarrollan utilizando este tipo de prácticas y cuán avanzado está el sector en el conocimiento de las mismas.

6. CONCLUSIONES.

El presente trabajo tuvo por objetivo, a partir del relevamiento bibliográfico y de la experiencia del grupo de investigación, adaptar una herramienta de diagnóstico del Proceso de Desarrollo de Productos de elaboración propia a empresas del sector metalmecánico. A partir de ello, se observa que las variables, subvariables y categorías definidas resultarán de utilidad para efectuar el diagnóstico, dado que presentan la suficiente amplitud para reflejar la situación actual del PDP en empresas diversas. Próximos trabajos abordarán los resultados de la aplicación de la herramienta en ciertas organizaciones productivas del sector radicadas en la región Litoral.

7. REFERENCIAS

Abu, N. e. (2012). The pre-development process implementation of product innovation. *International Journal of Business and Management Science.*

Alaimo, M., & Salías, M. (2015). *Proyectos Ágiles con Scrum.* Buenos Aires: Kleer.

Cabello, A., Perez Barcia, V., & Lifschitz, E. e. (2011). *Análisis del complejo industrial metalmecánico.* Buenos Aires: Universidad Nacional de San Martin.

Chrissis, M. K. (2009). *Guía para la integración de procesos y la mejora de productos.* Madrid: Pearson Eduación.

De Greef, M. A. (2017). Management of the Process of Development of Products: Study of the Levels of Maturity in Food Industries. *Iberoamerican Journal of Project Management, vol. 8, n° 2*, 94-117.

Durango Yepes, C. Q. (2014). Metodología para evaluar la madurez de la gestión del conocimiento en empresas colombianas. *Tecnura, v. 19, n. 43*, 20-36.

Elejabeitia, J. (2018). *Coaching con Design Thinking.* Madrid: Nextyou.

Gomez C. L., A. A. (2017). *Métodos Ágiles, scrum, kanban, lean.* Madrid: Anaya Multimedia.

Gothelf, J. (2017). *Lean vs. Ágile vs. Design Thinking.* USA: Gothelf Corp.

Kerzner, H. (2002). *Gestão de Projetos. As Melhores Práticas.* Porto Alegre: Bookman.

Knapp J., Z. J. (2019). *Sprint el método para resolver problemas y testear nuevas ideas en sólo cinco días.* Barcelona: Penguin Random House.

Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses.* Nueva York: Crown Publishing.

Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo, M. d. (2016). *Informes de Cadena de Valor.* Buenos Aires.

Agradecimientos

Los autores agradecen la contribución económica brindada por la ANPCyT, a través del FONCyT (PICT 2020 - SERIE A 003533) y a la UNL (PI CAI+D 2020 - 50620190100030LI).

Optimización de la fibra textil animal: Prototipo de desarrollo

Carrizo, Blanca; Arcidiácono, Marcelo; Abet, Jorge, Bonaiutti, Ricardo

Dpto. Ing. Industrial e Ing. Mecánica, UTN - FRC.
bcarrizo@frc.utn.edu.ar, marcidiacono@frc.utn.edu.ar, jabet@frc.utn.edu.ar,
rbonaiutti@frc.utn.edu.ar

RESUMEN

El Proyecto “Optimización de producción textil animal a partir de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático” comenzó sus actividades en el año 2020 con el objetivo de proporcionar un método automático de extracción de características biomecánicas para la clasificación de fibras textiles de origen animal y la consecuente obtención y medición de parámetros específicos que permitieran determinar un valor de calidad”.

El aporte fundamental de la propuesta en lo que hace a innovación tecnológica radica en el hecho de que los instrumentos automáticos actuales de análisis de fibras son costosos y presentan algunas dificultades técnicas en la medición de fibras bajo condiciones adversas.

Por ello, en una fase más avanzada, se aborda el diseño de un prototipo para el desarrollo de una aplicación que permita utilizar, de forma automática las métricas obtenidas en la etapa anterior para la determinación de la calidad de la fibra textil de origen animal, con la finalidad de transferir el mismo tanto a la comunidad científica como al ámbito tecnológico computacional.

Palabras Claves: análisis de datos, desarrollo web, aplicación.

ABSTRACT

The Project "Optimization of animal textile production from the application of automatic learning algorithms" started its activities in 2020 with the objective of providing an automatic method of extraction of biomechanical characteristics for the classification of textile fibres of animal origin and the consequent obtaining and measuring of specific parameters that allow to determine a quality value.

The fundamental contribution of the proposal in terms of technological innovation lies in the fact that current automatic fiber analysis instruments are expensive and present some difficulties in measuring fibers under adverse conditions.

For this reason, in a more advanced phase, a prototype is design for the development of an application that allows the automatic application of obteined metrics to determine the quality of textile fiber of animal origin, with the aim of transferring the same both to the scientific community and to the computational technological field

Keywords: data analysis, web development, application

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “Optimización de producción textil animal a partir de la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático” comenzó sus actividades en el año 2020 con el objetivo de proporcionar un método automático de extracción de características biomecánicas para la clasificación de fibras textiles de origen animal y la consecuente obtención y medición de parámetros específicos que permitan determinar un valor de calidad.

Es importante mencionar que el comercio internacional de fibras sufre pocas regulaciones y básicamente responde a la oferta y demanda. Argentina históricamente ha sido muy competitiva en el mercado mundial de lanas La competitividad se basa en el volumen que ofrece el país, el bajo costo de producción y la alta calidad.

Los bajos costos de producción se deben a la localización de la producción en ambientes de pastizales naturales y manejo extensivo con bajo nivel de insumos. La calidad de las lanas más finas patagónicas se centra en un muy buen grado de blanco y brillo, pureza, bajos niveles de contaminación vegetal y buena suavidad y en el caso de las fibras de los camélidos silvestres el país tiene grandes oportunidades considerando que es primero en población de guanacos y segundo en vicuñas.

Sin embargo, el acceso del productor medio a tecnología para obtener información precisa y relevante que le permita contar con una ventaja competitiva es escaso.

La evolución de la adopción tecnológica es lenta en los sistemas ganaderos extensivos. Los principales avances esperables a mediano plazo son la especialización y la intensificación de la producción que incluye el uso de nuevas tecnologías y métodos de comercialización más sofisticados. Estos avances se basan en el uso de tecnologías de información y comunicación (TICs) para mejorar la información y capacitación de todos los actores de la cadena.

En particular se espera que la comercialización de fibras y de animales progresivamente se base en evaluaciones objetivas y que esa información, junto a la de mercado esté al alcance del productor.

En este contexto, en colaboración con el laboratorio del SUPPRAD (Sustentabilidad Productiva para Productores Rurales en Áreas Desfavorecidas) que proporciona acceso a sus equipos de laboratorio para la captura de imágenes que conforma el set de datos con los que se trabaja se se desarrollaron técnicas que permitieron identificar con mayor precisión y al menor costo posible el tipo de fibra que constituye la estructura anatómica o producto textil, así como sus características morfológicas, proporcionando descriptores válidos para el análisis y aplicación de metodologías de mejoramiento genético y usos industriales.

En esta etapa de desarrollo, interactuando con los distintos actores del proyecto, se diseña un prototipo de software para la captura de imágenes en la zona productiva, pre y pos procesamiento y obtención de resultados estadísticos basados en las métricas obtenidas en el proyecto anterior para contribuir a la toma de decisiones que permitan aplicar políticas de desarrollo y mejoras biológicas e industriales.

1.1. Ámbito de aplicación del prototipo

Existen actualmente en la región distintas economías en desarrollo que demandan este producto principalmente productores textiles en áreas desfavorecidas que desconocen la calidad de lana producida por los camélidos andinos en estos sistemas y dependen del asesoramiento y análisis de expertos y/o laboratorios.

En una etapa previa el objetivo fue evaluar la calidad de la lana proveniente de majadas distribuidas en la región bajo estudio, enfocada en comunidades rurales de Jujuy.

Se estableció un convenio con el Ministerio de Desarrollo y Producción de Jujuy para llevar adelante, en forma conjunta, la implementación de dichos resultados en un prototipo de software que permitiera aplicar las métricas obtenidas en la etapa previa de investigación (diámetro promedio y curvatura, por ejemplo) para determinar la calidad e la fibra textil poniendo, dichos resultados, al alcance del productor rural. Esta herramienta de análisis respaldaría igualmente a las investigaciones científicas que organismos como el SUPPRAD lleva adelante para intervenir en proyectos de Desarrollo y Promoción Humana.

Es importante mencionar, además, que los algoritmos de procesamiento que han sido probados pueden ser aplicados no sólo a la industria textil sino a una gran variedad de procesos que involucren

el reconocimiento de patrones morfológicos en fibras naturales y sintéticas y la determinación de aquellos descriptores cuyo valor generen un alto impacto en sus propiedades físicas y/o mecánicas.

2. DESARROLLO

A partir del muestreo de 20 individuos, se obtuvieron muestras de vellón de aproximadamente 10 gr de la región central del costillar con una tijera de esquilar estándar. Las muestras fueron enviadas y tratadas en los laboratorios del CEMETRO de la UTN-FRC. Fueron fotografiadas con una lente y equipo estándar para la obtención de imágenes que luego fueron procesadas para el la obtención de la métricas antes mencionadas.

Se calcularon frecuencias relativas medias y errores estándar ponderados por los tamaños de majada. Además, se realizó una prueba de homogeneidad de proporciones en los caracteres para la población y una prueba de independencia para verificar su asociación con la majada. Con estos datos se obtuvieron resultados que permitieron validar la calidad de la fibra textil. Estos resultados y las técnicas aplicadas fueron publicadas en congresos nacionales.

2.1. Diseño del prototipo.

En esta etapa de desarrollo, en el marco del convenio con Ministerio de Desarrollo y Producción de Jujuy, se propone el diseño de un prototipo de software que permita automatizar el trabajo previo.

El diseño del prototipo se plantea en 3 etapas:

2.1.1. Primera Etapa

La captura de imágenes *in situ* es de vital importancia para el correcto procesamiento y la obtención de resultados confiables, en ese orden, se escribirá un protocolo de captura indicando la gama de aparatos estándar que pueden ser utilizados. En la mayoría de los casos una cámara de celular de gama media con la incorporación de un dispositivo de fácil construcción que permita fotografiar una muestra bajo condiciones de distancia/foco estandarizada. El funcionario desigando por el Ministerio de Desarrollo y Producción de Jujuy se encargaría de la capacitación del productor rural y la provisión del equipo necesario según se describirá en el mencionado protocolo.

La iluminación, la distancia y la cantidad de megapixeles se fijan, con un margen aceptable, según las pruebas y resultados obtenidos en el laboratorio. De esta manera se estandariza la imagen que será procesada automáticamente por el software.

2.1.2. Segunda Etapa

Un equipo de desarrollo escribirá el código que permita cargar la imagen capturada, validarla y enviarla a un servidor remoto para su procesamiento. El software, en construcción, se desarrolla bajo un esquema GNU de Software Libre, con React JS. La interfaz de usuario podrá ser accedida desde una terminal y/o dispositivo móvil on-line u off-line que facilite la tarea de carga aún en zonas donde la conexión a Internet sea deficiente o nula. Tanto el funcionario del Ministerio de Desarrollo y Producción de Jujuy, como el productor rural podrán cargar una o más imágenes (on-line u off-line) y luego enviarlas para procesar (cuando tengan conexión) y recibir un reporte estadístico del resultado del procesamiento.

Será tarea, además, del equipo de desarrollo, enlazar dicha aplicación al programa escrito en Java que procesa la imagen, identifica los patrones previstos (tipos de fibras medibles) y obtiene los resultados en crudo (diámetros promedio y desviación y curvatura por fibra) siendo la aplicación la que calculará un resumen estadistico que reportará en varios niveles de agrupación (por animal, majada, productor y región) para posterior análisis y decisiones futuras para implementar políticas de mejora y desarrollo.

2.1.3. Tercera Etapa

Se espera que la usabilidad y carga de datos en la aplicación, permita desarrollar un módulo de trazabilidad para poder determinar si las políticas de desarrollo y mejoras aplicadas resultan positivas y/o es necesario realizar ajustes y correcciones.

3. CONCLUSIONES.

La propuesta del presente trabajo contribuye, notablemente, a acercar la tecnología al productor rural que lleva adelante su industria en áreas georgráficas desfavorecidas y que le permitiría verificar descriptores confiables para soportar métricas de calidad de la fibra. De igual forma, permitirá a los organismos gubernamentales conducir planes y formular recomendaciones viables para evitar la degradación de los recursos naturales y soslayar problemas de pobreza, marginalidad, emigración, desarraigo, etc.

Constituye, además, una herramienta útil y accesible que dará respaldo a las investigaciones científicas que organismos como el SUPPRAD lleva adelante para intervenir en proyectos de Desarrollo y Promoción Humana equipando tecnológicamente la condición actual de los productores rurales de escasos recursos y acceso tecnológico con un proceso de capacitación y apoyo continuo en el uso del software.

El aporte fundamental de la propuesta en lo que hace a innovación tecnológica radica en el hecho de que los instrumentos automáticos actuales de análisis de fibras son costosos y presentan algunas dificultades en la medición de fibras en condiciones adversas y la posibilidad de que estos llegen a estas áreas rurales es escasa.

La detección y reconocimiento del tipo de fibras, sumado a la posibilidad de interacción con el proceso de medición y el resultado directo a través de una aplicación simple y de fácil acceso permitiría alcanzar una mayor calidad productiva.

La propuesta del diseño e implementación del prototipo, atraería la atención no sólo de la comunidad científica en el ámbito tecnológico computacional, sino de empresas y organismos cuyos programas de sustentabilidad productiva en base a la comercialización de fibras textiles, contarían con una herramienta útil, económica y más accesible.

4. REFERENCIAS.

Abet, J., Arcidiácono, M., Carrizo, B., & Lorenzo, C. (2021). Optimización de la Producción Textil Animal: Estudio de viabilidad Técnico-Económica. *XIV COINI 2021*, (págs. 503-5012). Buenos Aires.

Amaya, J., & Von Thüngen, J. (2001). Cría de guanacos en semi-cautividad. *Comunicación Técnica INTA.* Bariloche.

Amendolara, D. (2001). Manejo y uso sustentable de la vicuña en condiciones de semicautiverio en la Puna Argentina. *Tesis de Maestria - Universidad Internacional de Andalucía*, (pág. 128). Jaén, España.

Antonini, M., Pacheco, C., Coeli, E., Pazzaglia, I., & Valbonesi, A. (2018). Efecto del doble corte en la calidad del vellón y en la actividad folicular en Alpacas (Llama Pacos).

Arcidiácono, M., Abet, J., Carrizo, B., Enamorado, S., & Rubiolo, G. (2020). Optimización de la calidad de la producción textil animal aplicando algoritmos de aprendizaje profundo. *XIII COINI 2020*, (págs. 109-114). San Rafael.

Cancino, A., Abad, M., Taddeo, H., & Sacchero, D. (2008). Producción de fibra de guanaco (Lama Guanicoe) criados en diferentes ambientes de Río Negro. *Revista Argentina de Producción Animal 29 (Supl. 1)*, (págs. 235-236).

Cancino, A., Rebuffi, G., & Aller, J. (2001). Producción de llamas en el CEA INTA Abra Pampa. *Seminario sobre posibilidades de desarrollo de productos agroindustriales en el NOA, orientados a nichos de mercado.* Jujuy: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

Frank, E., & Whebe, V. (1993). Producción y comercialización de fibra de camélidos argentinos domésticos. *INTA*, (págs. 81-96). Bariloche.

Paz, R., Sossa Valdez, F., H., L., Echazu, F., & Califano, L. (2010). Diversidad, mercantilización y potencial productivo de la Puna Jujeña. *EEA INTA Abra Pampa*, (pág. 80). Salta-Jujuy.

PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE LITIO GRADO BATERÍA

Gonzalez Viescas, Patricio; Salguero, Lucas; Benaroya, Danilo; Bernasconi, Franco; Fornetti, Giuliano

Cátedra Trabajo Final, Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Mendoza.
patricio.gonzalez@um.edu.ar; lucasisalguero@gmail.com

RESUMEN

El presente proyecto de inversión se basa en la producción de carbonato de litio grado batería (superior al 99,5% de pureza), que representa aproximadamente el 48% del consumo global de litio.

El Proyecto plantea una fuerte inversión en la zona del salar Olaroz y sus inmediaciones, provincia de Jujuy, trayendo así un mejor desempeño a nivel industrial y reflejando una mejora significativa en la cantidad y calidad de empleo desde un punto de vista socioeconómico y cultural.

Se plantearon 3 estudios. Estudio de Mercado, Estudio Técnico, Estudio Económico Financiero.

En el Estudio de mercado se realizó la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización. El objetivo general de este estudio fue verificar la posibilidad real de penetración del producto en un mercado determinado. Adicionalmente, se determinó si las características y especificaciones del producto correspondían a los que desearían los potenciales clientes. En el Estudio Técnico, se realizaron los estudios de Ingeniería de proyecto, Tamaño y Localización del proyecto. El primer paso fue definir el proceso de obtención del carbonato de litio más adecuado con el objetivo del proyecto. El segundo paso, fue determinar todos los recursos físicos y humanos necesarios en cada una de las operaciones del proceso. La capacidad máxima del proyecto de 30.000 Tn/año. La inversión total del proyecto asciende a USD 432.469.989.

Palabras Claves: Litio, Carbonato de Litio, Batería.

ABSTRACT

This investment project is based on the production of battery-grade lithium carbonate (greater than 99.5% pure), which represents approximately 48% of global lithium consumption.

The Project proposes a strong investment in the Olaroz salt flat and its surroundings, province of Jujuy, thus bringing better performance at the industrial level and reflecting a significant improvement in the quantity and quality of employment from a socioeconomic and cultural point of view.

Three studies were proposed. Market Study, Technical Study, Financial Economic Study.

In the market study, the determination and quantification of demand and supply, the analysis of prices and the study of marketing were carried out. The general objective of this study was to verify the real possibility of product penetration in the market. Additionally, it was determined if the characteristics and specifications of the product corresponded to what potential customers would like. In the Technical Study, the studies of Project Engineering, Size and Location of the project were carried out. The first step was to define the process for obtaining the most suitable lithium carbonate for the purpose of the project. The second step was to determine all the physical and human resources needed in each of the process operations. The maximum capacity of the project is 30,000 tons/year. The total investment of the project amounts to USD 432,469,989.

Keywords: Lithium, Lithium Carbonate, Battery

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo presentar una alternativa de inversión sobre la fabricación un producto que presenta y presentará una alta demanda y sobre el cual hay muchas posibilidades de encarar proyectos. El producto es el carbonato de litio grado batería (superior al 99,5% de pureza) Figura 1, para lo cual se han desarrollado los siguientes estudios, inicialmente se desarrollo un estudio de mercado que permitirá determinar la demanda futura del producto y sus potenciales usos, a continuación, se elaboró un estudio técnico, compuesto por un estudio de ingeniería de proyecto, en el cual se describirán las diferentes operaciones con completarán el proceso productivo, para así definir los recursos físicos necesarios para la instalación de la planta, previos al "momento 0" y su posterior operación comercial durante el Periodos de Evaluación del Proyecto **(PEP)**, un estudio de localización y la determinación del tamaño del proyecto. A continuación, se determinaron el monto de inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, la determinación de los costos posteriores al **momento "0"**(Momento de Entrada en Operación Comercial); Con esta información se pudieron determinar de los indicadores de rentabilidad del proyecto.

Figura 1: Carbonato de Litio grado batería

2. ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo general de este estudio fue la de verificar la posibilidad real de penetración del producto en un mercado determinado y para prever una política adecuada de precios, estudiar la mejor forma de comercializar el producto y contestar la pregunta, ¿Existe un mercado viable para el producto que se pretende elaborar?

2.1. OBJETIVOS:

los objetivos del Estudio de mercado fueron:

- Ratificar la existencia de una necesidad insatisfecha en el mercado, o la posibilidad de brindar un mejor servicio que el que ofrecen los productos existentes en el mercado.
- Estimar la cantidad de producto proveniente de una nueva unidad de producción que la demanda estaría dispuesta a adquirir a determinados precios.
- Conocer cuáles son los medios que se emplean para hacer llegar los bienes al consumidor.
- Como último objetivo, tal vez el más importante, dar una idea al inversionista del riesgo que su producto corre de ser o no aceptado en el mercado.

El producto por elaborar y vender es el Carbonato de Litio (Li2CO3), siendo éste, el primer compuesto de la cadena de valor del litio y que representa aproximadamente el 48% de la demanda global.

2.2. EL LITIO

El litio, de símbolo químico Li y número atómico 3, es el primer metal de la tabla periódica. Con una gravedad específica de 0,534; es el metal más liviano de todos. En su forma pura es un metal blando, de color plateado a blanco, pero como es altamente reactivo nunca se encuentra de esta manera en la naturaleza.

Las fuentes potenciales de litio proceden de diferentes maneras como se puede ver en la figura 2.

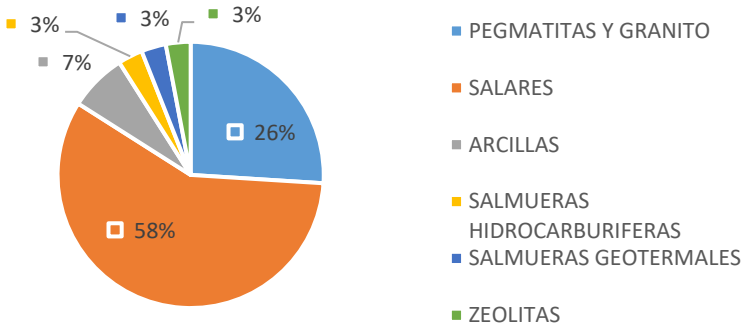


Figura 2: Distribución de las reservas de litio según tipo de depósito[1]

El litio se puede procesar para formar distintos químicos según su uso final, y sus compuestos muestran una amplia variedad de propiedades beneficiosas: Posee el potencial electroquímico más alto de todos los metales, un coeficiente extremadamente bajo de expansión térmica, características de fundente y catalíticas. En la figura 3 podemos observar cómo ha evolucionado el uso del litio en los últimos años y la proyección para el año 2026.

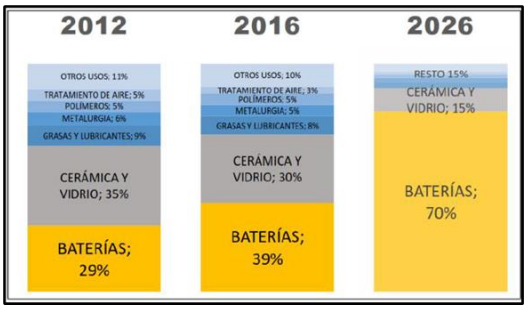


Figura 3: Evolución de los usos finales de Litio

La capacidad total instalada en Argentina fue de 35.500 t/año de LCE. Según se desprende de información pública de los operadores, Orocobre planea para los próximos años duplicar su capacidad desde las 17.500 toneladas actuales hasta las 35.000 - 42.500 toneladas, aprovechando la infraestructura actual. Al mismo tiempo, existen varios proyectos con diferente grado de avance que podrían estar operando en los próximos 5 años: Entre los que se encuentran los siguientes

- **Lithium Americas**, con una capacidad proyectada de 50.000.
- **Galaxy Resources,** con una capacidad proyectada de 25.000 t/año.
- **Eramet,** con una capacidad proyectada de 20.000 t/año.
- **Enirgi Group**, con una capacidad proyectada de 20.000 t/año.

Además de estos proyectos más avanzados, en existen 10 proyectos en etapa de exploración avanzada, 12 en exploración inicial y otros 17 en etapa de prospección. Como convención, los reportes de la industria realizan los cálculos productivos y de demanda en términos de carbonato de litio equivalente (LCE), presentándose en la tabla 1, la equivalencia correspondiente :

[1] . LITIO EN LA ARGENTINA Oportunidades y desafíos para el desarrollo de LA CADENA DE VALOR, 2017, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bid-litio-final.pdf

Tabla 1: Cálculos productivos en términos de LCE[2]

	Conversión a Li	Conversión a Li_2CO_3
Litio Li	1	5,323
Carbonato de Litio Li_2CO_3	0,188	1
Cloruro de Litio LiCl	0,163	0,871
Hidróxido de Litio Monohidratado $LiOH.H_2O$	0,165	0,880

Otro aspecto tenido en cuenta en el estudio fue identificar la disponibilidad de salares con Litio en Argentina, ver figura 3; como así también la proyección de producción de litio en, ver figura 4, lo cual nos aseguraba disponibilidad de materia prima para el proyecto

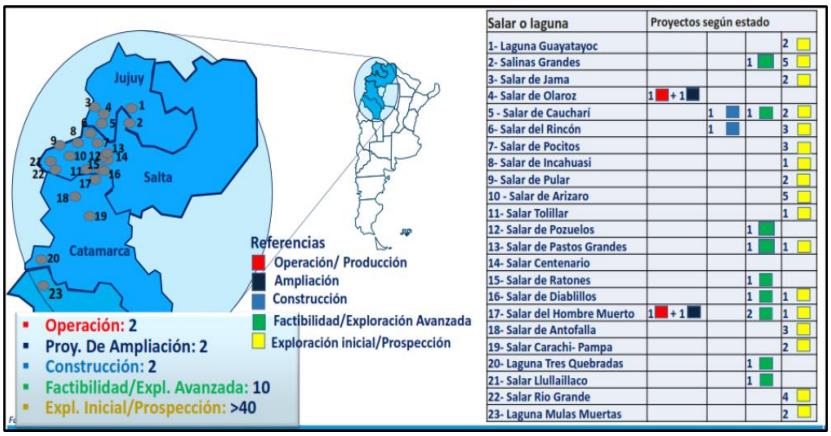


Figura 4: Relevamiento de estado de Proyectos en salares de Argentina

Analizando la proyección de producción de LCE al 2029 con el ingreso de principales proyectos, se puede estimar que para el año 2029, se alcanzarían 420.000 toneladas[3]. En cuanto a las exportaciones, el carbonato de litio representa una importante fuente de divisas para el país. En 2016 las exportaciones ascendieron a 191,1 millones de dólares (FOB), un incremento del 111% respecto de 2015. El diferencial se explica en un incremento del 50,7% en los volúmenes exportados (principalmente por la producción de Olaroz) y un alza del 45,3% en los precios. De mantenerse la tendencia en los precios y ponerse en marcha algunos de los proyectos en desarrollo, las exportaciones de derivados de litio podrían superar los 800 millones de dólares en los próximos años[4] , siendo los destinos más probables Estado Unidos, Corea del Sur, Bélgica, Japón y China.

2.3. MERCADO META

Por el momento, el principal objetivo, que incentiva la producción de este compuesto, es la exportación de este. Por consiguiente, se procede a analizar el mercado externo, siendo éste, la meta del presente proyecto y concluyendo que el mercado consumidor estará enfocado en la industria de fabricación de baterías, las cuales se encuentran principalmente en Europa. También [5]se procedió a realizar un estudio FODA, donde la principal fortaleza detectada fue “La cantidad de recursos minerales en los salares del NOA convierten a Argentina en un país atractivo para la explotación del litio”. La principal oportunidad es: “Un futuro dinámico de la demanda del volumen mundial de litio debido a la tendencia actual del desarrollo de baterías de litio y vehículos eléctricos”., la principal debilidad detectada es: “La ubicación geográfica alejada de los países consumidores de

[2] Mercado Internacional del Litio y su Potencial en Chile, informe COCHILCO 2018, https://www.cochilco.cl/Paginas/Estudios/Mercados%20de%20metales%20e%20insumos%20estrat%C3%A9gicos/Litio.aspx

[3] Ibidem 1

[4] Ibidem 1

[5] Ibidem 1

productos de litio hace más difícil la participación en un mercado altamente globalizado y de productos específicos", y finalmente la amenaza más importante es: "Mercado internacional: Se proyecta un aumento significativo de la capacidad productiva en otros países a través de proyectos en desarrollo".

2.4. PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

A partir del trabajo realizado y atendiendo a la situación futura de fabricación de baterías se procedió a la estimación de la demanda mundial proyecta de LCE.

En el gráfico de la figura 7, y en la tabla 2, se presenta la demanda proyectada de carbonato de litio al 2025, pudiéndose ver la evolución de los usos finales.

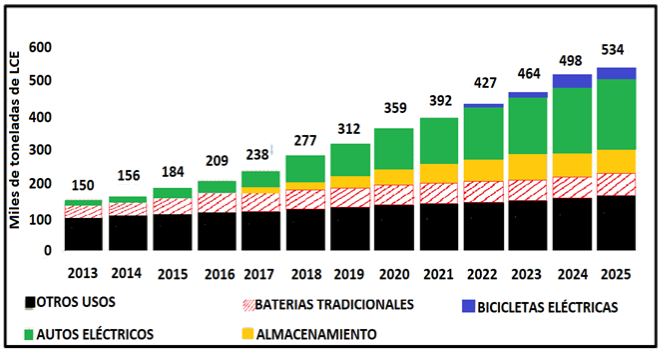


Figura 7: Demanda de LCE, según los usos finales[7]

Tabla 2: Demanda LCE [6]

Demanda Estimada LCE	
AÑO	miles de Tn
2012	143
2013	150
2014	156
2015	184
2016	209
2017	238
2018	277
2019	312
2020	359
2021	392
2022	427
2023	464
2024	498
2025	534

2.5. PRECIO DEL LCE

El precio de referencia en el mercado, por tratarse de la forma más comercializada, es el de la tonelada de carbonato de litio equivalente (LCE).

Los precios del litio han escalado, especialmente en el último año y medio, promediando en 2017 los 13.000 USD por tonelada de LCE. El precio de referencia para el desarrollo del presente proyecto se fijará en **7.760 USD por tonelada**, intentando ser conservador, para dar margen a posibles fluctuaciones del precio. Además, se podrá demostrar que aún a precios más bajos que los de mercado, es absolutamente rentable la explotación de este mineral.

3. INGENIERIA DE PROYECTO.

Cerca de la década de los 80 y 90, la producción de carbonato de litio comienza a desarrollarse mediante investigaciones y desarrollo de planta piloto. Donde el producto producido se utilizaba para la industria farmacéutica y aditivos para industrias del vidrio y cerámica, principalmente.
Posteriormente, el litio toma protagonismo como metal favorito para la industria de las baterías, lo que generó una revolución en torno a su producción a gran escala, de manera que se avanza a gran paso sobre el desarrollo de técnicas de extracción y purificación del mineral. Por ende, las alternativas de producción de carbonato de litio son diversas actualmente, sin embargo, muchas de ellas se encuentran en etapa de investigación o patentamiento.
Argentina cuenta con amplias reservas de litio contenido en salmueras naturales, posicionándose, así como unos de los principales productores y exportadores de litio a nivel global. Si bien se espera que en el futuro la cadena de valor crezca dentro del país, hoy en día los proyectos referidos al litio están centrados en la producción primaria para exportación.

[6] *Elaboración propia con datos MINEM en base a Deutsche Bank-marzo 2017*

[7] idem

El presente proyecto se enfoca en la extracción, refinamiento y producción de carbonato de litio, con la intención de obtener un producto grado batería, capaz de ser insertado en el segmento de la industria masiva de fabricación de baterías ión-litio.

3.1. MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DE LITIO A PARTIR DE SALMUERAS.

El litio proveniente de salmueras viene acompañado, por lo general de magnesio, calcio, potasio, sodio y cloro, entre otros. Por lo que es necesario desarrollar un proceso de separación eficiente y seguro para el medio ambiente, para ello existen diversas formas de aislar el litio disuelto en dichas salmueras.

Cabe aclarar, que el carbonato de litio es el primer compuesto de la cadena de valor del litio grado batería (99,5% de pureza) y por tal motivo representa el mayor porcentaje de la demanda global. Posteriormente, este compuesto es convertido en cloruro de litio, para luego obtener metal elemental. Entonces, se puede decir que es válido comparar, la producción de carbonato, con producciones de otros compuestos más directos de litio, ya que su fin último es el mismo. A continuación, veremos dos principales procesos de obtención de este producto.

3.1.1. Producción de cloruro de litio a través de electro reactor.

El método de producción de cloruro de litio a través de electro reactor es diseñado por un investigador argentino, el cual promete un proceso eficiente y de bajo costo ya que funciona a energía solar y no depende de insumos químicos, no genera efluentes y tienen una gran selectividad.

La obtención del cloruro de litio consiste en utilizar un reactor electroquímico con dos electrodos, uno selectivo de iones litio y el otro selectivo de iones cloruro. Ambos electrodos se ponen en contacto con la salmuera que contienen cloruros de litio, magnesio, potasio, sodio, etc. Y se induce una corriente eléctrica por la cual se extraen los iones de litio de cloruro. En un segundo paso se reemplazar la salmuera por una solución de cloro y litio. El cambio de polaridad de los electrodos, resultando en la eliminación de cloruro y litio sin afectar el resto de las componentes, incluyendo el agua. Actualmente se encuentra en proceso de solicitud de patente en EEUU, Argentina y Bolivia.

3.1.2. Producción de carbonato de litio mediante eliminación de impurezas por métodos de precipitación.

Es el método más conocido y aplicado en la producción de carbonato de litio a partir de salmuera.

Principalmente consiste en la evaporación mediante radiación solar con la intensión de concentrar la salmuera desde el 0,081% de litio aproximadamente hasta el 3,6%. El proceso primario de evaporación dura entre 12 a 18 meses donde se obtienen precipitados con sales de otros minerales de valores comerciales que se utilizan en otras industrias.

Luego de la concentración de salmuera en piletas de evaporación, se procede a l Producción de carbonato de litio mediante eliminación de impurezas por métodos de precipitación a planta de beneficio donde se elimina, en primera instancia, el magnesio el cual compite con a la obtención del producto final. El magnesio es removido en etapas de cristalización reactiva mediante el uso de reactivos como hidróxido de sodio, hidróxido de calcio y carbonato de sodio, entre otros. El solido obtenido en este proceso es principalmente el carbonato de magnesio e hidróxido de magnesio el cual es separado y acondicionado en una última etapa para obtener carbonato de litio. El beneficio de implementar el este método es de obtener una alta confiabilidad.

En primera instancia el proceso del electroractor es la mejor alternativa a la producción desde un punto de vista económico y sustentable. Por otro lado, tiene grandes inconvenientes a nivel operativo. Esto debido a que encuentra en una etapa de desarrollo de ingeniería, por tal motivo se procede al deseño de la planta mediante el procedo tradicional de concentración y precipitación.

3.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE LITIO.

En el siguiente apartado se desarrollará el proceso de obtención de carbonato de litio grado batería mediante el proceso de concentración y precipitación. A continuación, en la Figura 8 se muestra el

diagrama de flujo de bloques del proceso, para esquematizar las distintas operaciones involucradas, en atención a no extender el trabajo, se omite la descripción detallada de las operaciones y finalmente se presenta el diagrama de flujo de procesos.

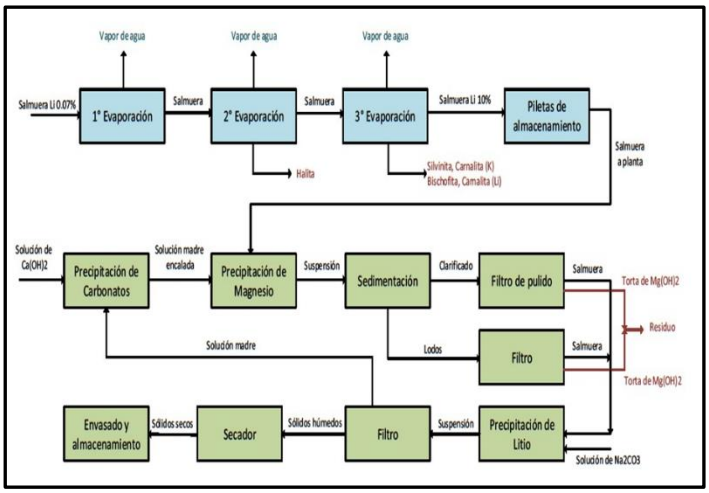


Figura 8 Diagrama de flujo de la producción de Carbonato de Litio grado batería.

Se realizaron balances de masa para los 2 procesos principales

- Balance general de piletas de concentración, en la figura… y en la tabla… se pueden observar los resultados correspondientes Figura 9 y Tabla 4

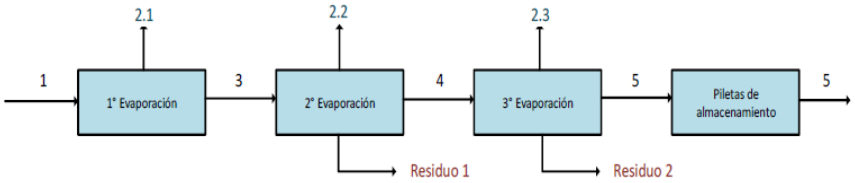


Figura 9: diagrama del balance de masa de las piletas de concentración de salmuera

Tabla 4: Resultado del balance de masa piletas de concentración de salmuera

- Balance general de planta de beneficio, en la figura 10 y en la tabla 5 se pueden observar los resultados correspondientes

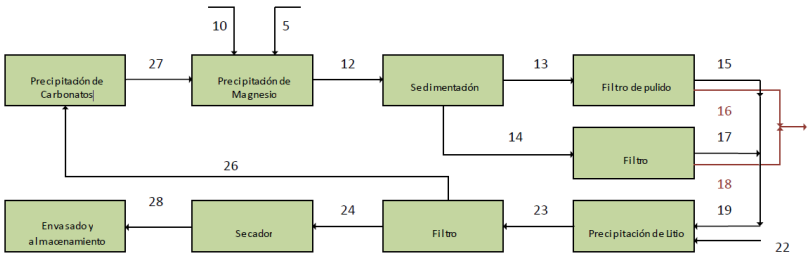


Figura 10: diagrama del balance de masa de la planta de beneficio

A partir de esta información se procedió a la definición de los recursos físicos necesarios, terreno, edificios, mano de obra, servicios (principalmente agua, combustibles, transportes), máquinas y equipos, a los fines descriptivos en las siguientes tablas enunciamos los requerimientos de agua, combustible, mano de obra y máquinas y equipos

Tabla 6: Requerimiento de agua

Requerimiento de Agua			
	Consumo anual (lts)	Origen	Seguridad de abastecimiento
ıo	52.560.000	Rio Rosario (Jujuy)	Óptima
ial	237.600.000	Rio Rosario (Jujuy)	Óptima

Tabla 7: Requerimiento de combustible

Requerimiento de Combustible			
tible	Consumo anual (lts)	Proveedor	Seguridad de abastecimiento
el	100.000	YPF	Óptima
ı	60.000	YPF	Óptima

Tabla 8: Requerimiento de Mano de obra

Requerimiento de Mano de obra	
de Producción, calidd y logística	220
de Administración	45
de Ventas	11
de Medio ambiente	24
TOTAL	**300**

Tabla 9: Requerimiento de Máquinas y Equipos

Máquinas y Equipos		
N° de Orden	Denominación	Cantidad
P001	Bombas sumergible p/salmuera	20
P002	Bombas centrífuga	18
P003	Bombas tornillo	2
P004	Tanque mezclador	2
P005	Reactor químico	3
P006	Sedimentador	2
P007	Filtro de Banda / Pulido	3
P008	Tornillo sin fin	3
P009	Empaquetadora	1
P011	Secador rotatorio	1
P012	Cinta transportadora	1
P013	Generador de energía eléctrica	9
P014	Tanque almac. De agua	3
P015	Caldera	1
P016	Silos CaO	3
P017	Planta reductora de presión	1
P018	Autoelevadores	4
P019	Retroexcabadora	4
P020	Cargadora	2
P021	Camiones de carga	10
P022	Planta potabilizadora	1
P023	Camionetas	10
P024	Tanque Almac. Combustibles	4
P025	Red de incendios	1

3.3. CRONOGRAMA DEL PROYECTO.

El siguiente es cronograma en el que se deben realizar todas las actividades necesarias para poner en marcha el proyecto y comenzar con su operación comercial, el tiempo necesario para realizar todas las tareas es de 3 años, como se observa en la Figura11.

	Año -2				Año -1				Añi 0			
	Trimestre				Trimestre				Trimestre			
Actividades	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
obtención de créditoss												
Obras civiles												
Infraestructua de servicios												
Concentración de salmuera												
Compra Máquinas y Equipos												
Montaje Planta de Benef.												
Puesta en Marcha												

Figura 11: Cronograma del proyecto

4. TAMAÑO.

En este tipo de proceso, durante las etapas de exploración se realizan estudios geofísicos e hidráulicos para determinar la capacidad de las napas con salmuera y la tasa con que la salmuera se repone en estas napas, como así también se realizan conjuntamente estudios climáticos de la región, para poder finalmente determinar a través de esta batería de estudios, los siguientes parámetros clave:

- Capacidad, calidad y vida útil del yacimiento
- Tamaño Mínimo Económico del emprendimiento
- Diseño óptimo de las pozas de evaporación

Tanto la capacidad productiva del emprendimiento como el diseño más adecuado de loas pozas de evaporación dependen en principio de la capacidad, calidad y vida útil del yacimiento.
Para el presente proyecto, se han tomado aproximaciones obtenidas por los actuales operadores ubicados en la región NOA y se ha determinado que el yacimiento propuesto podrá estar operativo durante 30 años a un ritmo promedio de producción de 30.000 toneladas de carbonato de litio anuales.
Para lograr la capacidad de producción estimada, se calcula un área superficial de pozas de evaporación, que alcanza las 381 hectáreas. La producción anual de Carbonato de Litio irá aumentando progresivamente en dos periodos de dos años cada uno y un último periodo de 4 años como muestra la tabla 10.

Tabla10: Plan de producción

PLAN DE PRODUCCIÓN			
AÑO	CAP. MAX	PROD.	% CAP. MAX
1	30000	6000	20%
2	30000	12000	40%
3	30000	18000	60%
4	30000	24000	80%
5	30000	30000	100%

5. LOCALIZACIÓN.

La región de Argentina, donde se ubican las reservas de litio en salmuera, está en el noroeste formando parte de lo que comúnmente se denomina, el triángulo del litio. Las provincias implicadas son Catamarca, Salta y Jujuy. Para el alcance académico de este proyecto se asume que le proyecto puede estar localizado en alguna de las zonas de interés.
Cabe destacar que actualmente, Argentina cuenta con 19 proyectos mineros para explotación del recurso en distintos grados de avance, de las cuales, las dos operaciones que se encuentran operativas, Mina Fénix y Salar de Olaroz, cuentan con planes de expansión de sus capacidades de producción a 20.000 y 25.000 toneladas de LCE adicionales. Por otro lado, solo el proyecto de Cauchari – Olaroz se encuentra en la etapa de construcción. Se hace necesario entonces, orientar la búsqueda de la localización del proyecto, bajo el supuesto de que, ya se han concretado exitosamente las etapas de prospección y exploración en todas las zonas y además ninguna de ellas se encuentra concesionada. Si bien, es un caso alejado de la realidad, es la única manera de poder escoger una localización, bajo los criterios de selección utilizados.
Los proyectos para plantas de tratamiento de minerales se caracterizan por una gran inflexibilidad en la determinación de la localización. Esto se debe, principalmente a que las instalaciones de beneficio deben estar en la zona donde se extrae la materia prima, dado que, en la mayoría de los casos, transportar los volúmenes extraídos de mineral, hasta una localización alejada del yacimiento, es muy costoso. Ubicar de manera ventajosa una planta de extracción y beneficio de minerales, requiere una serie de etapas que buscan caracterizar técnica y económicamente, la viabilidad de explotación de la zona en cuestión, de otra forma, no hay manera de saber si será factible el proyecto.
Las etapas que atraviesa un proyecto minero son: Prospección, exploración, concesión, construcción y operación, cierre
En base a estas etapas y los factores más relevantes que influyen en la locación de un proyecto minero, como por ejemplo la Ley del mineral, tamaño y vida útil del yacimiento, factores climáticos, topografía, estructura legal e impositiva, entre otros, se determina la ubicación del proyecto en el Salar de Olaroz en la Provincia de Jujuy.

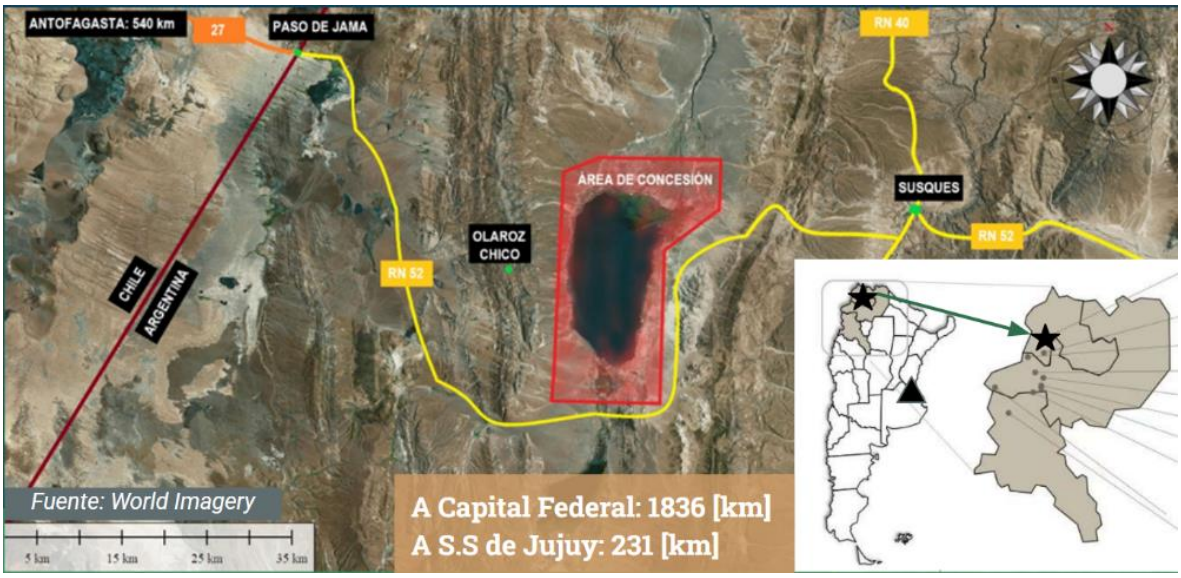


Figura 12. Ubicación del yacimiento seleccionado.

6. INVERSIONES DEL PROYECTO.

En este apartado se indicará el monto tota de inversiones a realizar previo al momento "0" del proyecto y el momento en que se deben realizar las inversiones, ver Tablas 11, 12, 13, 13 y 15.

Tabla11: Inv. Activos fijos

Inversiones en Activos fijos	
Rubro	USD
Obras civiles	267.097.980
Infraestructura	25.000.000
Equipos e Instalaciones Industriales	69.151.375
Montaje y Puesta en marcha	13.830.275
Muebles y Utiles	360.000
TOTAL	**375.439.630**

Tabla 12: Inv. Act. Intangibles

Inversiones en Activos Intangibles	
Rubro	USD
Estudios de Ingeniería	450.000
Gastos hasta la puesta en marcha	750.000
Gastos de organización	80.000
Patentes	10.000.000
EIA y Marco legal	5.000.000
TOTAL	**16.280.000**

Tabla 13 Inv. Capital de trabajo

Inversiones en Capital de Trabajo	
Rubro	USD/año
Insumos	32.460.604
Salarios	3.501.485
Energía	3.893.718
Seguros	16.892
Servicios	708.000
TOTAL	**40.580.699**

Tabla 14: Inversión Total

Inversión Total	
Rubro	USD
Activos Fijos	375.439.630
Activos Intangibles	16.280.000
Capital de Trabajo	40.580.699
TOTAL	**432.300.329**

Tabla 15: Cronograma de inversiones

Cronograma de Inversiones del proyecto			
Año	**-2**	**-1**	**0**
Inversiones en Activos fijos			
Obras civiles	260.260.230	6.837.750	
Infraestructura	14.500.000	10.500.000	
Equipos e Instalaciones Industriales			69.151.375
Montaje y Puesta en marcha			13.830.275
Muebles y Utiles			360.000
Inversiones en Activos Intangibles			
Estudios de Ingeniería	450.000		
Gastos hasta la puesta en marcha			750.000
Gastos de organización	80.000		
Patentes	10.000.000		
EIA y Marco legal	5.000.000		
Inversiones en Capital de Trabajo			
Captial de Trabajo			40.580.699
Total	**290.290.230**	**17.337.750**	**124.672.349**

7. INGRESOS, COSTOS y EVALUACIÓN DEL PROYECTO.

Teniendo en cuenta las cantidades que surgen del plan de producción y ventas y el precio adoptado para la venta de 7.760 USD /Tn, se pudieron determinar los ingresos proyectados durante los 10 año de evaluación del proyecto, Tabla 16.

Tabla 16: Ingresos proyectados del proyecto

	Ingresos por venta									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tn / Año	6.000	12.000	18.000	24.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
USD / Año	46.560.000	90.326.400	135.489.600	180.652.800	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000

Así también se pudieron determinar los costos de producción y los costos de administración y comercialización proyectados, Tabla 17.

Tabla 17: Costos proyectados del proyecto

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concepto	20%	40%	60%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costo de Producción	11.871.704	23.743.408	35.615.112	47.486.616	59.358.520	59.358.520	59.358.520	59.358.520	59.358.520	59.358.520
Costo de Adm. y Comerc.	1.299.115	2.598.229	3.897.344	5.196.459	6.495.573	6.495.573	6.495.573	6.495.573	6.495.573	6.495.573
Costo Total	**13.170.819**	**26.341.637**	**39.512.456**	**52.683.075**	**65.854.093**	**65.854.093**	**65.854.093**	**65.854.093**	**65.854.093**	**65.854.093**

Finalmente se procedió a la elaboración del Flujo Neto de Caja, Tabla 18, que permitiera determinar los indicadores de rentabilidad del proyecto, Tabla 19, se utilizaron el Valor Actual Neto, la Tasa interna de Retorno y el Periodo de Recupero de la Inversión, para lo cual se buscó y eligió una tasa de descuento del 3% en dólares, obteniendo los resultados indicados.

Tabla 18: Flujo Neto de Caja del proyecto

	Periodos (años)										
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
% Actividad	0%	80%	80%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Inversiones	-432.300.329										
Ingresos por venta		46.560.000	90.326.400	135.489.600	180.652.800	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000	225.816.000
costo de producción		-11.871.704	-23.743.408	-35.615.112	-47.486.616	-59.358.520	-59.358.520	-59.358.520	-59.358.520	-59.358.520	-59.358.520
Resultado Bruto		34.688.296	66.582.992	99.874.488	133.166.184	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480
Costo adminstrativo y comercialización		-1.299.115									
Flujo de Caja antes de impuestos EBITDA		33.389.181	66.582.992	99.874.488	133.166.184	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480	166.457.480
Depreciaciones		-18.620.459	-18.620.459	-18.620.459	-18.620.459	-18.620.459	-15.854.404	-15.854.404	-15.854.404	-15.854.404	-15.854.404
Flujo de Caja antes de impuestos EBIT		14.768.722	47.962.533	81.254.029	114.545.725	147.837.021	150.603.076	150.603.076	150.603.076	150.603.076	150.603.076
Impuestos (Imp a las ganancias)		-5.169.053	-16.786.887	-28.438.910	-40.091.004	-51.742.957	-52.711.077	-52.711.077	-52.711.077	-52.711.077	-52.711.077
Flujo de Caja		9.599.669	31.175.646	52.815.119	74.454.721	96.094.064	97.891.999	97.891.999	97.891.999	97.891.999	97.891.999
Liquidación activos fijos											375.439.630
liquidación activo de trabajo											40.580.699
Depreciaciones		18.620.459	18.620.459	18.620.459	18.620.459	18.620.459	15.854.404	15.854.404	15.854.404	15.854.404	15.854.404
Flujo Neto de Caja (FNC)	-432.300.329	28.220.128	49.796.105	71.435.578	93.075.180	114.714.523	113.746.403	113.746.403	113.746.403	113.746.403	529.766.732

Tabla 19: Indicadores de rentabilidad del proyecto

Tasa de descuento	3%
VAN	629.098.880
TIR	18%
PRI:	6 años

8. CONCLUSIÓN.

A raíz de lo analizado en el presente trabajo para la producción del carbonato de litio a partir de salmuera, se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- Si bien el Proyecto requiere una alta inversión, se evidencia que posee una atractiva rentabilidad en un mercado joven y con alta expectativa de crecimiento.
- Provee una alternativa a las fuentes no renovables de energía que generan un impacto ambiental negativo. Presentando un fuerte mercado de cara a las energías renovables y el desarrollo sustentable.
- Refleja una mejora significativa en la cantidad y calidad de empleo desde un punto de vista socioeconómico.

9. REFERENCIAS.

9.1. LITIO EN LA ARGENTINA Oportunidades y desafíos para el desarrollo de LA CADENA DE VALOR, 2017, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/bid-litio-final.pdf

9.2. Mercado Internacional del Litio y su Potencial en Chile, informe COCHILCO 2018, https://www.cochilco.cl/Paginas/Estudios/Mercados%20de%20metales%20e%20insumos%20estrat%C3%A9gicos/Litio.aspx

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la cátedra de Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Industrial, y a las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mendoza, por todo el apoyo recibido durante la elaboración del presente Trabajo Final de carrera.

PLATAFORMA PARA EL INGRESO Y EGRESO DE PACIENTES A UNA PILETA DE NATACIÓN

Neira, Rodolfo; Lurgo, Gerardo; Cavallo, Julián; Gribaudo, Franco; Neira, R. (H)

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional.
rodolfoneira8@gmail.com
slurgo@arnet.com.ar
JACavallo@teco.com.ar
francog_utn@hotmail.com
neirarodolfo@yahoo.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se presenta el avance en la construcción de una plataforma para ingreso y egreso a una pileta de natación destinada a pacientes con distintas patologías. La integración social en procesos de recreación devuelve las expectativas a los pacientes, permitiendo disminuir todos los trastornos ocasionados por una pasividad prolongada o un aislamiento forzoso. Se ha demostrado que esta plataforma favorece no solo a la salud corporal sino también posee un importante alcance psicológico desde lo emocional, vincular; que supera las posibilidades otorgadas por las terapias de kinesiología-fisiatría, neurológicas y, repercute vigorosamente en la recuperación del usuario. A la vez, el uso de una plataforma disminuye de manera significativa los trastornos biomecánicos del personal afectado en el proceso de integración y recuperación de la persona brindándole una herramienta fundamental de apoyo para la disciplina a desarrollar. De este modo la problemática de la integración social se la trata de un modo interdisciplinario donde no sólo se centra en la atención exclusiva del paciente, sino que también incluye al personal auxiliar como profesores de educación física y acompañantes terapéuticos.

Palabras Claves: Plataforma, Integración, Paciente, Pileta de natación

ABSTRACT

This paper presents the progress in the construction of a platform for entry and exit to a swimming pool for patients with different pathologies. Social integration in recreation processes restores expectations to patients, allowing all disorders caused by prolonged passivity or forced isolation to be reduced. It has been shown that this platform favors not only bodily health but also has an important psychological scope from the emotional, bonding; that exceeds the possibilities granted by kinesiology-physiatry, neurological therapies and has a strong impact on the user's recovery. At the same time, the use of a platform significantly reduces the biomechanical disorders of the personnel affected in the process of integration and recovery of the person, providing a fundamental support tool for the discipline to be developed. In this way, the problem of social integration is treated in an interdisciplinary way where it is not only focused on the exclusive care of the patient, but also includes auxiliary personnel such as physical education teachers and therapeutic companions.

Keywords: Platform, Integration, Patient, Swimming Pool

1. INTRODUCCIÓN

El eje movilizador de este artículo es buscar una solución a un gran problema social como es la falta de equipamiento adecuado necesario para el ingreso y egreso a una pileta de natación de pacientes con diversas patologías, donde podemos mencionar la discapacidad motora, obesidad, temor al agua, menores, entre otros, con las secuelas sociales que esto acarrea.

Dentro de las patologías mencionadas, la discapacidad motora y la obesidad, se abordarán de manera detallada, ya que es considerada una problemática de la salud pública.

La discapacidad forma parte de la condición humana: casi todas las personas sufrirán algún tipo de discapacidad transitoria o permanente en algún momento de su vida, y las que lleguen a la senilidad experimentarán dificultades crecientes de funcionamiento. La discapacidad es compleja, y las intervenciones para superar las desventajas asociadas a ellas son múltiples, sistemática y varían según el contexto.

La discapacidad es un problema de salud pública, se estima que a nivel mundial cerca de mil millones de personas viven en esta condición. Se prevé que en un futuro la discapacidad será motivo de preocupación aún mayor, pues las cifras de prevalencia están en aumento [1].

El concepto de discapacidad en el tiempo ha sufrido grandes cambios, debido a la evolución en la fundamentación teórica de los modelos explicativos y conceptuales de esta condición.

La transformación del concepto de discapacidad se acompañó también del desarrollo de algunos modelos conceptuales, aquellos propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 1980 (Clasificación Internacional de la Deficiencia, la Discapacidad y la Minusvalía (CIDDM-1)) y en el año 2002 (Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y los Estados de Salud (CIF)). Este último toma gran importancia ya que considera el ambiente o contexto como un determinante de la condición de salud de las personas. [2]. [3].

El crecimiento de las actividades laborales vinculadas al área de servicio fue destacable a partir de los ’90, reemplazando progresivamente a las ocupaciones industriales y demandantes de mayor esfuerzo físico. Por otra parte, el crecimiento acelerado de la desocupación a partir de la segunda mitad de los ’90 y que en la actualidad compromete a prácticamente el 20% de la población si se cuenta en ella a los beneficiarios de los planes sociales (jefas y jefes de hogar) implica otro salto cualitativo hacia mayores niveles de sedentarismo a nivel poblacional.

La incorporación de avances tecnológicos en el mundo laboral, fundamentalmente en las áreas de computación y comunicación va de la mano de un menor gasto calórico en las horas de trabajo. La obesidad y el sobrepeso en todo el mundo son motivo de gran preocupación y vienen creciendo suficientemente para ser consideradas epidemias.

La obesidad y el sobrepeso son graves problemas que suponen una creciente carga económica sobre los recursos nacionales. Representa además una carga económica para los presupuestos destinados a la salud, por sus elevados costos asociados tanto directos como indirectos, afortunadamente este mal se puede prevenir en gran medida si se introducen los cambios adecuados en el estilo de vida.

Si bien el sobrepeso y la obesidad tiempo atrás eran considerados un problema propio de los países de ingresos altos, actualmente ambos trastornos están también aumentados en los países de ingresos bajos y medianos, en particular en las zonas urbanas. En los países en vías de desarrollo existen cerca de 35 millones de niños con sobrepeso, mientras que en los países desarrollados esa cifra es de 8 millones. [4]

Con anterioridad, se consideraba a la persona con sobrepeso como una persona que gozaba de buena salud, sin embargo, ahora se sabe que la obesidad tiene múltiples consecuencias en nuestra salud. [4]

Pocas enfermedades crónicas han avanzado en forma tan alarmante en la mayoría de los países durante las últimas décadas como ha ocurrido con la obesidad, motivo de preocupación para las autoridades de salud debido a las nefastas consecuencias físicas, psíquicas y sociales.

La clasificación actual de obesidad propuesta por la OMS está basada en el Índice de Masa Corporal (IMC), el cual corresponde a la relación entre el peso expresado en kilos y el cuadrado de la altura, expresada en metros. De esta manera, se clasifica a las personas con obesidad a aquellas cuyo cálculo de IMC sea mayor o igual a 30 kg/m², según lo especificado en Tabla 1.

Tabla 1 Clasificación de sobrepeso y obesidad según el IMC (OMS).

Clasificación de sobrepeso y obesidad según el IMC (OMS)		
	Clase de Obesidad	IMC (kg/m$^{2)}$
Infrapeso		< 18,5
Normal		18,5-24,9
Sobrepeso		25,0-29,9
Obesidad	I	30,0-34,9
	II	35,0-39,9
	III	>= 40

Descripción de variables

Infrapeso: Valores de IMC menores a 18,5

Normal: Es el intervalo de IMC comprendido entre 18,5 y 24,9

Sobrepeso: Es el intervalo de IMC comprendido entre 25,0 y 29,9

Obesidad: Valores de IMC mayores o iguales a 30

IMC=Índice de Masa Corporal

Actividad Física y Recreación. La actividad física es entendida como "*cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que exija gasto de energía*". La participación en las actividades de ocio y recreación, según la CIF, se define como "*la posibilidad de involucrarse en cualquier tipo de juego, actividad recreativa o de ocio, incluyendo los deportes, los juegos, las actividades artísticas y culturales, las manualidades, los hobbies y el turismo*" [5].

Es por esto que surge la necesidad de incorporar estas tecnologías para lograr un avance sustancial en la integración social de dichas personas, que en su evolución diaria conllevan secuelas tales como depresión, aislamiento, frustración, entre otras, con el agravante que también perjudica a su entorno familiar, directo e indirecto.

Definiendo desde el aspecto rehabilitador, estas tecnologías se transforman en un gran hito motor, que devuelve las expectativas a las personas que padecen estas patologías.

A nivel neurofisiológico, el sistema nervioso humano, tiene programado secuencias motoras de movimiento y un programa de coordinación postural, que son los ajustes en los distintos grupos musculares con el fin de facilitar la ejecución. Ayudan en la planificación y en la intencionalidad del movimiento [6]-[7].

El alcanzar la posibilidad de poder ingresar y egresar a una pileta de natación, permite que en este proceso de inserción social, inicie en la persona una nueva posibilidad de superación, estimula su participación en actividades de recreación y repercute vigorosamente sobre el entorno familiar.

En primer lugar, el solo hecho de participar es un indicador de satisfacción, en cuanto significa un romper la rutina, que se va transformando progresivamente en un “yo soy capaz” por parte de las personas afectadas.

La visibilidad de la población con discapacidad, el ocupar espacios ajenos a sus propios hogares, la posibilidad de mostrarse y compartir con otros, todas son situaciones que confluyen como medios de integración, en donde se generan espacios para reconocer y aceptar la diferencia.

Numerosos estudios a nivel internacional dan cuenta de los beneficios que brindan a las personas con ciertas discapacidades, contar con la infraestructura adecuada para su correcta inserción en la sociedad.

En Estados Unidos, se llevaron a cabo estudios cualitativos, donde se buscó identificar las barreras y facilitadores asociados con la participación en programas de acondicionamiento físico y recreación. Los hallazgos mostraron que la participación de las personas con discapacidad física, en este tipo de actividades, está influenciada por un conjunto de barreras tales como: los altos costos de los programas, la falta de vías de acceso, de políticas específicas y de apoyo de amigos y familiares, las actitudes negativas de otras personas, el miedo a lo desconocido y la falta de equipos adecuados para el manejo de las personas con discapacidad física en los centros de acondicionamiento físico. [8]-[9].

Se analizaron la influencia de algunos factores personales y ambientales sobre la participación en actividades de ocio en 234 jóvenes y adultos en situación de discapacidad física en España. Los resultados del estudio indican que la participación en actividades de ocio está mayormente relacionada con los factores personales y las barreras ambientales, que con los factores relacionados con la discapacidad (por ejemplo, tipo, nivel y grado de discapacidad). Además, al considerar los diferentes tipos de actividades de ocio (en el hogar, sociales y físicas) por separado, se encontró que, la participación en actividades de ocio en el hogar se explica de igual forma por factores personales y ambientales; mientras que, en el caso de las actividades sociales y físicas, las barreras ambientales muestran un mayor impacto en el grado de participación en comparación con los factores personales. [10].

En nuestro país el interés de los estados nacionales, provinciales y municipales ya no está centrado en la atención exclusiva de los pacientes con patologías, sino que es abordado de una manera más integral, donde se incluyen al personal de ciencias médicas y terapistas, como así también a personas del ámbito educativo, como pueden ser los profesores de educación física.

Esta problemática trae aparejada una mayor responsabilidad en el área de la salud y también en el área de la recreación, para dotar a los servicios respectivos de los medios tecnológicos adecuados y la correspondiente capacitación humana.

En el ámbito local y regional, las piletas cuentan solamente con escaleras sumergidas en un tramo, se investigaron los equipos existentes que son fijos y de costos elevados, por su procedencia del exterior.

Como contrapartida, para hacer frente a esta nueva necesidad técnica y tecnológica, se deberá estudiar y relacionar nuevos materiales, realizar una profunda sistematización de la producción, lo que redunda en mejores productos, costos más accesibles y más competitivos.

2. METODOLOGÍA.

Al trabajar con personas que necesitan recuperar la integración social, se optó por recurrir a un elemento comúnmente utilizado en las piletas de natación, como es la escalera sumergida en un tramo. Estas son utilizadas para el ingreso y egreso a la misma con muchas limitaciones. Para ayudar al personal afectado, y lograr que a las piletas puedan acceder personas con dificultades como ser la discapacidad motora o la obesidad, se diseñó una plataforma especial con una base en estructura tubular soldada en acero inoxidable, pero en virtud de los costos alcanzados por este material y después de un exhaustivo análisis de materiales sustitutos, se definió utilizar acero de calidad SAE 1010 pintado con pintura tipo epoxi, para cumplir con las rigurosas normas aplicadas a estos elementos. Dicha base se sustenta sobre elementos rodantes que se deslizan sobre guías de una estructura portante que está provista de frenos de emergencia.

2.1. Diseño de la estructura.

Tanto la plataforma como la estructura portante, cuentan con materiales que soportan los ambientes agresivos como es la presencia del gas cloro presente en los natatorios. Para el análisis de tensiones soportadas por la estructura, se utilizó un *software* de diseño paramétrico y simulación como SolidWorks, que permite visualizar las zonas de mayor exigencia en la estructura y así poder reforzar la misma, teniendo en cuenta la posición más desfavorable (sumergida en la pileta en su punto máximo y con la silla de ruedas y la persona sentada en la misma, con su correspondiente

acompañante). Con el objeto de visualizar el conjunto se presenta una vista lateral, como se observa en la Figura 1:

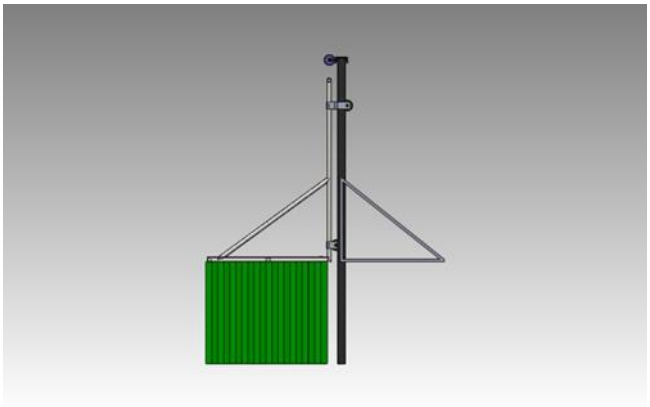


Figura 1 Vista lateral de la plataforma para ingreso y egreso a pileta de natación.

De acuerdo con el dimensionamiento de la plataforma:

1. La armadura se realizará de tubo sin costura Sch 80 con las siguiente dimensiones: diámetro exterior = 38.1; espesor = 3,2.
2. Las guías se realizaron con el perfil normalizado U UPN 120.
3. Travesaño donde se fijará el elemento para elevar (malacate) es del perfil IPN 80 x 80.
4. Las barandas se realizaron de caño estructural cuadrado de 25x25x2.

Diagrama de tensiones.

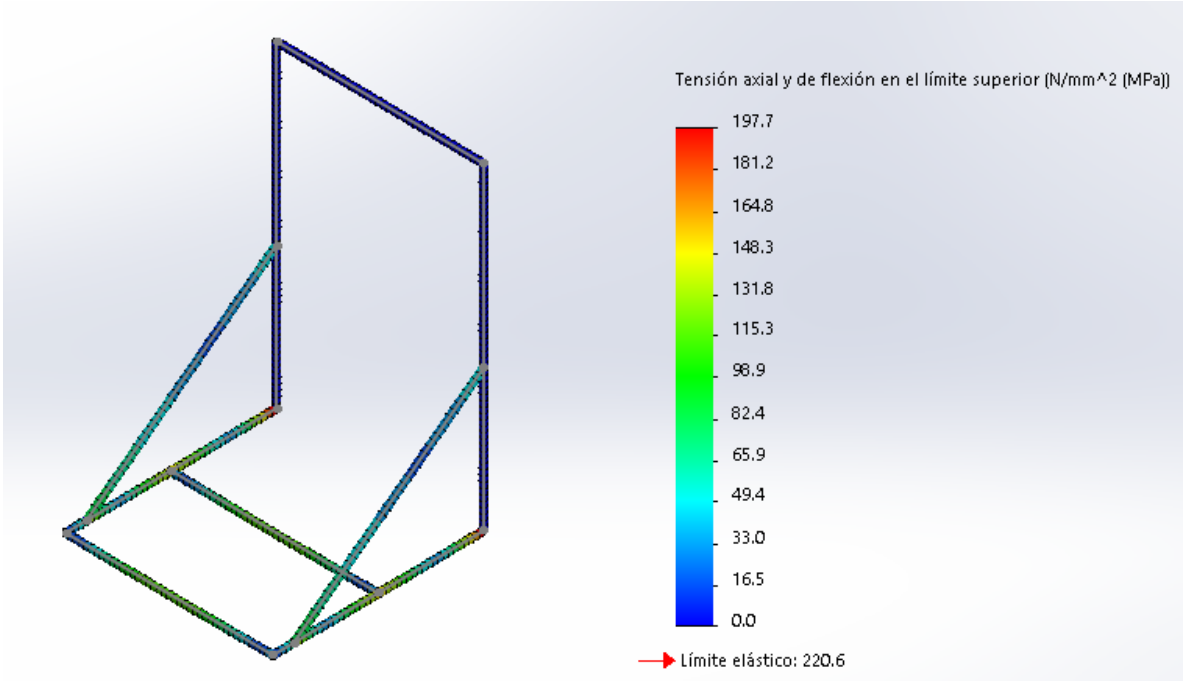


Figura 2 Diagrama de tensiones de la armadura.

A fines de corroborar los cálculos se realizó un ensayo no destructivo, en el cual arrojó que la armadura estaba trabajando correctamente, ya que la parte más solicitada de la armadura no superó en ningún momento el límite elástico, eso quiere decir que estamos dentro de los valores admisibles. La escala de colores representa las zonas de menor solicitación (azul) y las de mayor solicitación (rojo), según se observa en la Figura 2.

La estructura está construida en una base tubular metálica y sujeta a la estructura portante por elementos rodantes que posibilitan el movimiento vertical de la misma. Tiene incorporados elementos accesorios para fijar la silla de ruedas a la base y las barandas correspondientes para evitar el desplazamiento lateral.

A los fines de disminuir el peso de la plataforma a sumergirse en la pileta de natación, y después de analizar varios materiales, se utilizó un material liviano, resistente y durable como el acrílico, al que se le colocaron perforaciones uniformemente distribuidas en la superficie del mismo (196 perforaciones de diámetro 30), cuyo fin fue el de disminuir la fuerza de empuje del agua cuando la plataforma desciende y también disminuir el esfuerzo a la hora de la salida de la plataforma del agua. Para observar el conjunto se presenta la siguiente Figura 3 con el correspondiente despiece:

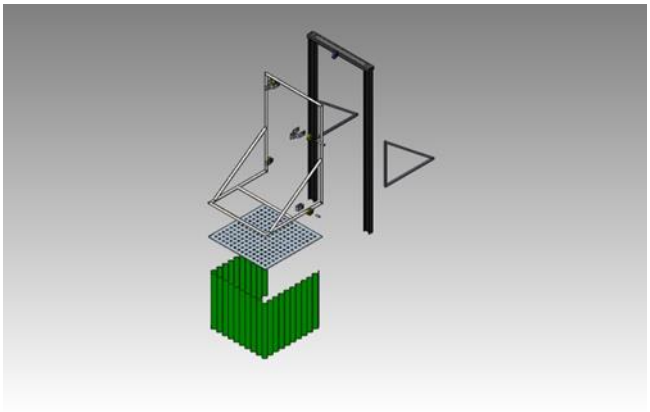


Figura 3 Despiece de la plataforma para ingreso y egreso a pileta de natación.

La unión de la plataforma a la estructura portante se realizó mediante un dispositivo montado sobre ruedas deslizantes que permitió la elevación de la plataforma de una posición sumergida hasta la salida de la pileta y viceversa.

2.2. Ensayos de los materiales.

Con el objetivo de analizar el deterioro de los materiales sometidos a un ambiente muy corrosivo por la presencia del gas cloro, en un lugar cerrado y con temperaturas elevadas y presencia de vapor, se realizó un estudio durante un tiempo prologando con agua provista por una institución recreativa de la ciudad de San Francisco, Provincia de córdoba, arrojando resultados favorables y permitiendo así la construcción de la plataforma con los recaudos necesarios.

Para dicho estudio realizado en el Laboratorio de Química de la Facultad Regional San Francisco, se utilizó equipamiento especial disponible, el mismo es un baño termostático marca Vicking, de 30 a 70 ºC, regulador automático de temperatura, de 5 L de capacidad, donde se sumergieron todas las probetas normalizadas de los materiales a estudiar, durante 28 días de ensayo, teniendo en cuenta los tiempos de corrosión para el ensayo de nieblas salinas, según el cronograma que prevé la norma correspondiente, con controles semanales y el recambio del agua correspondiente, también se realizaron las pesadas necesarias para comprobar si se producían los deterioros buscados o el material soportaba las exigentes condiciones de trabajo.

Además se controló el deterioro de los materiales no ferrosos como es el acrílico y los aros de goma, dando resultados favorables. En forma paralela se realizó el estudio de agua para determinar las propiedades presentes en la misma, y cómo estas pueden afectar a los materiales utilizados en la fabricación de la plataforma durante su utilización en condiciones reales [11] [12].

Conclusión de los ensayos

A continuación, se dará una breve explicación sobre la conclusión obtenida en los ensayos:

Se concluye que las muestras de Acrílico no evidenciaron signos de corrosión bajo el efecto de agua clorada con dosis de cloro normales para piletas de natación, al igual que las muestras del O-ring en sus dimensiones geométricas.

No puede expresarse lo mismo para las muestras del Acero AISI 304. Este material resultó levemente afectado, si bien son valores ínfimos, pueden llegar a ser considerables con el paso del tiempo dado que los mismos están medidos en años y horas, respectivamente.

La Chapa galvanizada, al igual que el Acero AISI 304, resultó afectada bajo el efecto del agua clorada, pero con signos de corrosión más elevados.

De acuerdo a lo expuesto, se concluye que el material que mejor se comporta para tales condiciones es el acrílico.

2.3. Selección y control del elemento de elevación.

A la hora de seleccionar el mecanismo de elevación de la plataforma, se evaluaron diversas opciones y se compararon las mismas para seleccionar la que nos brindará mayores y mejores prestaciones.
Los conceptos que se tuvieron en cuenta a la hora de evaluar las opciones fueron:

- Costo.
- Seguridad.
- Contaminación.

El primer mecanismo que se pensó fue el ***hidráulico***, que gracias a los grandes avances que tuvo en los últimos años se pueden aplicar fácilmente a nuestras necesidades y no tendría ningún inconveniente en ejercer la fuerza empleada. Pero como contradicción se encontró que iba a ser un mecanismo muy costoso y además de eso y lo más importante, es que las mangueras con presión se iban a encontrar al alcance de cualquier persona ya que si por cualquiera sea la razón se pinchara alguna de ellas, iba a escapar fluido caliente y a presión, pudiéndose lastimar a los que se encontrasen cerca de ella como así también contaminar el agua de la piscina y sus alrededores con el mismo.

El segundo mecanismo que se evaluó es el ***neumático***, que también ha tenido grandes avances en los últimos años y el principio de funcionamiento es muy similar al hidráulico.

Con este sistema nos evitaríamos de contaminar el agua de la pileta y sus alrededores ya que trabajaríamos con aire a presión. Pero los inconvenientes que se encontraron es que es un sistema muy ruidoso e íbamos a necesitar de un compresor, por lo que los costos se elevarían.

Por último, el sistema que se evaluó fue el ***eléctrico***, que, tanto por su costo como por las prestaciones que nos pueden brindar se convirtió en el mecanismo elegido. Desde el punto de vista de la seguridad, hoy en día la especialidad eléctrica-electrónica ha avanzado notablemente y no sería inconveniente para nuestro proyecto. Este sistema de elevación no tendría ningún inconveniente en ejercer la fuerza solicitada ya que para la elección de capacidad que puede soportar el elemento de elevación tiene que ser aproximadamente 2 veces la fuerza de trabajo. Cabe destacar que se trabaja con una tensión de seguridad de 24V, ya que sería otro punto más a favor en la elección del sistema eléctrico.

Después de estudiar y analizar las solicitaciones a que estaría sometida la estructura, y para cumplir con el trabajo a realizar por la misma, las especificaciones del elevador eléctrico serían las siguientes, como se observa en el Tabla 2:

Tabla 2 Características del elevador eléctrico.

Especificaciones	Valor
Tensión	24 V DC
Capacidad	907 Kg
Largo del cable de acero	15 m
Diámetro de cable de acero	4 mm
Velocidad con carga	1,1 m/min
Potencia de motor	1,8 hp
Corriente	55 A
Control remoto	si
Freno automático	si
Dimensiones [mm]	285x105x105
Peso	6,7 Kg
Código	3454

2.4. Funcionamiento de la plataforma.

Para el control del manejo de la elevación de la plataforma, se agregó una botonera que comanda el elemento elevador, y se tuvieron en cuenta todas las protecciones necesarias para el correcto accionamiento de estos dispositivos eléctricos. Dicha tarea la puede realizar sin dificultades la persona que acompaña a una persona en silla de ruedas, o bien la persona que ingresa a la plataforma, y así se logra la libertad de movimiento sin la presencia de personal de la institución.

Se diseñaron dos botoneras, una de ellas dentro de la plataforma y la otra fuera. Ambas cuentan con un botón de subida, uno de bajada y una parada de emergencia.

El usuario puede ingresar por cuenta propia o acompañado, una vez dentro de la plataforma accionan un botón que es el que inicia el movimiento descendente, dicho movimiento finaliza cuando actúa el fin de carrera inferior. Una vez que el paciente se encuentre dentro de la pileta, la plataforma puede ser llamada por el usuario siguiente que desee ingresar, el movimiento ascendente finalizara cuando actúe el fin de carrera superior, dejando a la plataforma al ras del borde de la pileta para así facilitar el ingreso.

Este sistema se accionará mediante corriente continua en 24V. La transformación de corriente alterna a continua y de 220 a 24V se obtendrá mediante un conversor de alterna a continua tipo CTW 900 marca WEG. Se utilizarán protecciones contra sobrecargar como relé térmico y protección contra cortocircuito como fusibles NH, no contará con protección diferencial hacia la persona ya que la norma AEA 90364 establece que al trabajar con muy baja tensión de seguridad (MBTS), es decir 24V, se considera asegurada tanto contra los contactos directos como contra los contactos indirectos.

A los fines de evitar posibles accidentes a personas que se encuentran dentro de la pileta cuando la plataforma se sumerge, la misma cuenta en su parte inferior con un fuelle de tela especial y malla metálica.

Resultados y discusión

Mediante un estudio de los elementos existentes aplicados a mejorar la integración de los pacientes en procesos de recreación, hemos observado que los mismos son escasos, insuficientes y de un costo elevado, generalmente por su procedencia. Con el diseño y desarrollo de esta plataforma, se lograría mejorar la actitud de los usuarios con dificultades y, disminuir notablemente complejas situaciones personales como depresión y aislamiento, mejorando su calidad de vida y de su entorno familiar.

La construcción de esta plataforma, ver Figura 4, es producto de un desarrollo local que traería importantes beneficios al aprovechar la capacidad técnica, productiva e intelectual presente y permitiría su aplicación a nivel local, regional y nacional.

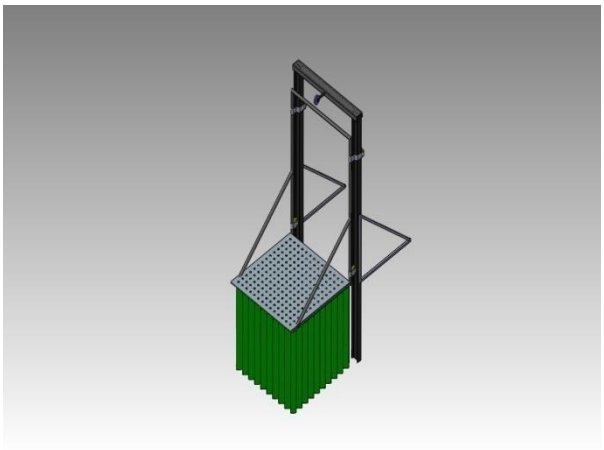


Figura 4 Plataforma para ingreso y egreso a pileta de natación

Esto tiene su correlato con una mayor presencia de la Facultad Regional San Francisco dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional en temas tan sensibles para la sociedad como es la integración de los pacientes con alguna patología y, mostrar todo el potencial de conocimiento técnico y tecnológico, y el desarrollo de productos, para mejorar la calidad de vida de las personas de la comunidad en la que se encuentra inserta.

3. CONCLUSIONES.

Ya no se discute la necesidad de trabajar en la integración de los pacientes con dificultades en las actividades de recreación, evitando las complicaciones que originan el aislamiento y el correspondiente esfuerzo familiar para paliar esta situación.

En virtud de la investigación realizada, la plataforma se adapta mejor al manejo del paciente de una manera simple y segura, sin importar su talla o condición física. Además el control eléctrico permite autonomía en el uso de la plataforma y lo puede realizar cualquier persona debido a la sencillez en su uso.

Con la ayuda de esta plataforma la integración de pacientes con distintas patologías se la trata de un modo más abarcativo, donde intervienen personas de otros ámbitos para mejorar su calidad de vida.

Los pacientes con diversas patologías pueden encontrar en esta plataforma una herramienta para realizar actividades lúdicas en el medio acuático, lograr relacionarse con sus pares y, evitar el aislamiento por períodos prolongados en sus hogares. El objetivo es llevar a cabo una integración social del usuario y colaborar con el trabajo de distintas disciplinas.

4. REFERENCIAS.

Las referencias bibliográficas se citan utilizando normas APA en el texto y el listado se inserta en el último título, en el siguiente link se encuentra la ayuda para realizarlo fácilmente en Word.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (2016). *World report disability*. [internet]. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240685215_eng.pdf.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF IMPAIRMENTS, DISABILITIES, AND HANDICAPS (1994). *A Manual of Classification Relating to the Consequences of Disease. Geneva*. .[Internet] Disponible en:http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_&ERICExtSearch_SearchValue_0=ED408723&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=ED408723]

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2002). ICF: International Classification of Functioning, disability and Health. Geneva. WHO.

ORGANIZACÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2014), Estadísticas Sanitarias Mundiales.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2016), Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. [Internet]. Disponible en: http://www.who.int/dietphysicalactivity/pa/es/index.html.

CARDINALI, D. (1995). *Manual de Neurofisiología. Cap. 10. Control de la Postura Equilibrio-Generación del Movimiento*. UBA.

BOBATH, B. (1973). *Actividad postural refleja anormal causada por lesiones cerebrales. Cap. 5 Reacciones posturales Normales*. Ed. Panamericana.

RIMMER, J.; RUBIN, S., BRADDOCK, D. (2000). *Barriers to exercise in african american women with physical disabilities*. Arch Phys Med Rehabil; 81: p.182-188.

RIMMER, J.; RILEY, B.; WANG, E.; RAUWORTH, A.; JURKOWSKI, J. (2004). *Physical activity participation among persons with disabilities barriers and facilitators.* Am J Prev Med. 26(5), p.419-425.

BADIA, M.; BEGOÑA, O.; VERDUGO, M.; ULLÁN, A.; MARTÍNEZ, M. (2011). *Personal factors and perceived barriers to participation in leisure activities for young and adults with developmental disabilities*. Res Dev Disabil. 32,2055-2063.

ALPHA, AWWA AND WPCF. (1992). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. 17º Edición. Díaz de Santos, Madrid.

BRENNAN J.G.; BUTTERS J. R.; COWEL N.D.; LILLY A. E. V. (1990). *Las operaciones de la ingeniería química*. Editorial Acribia. Zaragoza. España. p. 356-358.

DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO AGROAMBIENTAL DE LA *SACCHARUM OFFICINARUM*, COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES AGRÍCOLAS

Montiel-Rosales, Aarón[1]; Montalvo-Romero, Nayeli[1]; Fernández-Lambert, Gregorio[1]; Fernández-Echeverría, Eduardo[2]; Murillo-Cuevas, Félix David[3]

[1]*Laboratorio de Logística y Sustentabilidad en Economías Emergentes, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla*
[2]*División de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México/ITS de Zacapoaxtla*
[3]*División de Ingeniería, Tecnológico Nacional de México/IT de Úrsulo Galván*

ar.chimedes@hotmail.com; naiemontalvor@gmail.com; gfernandezl@itsm.edu.mx; ii_efernandez@hotmail.com; felix.mc@ugalvan.tecnm.mx

RESUMEN

El crecimiento y madurez adecuado del agro-producto, está en función del comportamiento de las variables agrícolas (*e.g.*, pH, carbono, nitrógeno) y ambientales (*e.g.*, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad y dirección del viento). En condiciones en los cuales, el cultivo se desarrolla al aire libre en cercanías no próximas al productor, como lo es la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el monitoreo de estas variables se torna complejo. A partir, de esta consideración el presente artículo realiza un estudio descriptivo explicativo de las principales variables agroambientales, que deben ser consideradas para el diseño de un sistema de monitoreo de la caña de azúcar, que sirva de herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el proceso de cultivo de esta poácea. El conocimiento oportuno del comportamiento de las condiciones del cultivo, le permitirá al cañero, implementar estrategias que le permitan encauzar un desarrollo adecuado del cultivo; ya que, al ser el cultivo, un producto al que su desarrollo está en función del comportamiento de las variables agroalimentarias, su monitoreo se torna un factor de interés.

Palabras Claves: Agricultura, Agricultura de Precisión, *Saccharum officinarum*, Desarrollo Agrícola.

ABSTRACT

The growth and adequate maturity of the agro-product are a function of the behavior of agricultural variables (*e.g.*, pH, carbon, nitrogen) and environmental variables (*e.g.*, air temperature, relative humidity, wind speed, and direction). In conditions where the crop takes place outdoors in a vicinity not close to the producer, such as sugar cane (*Saccharum officinarum*), monitoring these variables becomes complex. Based on this consideration, this article carries out an explanatory, descriptive study of the main agri-environmental variables, which must be considered for the design of a sugarcane monitoring system, which serves as a tool to support decision-making in the process of growing this poaceae. Timely knowledge of the behavior of the crop conditions will allow the cane grower to implement strategies that allow him to channel adequate crop development. Since, being the crop, a product to which its development is a function of the behavior of the agri-food variables, its monitoring becomes a factor of interest.

Keywords: Agriculture, Precision Agriculture, Saccharum officinarum, Agricultural Development.

1. INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria es la encargada de abastecer de alimento a las personas. La alta demanda de alimentos exige que la práctica agrícola se desarrolle empleando grandes extensiones de tierra. En donde, la calidad del fruto es determinada por el grado de madurez. Después de la cosecha el cultivo se estropea naturalmente, al ser un producto perecedero (Ahmad & Siddiqui, 2015). En tal sentido, al ser el agro-alimento una materia orgánica esta nace, se desarrolla, florece-fructifica y muere; por lo que, el comportamiento en el desarrollo del agro-producto a lo largo del ciclo vegetativo está en función de la intensidad en la radiación del sol, la velocidad del viento, el pH del suelo, la salinidad del suelo, el suministro de agua ya sea por precipitación pluvial o riego artificial, por el tipo de práctica agrícola, entre otros factores. Al cortarse el fruto, inicia una serie de procesos fisiológicos que deterioran la calidad y se generan pérdidas (Wang et al., 2021).

El agro-productor en todo instante se encuentra en monitoreo y control de parámetros, que están a su alcance; cuidando el desarrollo vegetativo. Entonces, son regulados los parámetros que permiten un buen desarrollo; *e.g.*, la falta de recurso hídrico por precipitación pluvial es incorporado sí el cultivo presenta deshidratación, esta incorporación artificial se puede realizar por aspersión, goteo, subterráneo, entre otros sistemas —inclusive, es una práctica común incorporar nutrientes en el agua irrigada al cultivo—. Esta situación, de regulación en los sistemas de producción agroalimentaria no protegida, es complicada; los factores que son necesarios para el cultivo como *e.g.*, velocidad del viento, intensidad de la radiación del sol, no pueden ser controlados a cielo abierto, y su falta o cantidad excesiva tienen afectaciones negativas sobre el cultivo; *e.g.*, retomando el caso del agua, el exceso de hidratación por precipitación pluvial ocasiona en los cultivos anegación, derivando en daños físicos para las plantas —desafortunadamente esta situación es incontrolable, un exceso puede causar deterioro degenerativo acelerado sobre el cultivo—. En los sistemas productivos protegidos, como la agricultura vertical, se pueden controlar algunos factores, pero requieren de una fuerte inversión de capital para la infraestructura (Benke & Tomkins, 2017).

A partir de lo anterior, el sistema productivo no protegido le exige al agro-productor una constante supervisión durante el proceso productivo del cultivo. Bisbis et al. (2018) mencionan que la calidad del agro-producto en el campo se ve afectado por el cambio climático, y en menor grado en aquellas cultivadas en invernadero. Valores inferiores y superiores, en los parámetros requeridos por el cultivo ocasionarán que éste carezca de un buen desarrollo. Vogel et al. (2019) estiman que entre el 20 y 49%, de las variaciones en el rendimiento del cultivo se asocia a factores climáticos, tales como temporalidad, clima medio y climas extremos. En este contexto, la calidad del producto agrícola, está relacionada directamente al comportamiento tanto de las variables climáticas como de las variables del suelo-cultivo; siendo las segundas, las que pueden en mayor grado ser controladas y reguladas.

La calidad final del producto, dependerá de las condiciones del crecimiento de la planta, el cuidado y suministro adecuado en tiempo y forma de los requerimientos de los recursos del cultivo, son trascendentales para el logro de la madurez deseada, lo cual se refleja en un color uniforme, tamaño, textura, olor, sabor, entre otros rasgos (Arakeri & Lakshmana, 2016; Bhargava & Bansal, 2021; Brasil & Siddiqui, 2018; el Khaled et al., 2017; Goldenberg et al., 2018; Hameed et al., 2018; Musacchi & Serra, 2018; Nadim et al., 2015; Sanaeifar et al., 2016).

El conocimiento del valor de las variables agrícolas y ambientales —agro-climáticas—, de parte del agricultor permite asistir al cultivo. Un plan de negocios exitoso, depende de la gestión de los factores que influyen en la calidad (Ahmad & Siddiqui, 2015). Considerando esto, el presente artículo aborda un estudio descriptivo explicativo de las principales variables agro-climáticas que deben ser medidas y controladas en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), con lo que se establecerán la base para el desarrollo de un sistema de monitoreo agroambiental capaz de servir como herramienta de apoyo al proceso de toma de decisiones de la producción agrícola del cultivo bajo estudio. Puesto que, los agro-productores están modificando las prácticas agrícolas debido a las observaciones del comportamiento de las variables del clima y ambientales (Jost et al., 2016).

Se considera como objeto de estudio la caña de azúcar, al ser uno de los principales cultivos perenne en el mundo y el principal en México. La caña de azúcar y sus derivados son materia prima para la industria alimenticia, del papel, de etanol, de los bio-combustibles, entre otras.

El conocimiento de las variables que son de interés de observación, para el adecuado crecimiento de la caña de azúcar le permitirá al cañero desde el diseño de un sistema de monitoreo, planear y ejecutar los controles necesarios que permitan cuidar el crecimiento del cultivo a lo largo de su ciclo vegetativo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente artículo es de tipo descriptivo, explicativo, no experimental basado en un análisis e interpretación de documentos. La Figura 1, describe el enfoque metodológico empleado para identificar las variables agro-climáticas que deben ser consideradas en el monitoreo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). La metodología se conforma de cuatro fases, a saber:

Fase 1: Identificar las variables sobre las que interactúa el cultivo de la caña de azúcar.

Fase 2: Clasificar las variables en función de su tipo: agrícolas o climáticas.

Fase 3: Elegir las variables importantes que deben ser consideradas para el diseño de la estación meteorológica agro-climáticas.

Fase 4: Definir los parámetros ideales de la caña de azúcar, que permitan alcanzar el desarrollo fenológico adecuado.

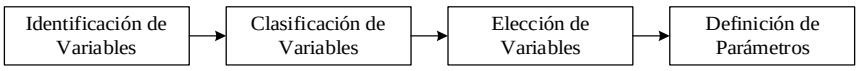


Figura 1 Metodología para la selección de variables agro-climáticas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección son descritos y discutidos los hallazgos del estudio.

3.1. Identificación de variables

La Figura 1, presenta algunas de las variables que se considera pueden influir en el crecimiento del cultivo. Se identifican 24 variables de forma general sin discriminación. La identificación de las variables se realiza desde lo reportado en la literatura, así como del conocimiento directo de los agricultores cañeros. Se emplearon repositorios científicos agrícolas disponibles en línea, mientras que como personal experto participaron dos personas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. Las variables, se definieron empleando el método de pronóstico cualitativo de prospectiva Delphi.

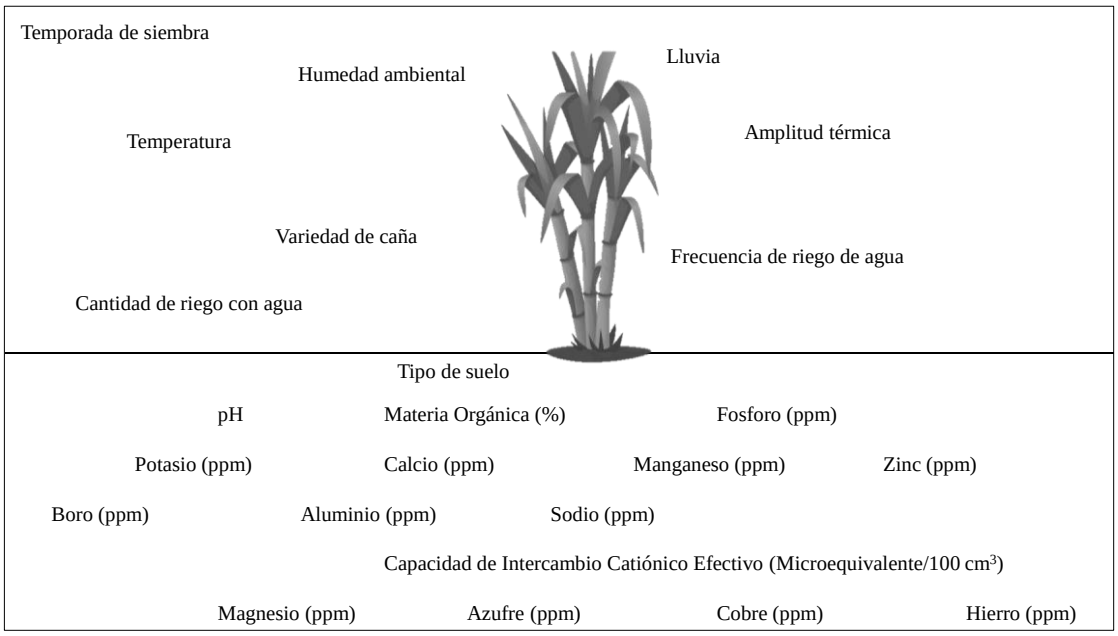


Figura 2 Variables agro-climáticas identificadas en el cultivo de la caña de azúcar.

3.2. Clasificación de variables

Las variables identificadas de la fase previa se catalogan de acuerdo a su tipo, ya sea variable agrícola o variable climática. Esto se realiza considerando la información de la literatura y el conocimiento de los cañeros.

La Tabla 1, describe algunas de las variables y su clasificación según su tipo.

Tabla 1 Variables clasificadas por tipo.

Variable	Agrícola	Climática
pH	x	
Materia Orgánica	x	
Radiación solar		x
N	x	
Temperatura		x
Viento		x
P	x	
Humedad		x
K	x	
Conductividad Eléctrica	x	
…	…	…
Manganeso	x	

3.3. Elección de variables

Las variables identificadas se discriminaron por su relevancia. En esta fase el conocimiento de los agricultores cañeros permitió elegir las variables preponderantes de observación durante el crecimiento de la planta. Se identificaron como parte de las variables agrícolas él: pH, materia orgánica, nutrientes (N, P, K), minerales (Zn, Mg, Ca y Al); mientras que, como variables climáticas se tiene la radiación solar, temperatura ambiental y la precipitación pluvial.

3.4. Definición de parámetros

La Tabla 2, presenta los valores deseados para el buen desarrollo y rendimiento de la caña de azúcar.

Tabla 2 Parámetros ideales de la caña de azúcar (elaboración propia a partir de (Aguilar Rivera, 2015; CONADESUCA, 2015; Joaquín et al., 2019) y de expertos cañeros).

Variable	Tipo	Parámetro deseado
pH	Agrícola	5-8.5
Materia orgánica (%)	Agrícola	3-5
N (ppm)	Agrícola	40-175
P (ppm)	Agrícola	13-20
K (ppm)	Agrícola	80-156
Zn (ppm)	Agrícola	6-36
Mg (ppm)	Agrícola	54-120
Ca (ppm)	Agrícola	500-1000
Al (ppm)	Agrícola	0-90
Radiación solar	Climática	1,500-2,550 horas.
Temperatura ambiental	Climática	32 °C y 38 °C (germinación); 32 °C (macollamiento); 27 °C (crecimiento)
Precipitación pluvial	Climática	1,500 mm (en 9 meses)

El rendimiento de la caña de azúcar —como todo cultivo—, está en función del comportamiento de las variables agro-climáticas, descritas anteriormente. Al ser la caña de azúcar una planta con un ciclo de vida, la calidad de esta estará en función del comportamiento de los valores de las variables que son significativas durante su ciclo de vida.

Entonces, es de suma importancia monitorear y controlar el comportamiento de las variables agro-climáticas para garantizar el logro de la calidad en el cultivo. Conocer los valores en el cultivo permitirá realizar los ajustes necesarios para el logro de la máxima calidad del agro-producto, así como lo menciona Rouphael et al. (2010), la optimización de las prácticas agrícolas mejora la calidad del agro-producto.

4. CONCLUSIONES

En este estudio se han identificado y evaluado las variables, que según la literatura y los expertos en el cultivo de la caña de azúcar influye en su crecimiento. Los hallazgos en este estudio muestran que son 12 las variables significativas —9 agrícolas y 3 climáticas—. Estas variables identificadas permitirán el diseño de un sistema de monitoreo agro-climática que permita asistir a los cañeros en el proceso de toma de decisiones en la gestión de las necesidades del cultivo.

En este estudio no se han considerado las variables de la fauna edáfica, sería interesante considerar esta evaluación. Lo cual, se abordará como línea de investigación futura.

Finalmente, la identificación clara y precisa de las variables y sus valores, permitirá que el agro-productor cañero desde una herramienta de apoyo, permita “controlar”, el crecimiento del cultivo, logrando el máximo desarrollo desde la optimización de los recursos; con lo que, se logrará la máxima calidad del cultivo de la caña de azúcar.

5. REFERENCIAS

Aguilar Rivera, N. (2015). *Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar*.

Ahmad, M. S., & Siddiqui, M. W. (2015). Factors Affecting Postharvest Quality of Fresh Fruits. In M. S. Ahmad & M. W. Siddiqui (Eds.), *Postharvest Quality Assurance of Fruits: Practical Approaches for Developing Countries* (pp. 7–32). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-21197-8_2

Arakeri, M. P., & Lakshmana. (2016). Computer Vision Based Fruit Grading System for Quality Evaluation of Tomato in Agriculture industry. *Procedia Computer Science*, *79*, 426–433. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2016.03.055

Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, *13*(1), 13–26. https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054

Bhargava, A., & Bansal, A. (2021). Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, *33*(3), 243–257. https://doi.org/10.1016/J.JKSUCI.2018.06.002

Bisbis, M. B., Gruda, N., & Blanke, M. (2018). Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review. *Journal of Cleaner Production*, *170*, 1602–1620. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.09.224

Brasil, I. M., & Siddiqui, M. W. (2018). Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview. *Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality*, 1–40. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809807-3.00001-9

CONADESUCA. (2015). *Ficha Técnica del Cultivo de la Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.)*.

el Khaled, D., Castellano, N. N., Gazquez, J. A., García Salvador, R. M., & Manzano-Agugliaro, F. (2017). Cleaner quality control system using bioimpedance methods: a review for fruits and vegetables. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 1749–1762. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.10.096

Goldenberg, L., Yaniv, Y., Porat, R., & Carmi, N. (2018). Mandarin fruit quality: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(1), 18–26. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.8495

Hameed, K., Chai, D., & Rassau, A. (2018). A comprehensive review of fruit and vegetable classification techniques. *Image and Vision Computing*, *80*, 24–44. https://doi.org/10.1016/J.IMAVIS.2018.09.016

Joaquín, O., Álvarez, D., & Daniel Gonzalez Villalba, J. (2019). *Guía técnica cultivo de caña de azúcar*.

Jost, C., Kyazze, F., Naab, J., Neelormi, S., Kinyangi, J., Zougmore, R., Aggarwal, P., Bhatta, G., Chaudhury, M., Tapio-Bistrom, M.-L., Nelson, S., & Kristjanson, P. (2016). Understanding gender dimensions of agriculture and climate change in smallholder farming communities. *Climate and Development*, *8*(2), 133–144. https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1050978

Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, *234*, 409–430. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2017.12.057

Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H., & Amiri Chayjan, R. (2015). Effect of Methylcellulose-Based Edible Coating on Strawberry Fruit's Quality Maintenance During Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(1), 80–90. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.12227

Rouphael, Y., Schwarz, D., Krumbein, A., & Colla, G. (2010). Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae*, *127*(2), 172–179. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2010.09.001

Sanaeifar, A., Bakhshipour, A., & de La Guardia, M. (2016). Prediction of banana quality indices from color features using support vector regression. *Talanta*, *148*, 54–61. https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2015.10.073

Vogel, E., Donat, M. G., Alexander, L. v., Meinshausen, M., Ray, D. K., Karoly, D., Meinshausen, N., & Frieler, K. (2019). The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, *14*(5). https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab154b

Wang, X., Feng, H., Chen, T., Zhao, S., Zhang, J., & Zhang, X. (2021). Gas sensor technologies and mathematical modelling for quality sensing in fruit and vegetable cold chains: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *110*, 483–492. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.01.073

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

INCORPORACIÓN DE COBOTS EN LÍNEAS DE PRODUCCION DE QUESO MOZZARELLA

Romera Nahuel; Caminos Andrés

Universidad del Salvador; Facultad de Ingeniería
Universidad Tecnológica Nacional; Facultad Regional Santa Cruz
nahuel.romera@gmail.com; andres.caminos@gmail.com

RESUMEN

En una empresa Pyme dedicada a la producción de productos lácteos se analiza la viabilidad de incorporar cobots en la línea de producción de cilindros y barras de queso mozzarella. En la situación actual, dos empleados se ocupan del llenado en el proceso final de la línea de producción mediante un proceso manual susceptible de errores producto de distracción y/o cansancio durante un turno diario de 12 horas de trabajo continuo. Se analiza mediante un programa de simulación la conveniencia de incorporar cobots en la tarea de envasado en cilindros de mozzarella, siendo el cobot el responsable de llenado y cierre de los cilindros, los cuales luego, un operario se encarga de llevar a las cámaras de frio para acondicionar el producto para su despacho. Con detalles de tiempos de trabajo manual de los operarios y automáticos por parte del cobot se analiza la productividad y la eficiencia en la cantidad de productos terminados. El modelo de simulación además de analizar toda la línea de producción permite optimizar la cantidad de operarios que la planta necesita. A través de múltiples simulaciones de diferentes escenarios se construyen intervalos de confianza de la operación en estado de régimen que permiten determinar un conjunto de indicadores que permiten a su propietario determinar la efectividad y conveniencia de la incorporación de un cobot a su línea de producción. El análisis de múltiples escenarios permite seleccionar la mejor combinación de operarios de producción y cobots que en conjunto producen los mejores resultados de productividad y eficiencia.

Palabras Claves: Ingeniería Industrial, Producción, Simulación, Cobots, Anylogic

ABSTRACT

The viability of incorporating cobots in the production line of mozzarella cheese cylinders and bars is analyzed in a SME company dedicated to the production of dairy products. In the current situation, two employees take care of the filling in the final process of the production line through a manual process susceptible to errors due to fatigue or distraction during an uninterrupted 12-hour daily shift. The convenience of incorporating cobots in the packaging task associated with mozzarella cylinders is analyzed through a simulation program, with the cobot being responsible for filling the cylinders, which an operator is then responsible for taking them to the cold chambers for conditioning the product to dispatch. With the details of the manual work times of the operators and automatic work process of the cobot, productivity and efficiency of the finished products are analyzed. The simulation model, in addition to analyzing the entire line production, allows optimizing the number of operators that the production plant needs. Through multiple simulations of different scenarios, confidence intervals of the operation in steady state are built that allow determining a set of indicators that allow its owner to determine the effectiveness and convenience of incorporating a cobot into its production line. The analysis of multiple scenarios allows selecting the best combination of operators and cobots that together produce the best productivity and efficiency results.

Keywords: Industrial Engineering, Production, Simulation, Cobots, Anylogic

1. Introducción

¿Qué es el queso mozzarella?. Según el Código Alimentario Argentino y el Anexo MERCOSUR (ANMAT 2020) “se entiende por queso al producto fresco o madurado que se obtiene por la separación parcial del suero de la leche o de la leche reconstituida (entera, parcial o totalmente descremada) coagulado por la acción física del cuajo, de enzimas específicas, coagulación de la leche por medio de cuajo y/u otras enzimas coagulantes apropiadas), complementada o no por la acción de bacterias lácticas específicas”.

El queso mozzarella pertenece a los quesos de pasta hilada, cuya masa es estirada manual o mecánicamente utilizando un medio caliente (agua o vapor) con el propósito de obtener un producto elástico y extensible. Los inmigrantes italianos en Argentina introdujeron la metodología de “hilar” la masa en forma manual, siendo reemplazada gradualmente por mezcladoras o hiladoras automáticas. El hilado en caliente permite que este queso adopte una gran diversidad de formas y tamaños para ser envasado.

Antiguamente era elaborada única y exclusivamente a partir de leche de búfala. Hoy, por su amplia utilización culinaria es elaborada en grandes cantidades con leche de vaca, sobretodo en EEUU donde es llamada “Pizza Cheese”. Se puede elaborar en diversos tamaños y formas, con un rendimiento normal que varía entre 9,50 a 10,50 litros de leche / kg de queso mozzarella envasado y debe ser controlado, pues un rendimiento más elevado puede afectar la factibilidad y disminuir la durabilidad del producto. (Mansur Furtado y col. 1994). Un proceso típico de producción industrial de queso mozzarella hilada puede visualizarse en la figura 1. Detalles del proceso de producción de mozzarella tipo hilada, puede encontrarse en el trabajo de Maldonado y otros (2011).

¿Qué son los cobots?. Por definición los cobots o robots colaborativos son brazos mecánicos de pequeñas dimensiones que permiten automatizar procesos industriales en entornos de trabajo compartidos con los humanos. Los cobots disponen de elementos de seguridad que garantizan la integridad de los operarios cuando entran en contacto sin producir ningún riesgo para los trabajadores. Allí reside su gran fortaleza, ya que son el complemento perfecto para poder desarrollar trabajos específicos, repetitivos sin que los operarios tengan que correr ningún tipo de riesgo. No obstante, sus virtudes no acaban allí, sino que básicamente son el punto de partida de lo que llamamos industria 4.0. Hoy en día los cobots se están convirtiendo en una herramienta clave para las empresas al proporcionarles nuevos métodos de producción ante los desafíos de sus procesos.

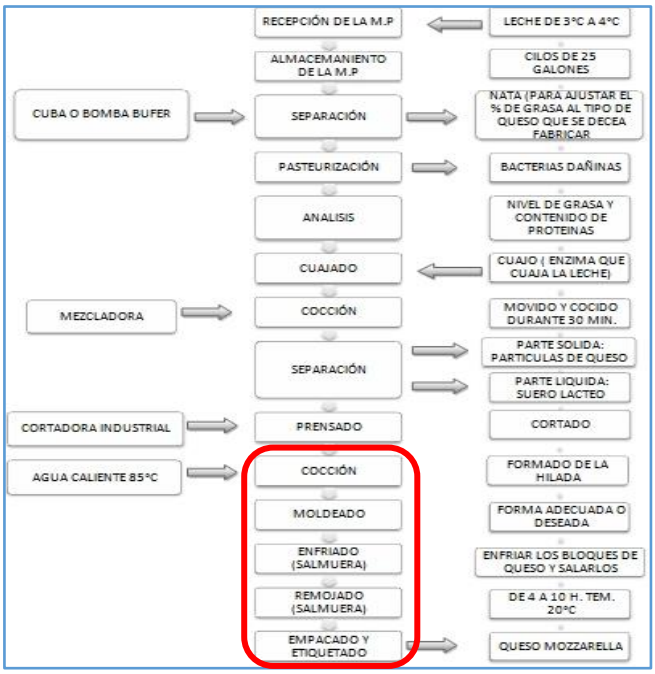


Figura 1. Producción Industrial Típica de Queso Mozzarella

2. Descripción del Problema

El caso de estudio de este trabajo se realiza sobre una Pyme que produce derivados de la leche. Principalmente elabora quesos, dulce de leche y eventualmente ricota. Con el fin de ampliar la cartera de productos y clientes, la fábrica lanzó recientemente la producción de mozzarella envasada en dos versiones, rectangular en forma de barras de 20 kg totales (cada rectángulo incluye 4 barras de 5 kg cada una) y cilindros de 4 kg. El proceso de producción se realiza de forma mancomunada entre máquinas y operarios.

Como parte de su plan de expansión, la empresa compra "masa madre" a diferentes proveedores, la estabiliza en cámaras de frio durante 15 días aproximadamente y luego decide procesarla para producir mozzarella, para lo cual ha decidido incorporar una máquina automática de amasado con temperatura e hilado de masa, una maquina envasadora para cilindros, moldes para envasado de rectángulos y una bacha de frio para estabilizar el queso mozzarella recién envasado.

La masa madre se retira de la cámara de frio, se corta y pesa en lotes de aproximadamente 400 kg, y llega como materia prima al inicio de la línea de producción de mozzarella en la cual trabajan un operario principal (OP) y un operario ayudante (OA) (recuadro rojo de figura 1). La masa madre es llevada a la amasadora e hiladora que se encargará de producir la mozzarella con las mezclas de sal y aditivos que agregan los operarios (figura 2). Los aditivos se agregan solo para las barras y varían en función de requerimientos de clientes para obtener mozzarellas saborizadas.

En la producción de cilindros, finalizado el proceso de amasado e hilado, la masa se envía a la tolva dosificadora de la maquina envasadora que posee dos tubos cilíndricos verticales que se llenan con la cantidad deseada en base a la capacidad de cilindros (habitualmente de 4 kg). El proceso implica que mientras un tubo se va llenando con nueva masa, el otro se va vaciando en los envases cilíndricos y retirado para el cierre del envase. El operario principal es el que se encarga de llenar los envases cilíndricos mientras que el operario ayudante se encarga de cerrar los envases con un precinto metálico. Luego el operario ayudante pone el cilindro en una bacha con agua para su enfriamiento.

Para la fabricación de rectángulos, los 400 kg de masa amasada rinden 440 kg de producto (por los aditivos que se agregan) que se reparten en 22 latas de 20 kg cada uno. Para realizar este proceso se requiere solamente de la intervención del operario ayudante que se encarga de extraer 4 bollos de aproximadamente 5 kg cada uno y acomodarlo en las latas interiores que adoptan la forma de barras. Luego que termina con las 22 latas del lote, el operario ayudante se encarga de rotar las barras a fin de que se enfríe la mozzarella y que no se apelmace (compacte) la que estaba en la parte inferior del molde y se produzca un exudado de suero residual. Finalmente pone las barras en agua fría junto a los cilindros y pasado un tiempo que varía entre 9 y 12 minutos son retirados y enviados a la cámara de frio para almacenaje, estacionamiento y despacho. En este proceso de elaboración el propietario de la Pyme informa que los inconvenientes surgen en el proceso de armado de cilindros de mozzarella. A continuación, se detallan los principales inconvenientes relevados:

- **Velocidad de llenado de envases**: supeditado a la velocidad con la que el operario principal toma un nuevo envase y lo posiciona en el lugar correcto para que comience la descarga de la masa que está en dosificador.
- **Precisión en la sujeción del envase**: si bien no es un problema habitual, suelen descartarse productos al desplazarse el envase de la boca de salida del cilindro de la tolva produciendo la pérdida de masa al caerse al suelo.
- **Velocidad de cierre de envases**: tiene mucha variabilidad desde que comienza el turno hasta que se termina, si bien es una tarea repetitiva, a medida que pasan las horas el operario ayudante reduce significativamente la velocidad con la que realiza el cierre de envases y esto provoca una cola de espera aguas arriba.
- **Costo de Mano de Obra**: se paga un costo alto para una operación sencilla y repetitiva, que demanda subocupación de los operarios.

Los inconvenientes planteados proponen la búsqueda de soluciones alternativas que permitan aumentar la cantidad de productos terminados, disminuir los tiempos de operación de cada lote y reducir los costos fijos a fin de tener precios más competitivos. El objeto bajo estudio comprende el proceso desde que ingresa la materia prima a la línea de producción de mozzarella (masa madre) hasta que el producto terminado (rectángulos y cilindros) se depositan en las cámaras de frío

(recuadro rojo de figura 1). El período laboral comprende los días martes, jueves y sábado en horario de 04:00 a 17:00 horas, no obstante, si en el horario de finalización aún hay tareas pendientes de producción, estas deben terminarse y recién allí finaliza el turno. Aproximadamente el 25% de los lotes de "masa madre" se utiliza para producir rectángulos de mozzarella mientras que el 75% de los lotes, se utiliza para producir cilindros de mozzarella.

Se realizará el estudio de la mejora de procesos, pero se deja sin modelar la estructura de costos ya que no está muy clara al momento de realizar el relevamiento. Se plantea como alternativa la incorporación de un cobot (robot colaborativo) únicamente para la tarea de envasado y cierre de cilindros de mozarela, liberando a los operarios responsables de esta tarea y que produce la mayoría de los errores causales producto de la tarea repetitiva y muchas horas de trabajo con la consecuente pérdida de productividad. El diagrama de flujo detallado del sector bajo estudio se muestra en la figura 2, donde también se detallan los recursos necesarios (operario principal, operario ayudante y equipos).

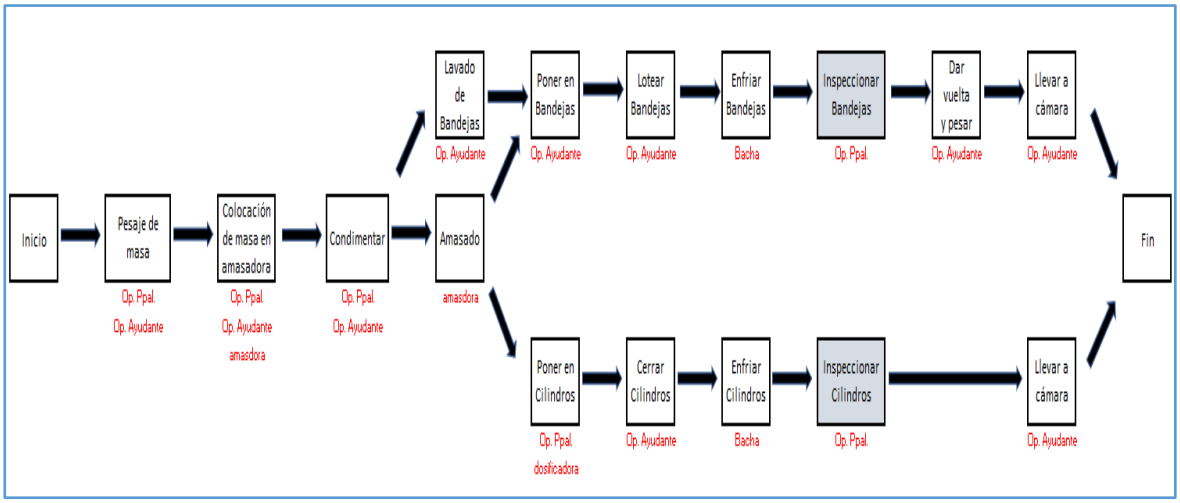


Figura 2. Diagrama del proceso a simular

Para analizar distintos escenarios de producción con o sin la utilización de cobots y distintas ocupaciones del personal asociado al proceso, se decide utilizar una herramienta de simulación, **Anylogic** [4], un simulador multiparadigma que nos permitirá explorar distintas combinaciones y poder elegir la mejor alternativa.

3. Construcción del Modelo

Del relevamiento y análisis de datos y el diagrama de flujo de la figura 2, detectamos variables de diferente tipo a incluir en el modelo de simulación. A saber:

Variables de decisión

a) Cantidad de operarios principales
b) Cantidad de operarios ayudantes
c) Utilización o no de cobots

Variables de referencia

d) Tiempo promedio que demora la línea de producción de mozzarella en procesar un lote
e) Nivel de ocupación/ociosidad de recursos
f) Cantidad de rectángulos y barras producidos
g) Cantidad de cilindros producidos
h) Cantidad de rectángulos rechazados
i) Cantidad de cilindros rechazados
j) Tiempo promedio de elaboración en puntos intermedios

Variables de estado

k) Cantidad de masa en la amasadora.
l) Cantidad de masa en envasadora de cilindros.
m) Cantidad de masa siendo cortada en rectángulos o barras

n) Cantidad de masa enfriándose
o) Disponibilidad de recursos
p) Horario laboral

El modelo de simulación discreta se construyó sobre software Anylogic reflejando la lógica del proceso y teniendo en cuenta los diferentes tipos de variables mencionadas y las posibilidades de experimentación con el mismo. En la figura 3 se muestra el modelo completo.

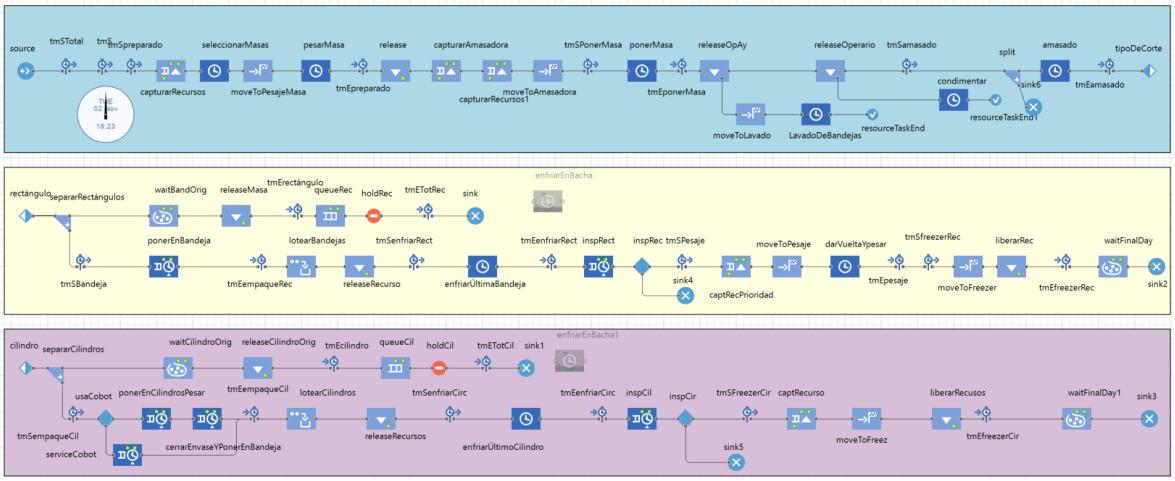


Figura 3. Modelo de simulación en Anylogic

Para la construcción del modelo se tuvo en cuenta distintas variables en su mayoría con comportamientos aleatorios descriptos por distribuciones de probabilidad resultantes de un proceso de muestreo de tiempos. La tabla 1, resume las variables del modelo de simulación.

Tabla 1. Definición de variables en el modelo

Nombre	**Descripción**	**Valor**
PorcentajeArectángulo	Cantidad de masa a rectángulo	0.25
DemandaDeMasa	Demanda de clientes	12 (12*400 = 4800kg/día)
ParamOpAy	Operario ayudante	1
ParamOpPpal	Operario principal	1
paramCobot	Cobot	0
DíaLaboral		Martes, jueves y sábados
HorarioLaboral	Horario de trabajo de los recursos	4 a 17hs
HorarioDesayuno		6:30 a 6:45hs
HorarioAlmuerzo		12:00 a 13:00hs
HorarioMerienda		15:30 a 15:45hs
cantRectángulosPorMasa	Cada molde contiene 4 barras de 5 kg cada una	22
cantCilindrosPorMasa	Cada cilindro contiene 4 kg	100
cantRectProducidos	Rectángulos de 20 kg producidos	0
cantCilProducidos	Cilindros producidos	0
cantRectRechazados	Rectángulos rechazados	0
cantCilRechazados	Cilindros rechazados	0
moveToPreparado	Llevar masa a preparación	triangular(1,2,3) min
seleccionarMasas	Seleccionar masas de distintos proveedores	triangular(4,5,7) min
pesarMasa	Tiempo de preparación	triangular(0.5,1,3) min
ponerMasa	Tiempo en colocar la masa	triangular(3,5,7) min
moveToAmasadora	Llevar masa a amasadora	triangular(1,2,3) min
ponerMasa	Poner masa en amasadora	triangular(1,2,4) min
moveToLavado	Tiempo en llevar bandejas a bacha	triangular(1,3,5) min
lavadoDeBandejas	Lavado de bandejas para depositar rectángulos de mozzarella	triangular(2,5,12) min
Amasado	Amasado de 400 kg de mozzarella	triangular(47,50,60) min
Condimentar	Condimentar la masa mientras se realiza el amasado	triangular(1.5,3,5) min
ponerEnBandeja	Poner 4 bollos de 5.5kg en las bandejas hasta armar el rectángulo	Uniform(0.7, 1.2) seg
enfriarBandejas	Enfriar lote total de bandejas	triangular(9,10,12) min

inspeRect	Inspección de rectángulos	Uniform(1,3) min
moveToPesaje	Llevar rectángulo a pesaje	triangular(1,2,3) min
darVueltaYpesar	Dar vuelta las bandejas y pesar	Uniform(13,18) min
MoveToFreezer	Llevar los rectángulos al freezer	triangular(5,7,10) min
ponerEnCilindroYpesar	Vaciar cilindros en envases	Uniform(4.5, 6.5) seg
cerrarEnvaseYPonerEnBacha	Cerrar el envase y poner en bacha	Uniform(5, 8) seg
serviceCobot	Pone en cilindros, cierra y manda a bacha de enfriamiento. No necesita pesar por precisión del cobot	8 seg
enfriarCilindros		triangular(9,10,12) min
inspCil	Inspeccionar cilindros	Uniform(1,3) min
inspCir	Probabilidad de no rechazo	Bernoulli(0.99)
moveToFreez	Mover al freezer los cilindros	triangular(5,7,10) min
Source	Aparición de la materia prima en el proceso	Dinámico, depende de que no haya masa en la amasadora y que el horario sea menor a las 16:20hs. Una vez que se libera la amasadora se procede a buscar una nueva materia prima

4. Verificación y Validación del Modelo

La **verificación** del modelo se realizó comprobando que cada uno de los comportamientos tuviera su coherencia con el proceso y que los resultados estuvieran dentro de los rangos aceptables de validez ante la prueba de estrés que consistió en la variación de parámetros dentro de sus umbrales mínimos y máximos posibles. La **validación** del modelo se realizó corriendo 1 simulación con 10 réplicas con distinta semilla aleatoria y comparando los intervalos de confianza (95%) de la simulación contra la media de los valores reales recolectados durante los tres últimos meses anteriores a la ejecución del modelo, resumidos en tabla 3. La comparación de la operación de producción simulada versus la real se realizó midiendo indicadores claves de control (KPIs) definidos por el propietario del establecimiento. Los KPIs de control son:

- **Tiempo total promedio de proceso de fabricación de rectángulos de mozzarella** (**TT_Prod_Rec)** medido en minutos e incluye desde que ingresa la materia prima para elaboración hasta que se lleva a la cámara de frio.
- **Tiempo total promedio de proceso de fabricación de cilindros de mozzarella** (**TT_Prod_Cil)** medido en minutos e incluye desde que ingresa la materia prima para elaboración hasta que se lleva a la cámara de frio.
- **Cantidad promedio de rectángulos de mozzarella producidos (Tot_Rec_Prod)** durante el tiempo de simulación.
- **Cantidad promedio de cilindros de mozzarella producidos Tot_Cil_Prod)** durante el tiempo de simulación.

Inicialmente, la simulación mostraba valores que estaban en promedio un 10% por encima de los valores reales muestreados del proceso durante 1 trimestre y por ello se realizaron mejoras al modelo (caso base o situación actual) basadas en técnicas estadísticas de pruebas de hipótesis e intervalos de confianza con replicas para lograr que el modelo ajustara por debajo de 10% de variación respecto a los valores muestreados. Consideramos este porcentaje aceptable para continuar con la experimentación.

5. Plan de Experimentación

A fin de evaluar alternativas se ha propuesto y consensuado el siguiente plan de experimentación con el modelo de simulación que se resume en la tabla 2, donde las columnas significan: OA, Operario Ayudante, OP, Operario Principal, CB, Cobot, AM, Amasadora, EN, Envasadora, BF, Bacha de Frio. Como valores de comparación se usarán los 4 KPIs comentados en párrafos anteriores.

Tabla 2. Plan de experimentación con el modelo

	OA	OP	CB	AM	EN	BF
Situación Actual	1	1	0	1	1	1
Alternativa 1	2	1	0	1	1	1
Alternativa 2	1	2	0	1	1	1
Alternativa 3	2	2	0	1	1	1
Alternativa 4	1	1	1	1	1	1
Alternativa 5	2	1	1	1	1	1
Alternativa 6	1	2	1	1	1	1
Alternativa 7	2	2	1	1	1	1

6. Experimentación con el modelo

Para experimentar con el modelo usamos la versión “light” de Anylogic, conocida como Personal Learning Edition (PLE) con la cual pueden correrse modelos dentro de limitación en la cantidad de objetos creados y la cantidad de réplicas que pueden ejecutarse. Cada uno de los escenarios de la tabla 2, se realizaron con un límite de 1397 réplicas cada uno, resultante de aplicar una fórmula para determinar el tamaño de muestra con el objetivo de determinar intervalos de confianza de 95% de las variables principales (KPIs). Como técnica de muestreo para variables aleatorias se considera la simulación Montecarlo con valores de semilla de generación de números aleatorios cambiante entre cada corrida o réplica reflejando de esta manera la aleatoriedad del proceso.

7. Análisis de Resultados de Experimentación

Los valores de tiempos promedio y cantidades totales de la recolección de datos sobre el sistema actual en el último trimestre previo a la comparación se resumen en la tabla 3. El tiempo de simulación se tomó igual a la cantidad de días del proceso de muestreo realizado, aproximadamente 100 días, un poco más de un trimestre.

Tabla 3. Valores muestreados de la producción real

Resultados Relevados del último trimestre	Valores Promedio
TT_Prod_Rec (minutos promedio por lote)	140.80
TT_Prod_Cil (minutos promedio por lote)	162.21
Tot_Rec_Prod (unidades totales x 20 kg)	2073
Tot_Cil_Prod (unidades totales x 5 kg)	28300

Teniendo en cuenta los datos de producción de los últimos 3 meses validado en la simulación de la situación actual, se realizó el experimento de los diferentes escenarios mencionados en la tabla 2.

La figura 4 resume la comparación del indicador **TT_Prod_Rec** entre los distintos escenarios y se observa que los escenarios 3 y 7 son los que mejor reducen el tiempo de producción. El escenario 7 se compone de 2 operadores de cada tipo y 1 cobot.

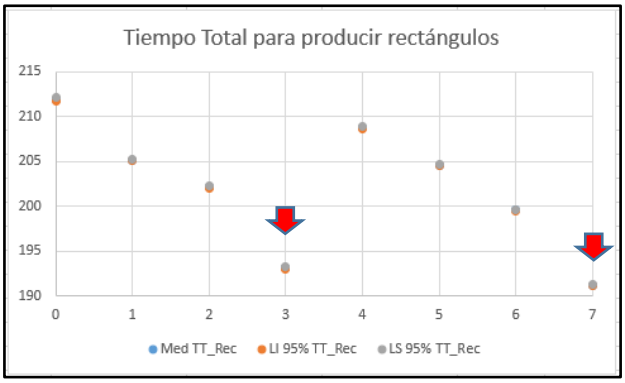


*Figura 4. Resultados de indicador **TT_Prod_Rec***

La figura 5, resume los valores simulados para el indicador **TT_Prod_Cil** y se observa que nuevamente los escenarios 3 y 7 son los que reducen en mayor medida los tiempos de fabricación de cilindros.

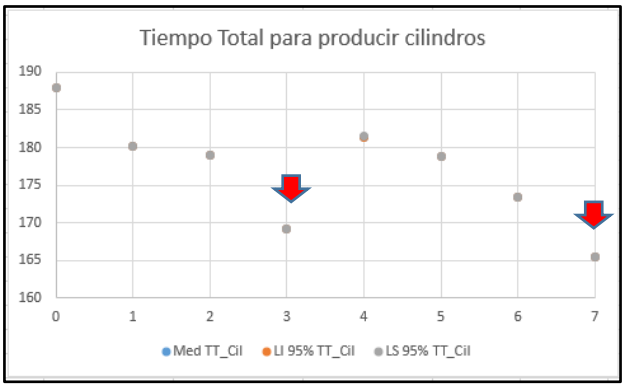


*Figura 5. Resultados del indicador **TT_Prod_Cil***

La figura 6 resume los valores simulados de la producción total de rectángulos o barras de mozzarella, indicador **Tot_Rec_Prod,** en la cual podemos observar que en todos los escenarios alternativos se consigue una mejora en la cantidad total producida destacándose los escenarios 1, 5, 6 y 7. Entre ellos no se puede definir con certeza cuál es el mejor debido a la superposición de los intervalos de confianza.

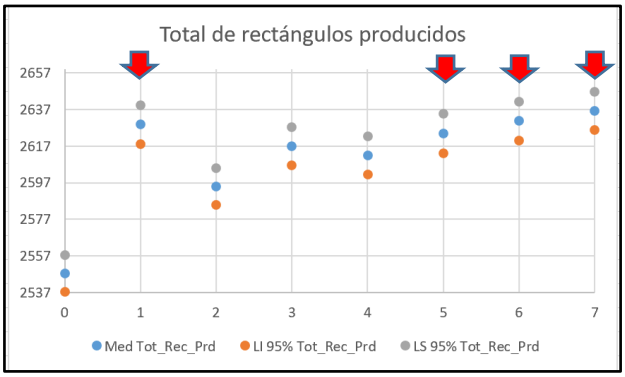


*Figura 6. Resultados del indicador **Tot_Prod_Rec***

Finalmente, en la figura 7, se resumen los valores simulados del indicador de cantidad de cilindros de mozzarella **Tot_Cil_Prod** donde observamos nuevamente que los escenarios 1, 4, 5, 6 y 7 representan mejores alternativas para aumentar la productividad de cilindros de mozzarella. Entre ellos no se puede definir con certeza cuál es el mejor debido a la superposición de los intervalos de confianza.

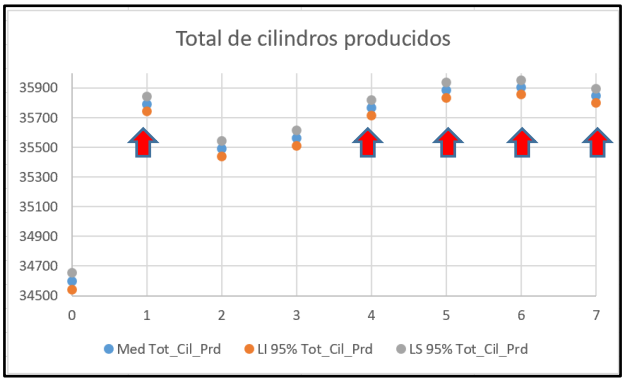


*Figura 7. Resultados del Indicador **Tot_Prod_Cil***

La figura 8, resume la utilización porcentual de la amasadora de mozzarella, principal equipo para generar los lotes de producción envasada. El escenario 6 con ayuda de 1 cobot y 2 operarios principales y 1 operario ayudante aumenta cerca de 10% la utilización de la amasadora. Por tratarse de una única maquina se busca que el tiempo ocioso resulte mínimo. Con ayuda del cobot se consigue este resultado.

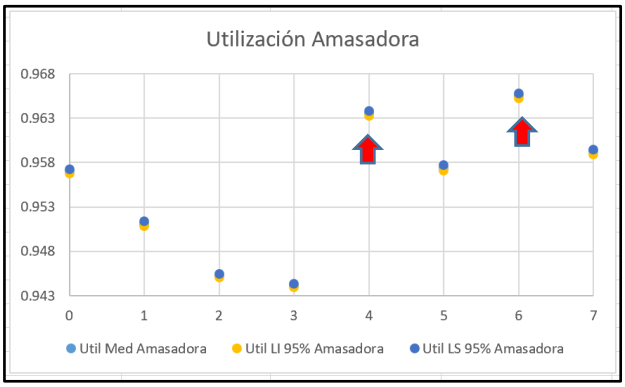


Figura 8. Utilización porcentual de amasadora

La figura 9 resume la utilización de la tolva y maquina envasadora de cilindros de mozzarella donde se observa que los escenarios 4 a 7 donde se incluye el cobot resultan los más adecuados.

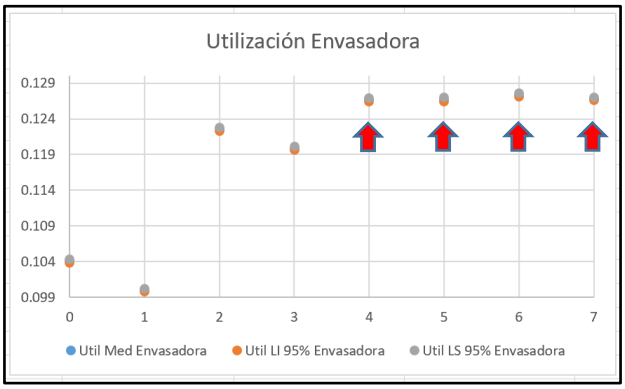


Figura 9. Utilización porcentual de envasadora

La figura 10 resume la ocupación porcentual del operario ayudante (1 o 2) donde observamos que para los escenarios sin utilización de cobots (0 a 3), la ocupación cuando se utiliza 1 solo operario ayudante está por encima del 74%, casi sobrecargado si pensamos en jornadas de 12 horas de trabajo, con 74% o más de su tiempo ocupado. La ocupación del operario ayudante disminuye cuando se agrega un segundo operario ayudante en escenarios 1 y 3 al igual que cuando se agrega el cobot en escenarios 4 a 7.

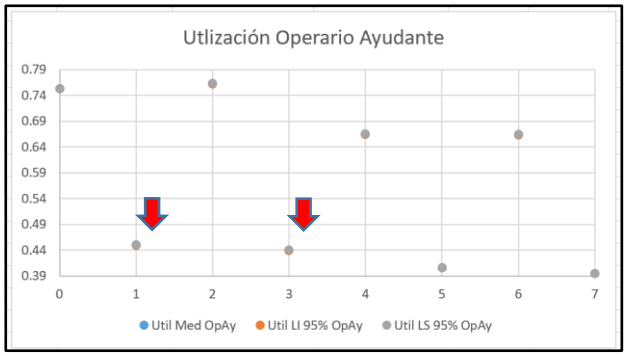


Figura 10. Carga porcentual de trabajo Operario Ayudante

La figura 11 resume la carga porcentual del operario principal, donde podemos observar que la mayor carga de trabajo se produce cuando existe 1 solo operario sin ayuda de cobot, donde su utilización porcentual está cercana al 60%, escenarios 0 y 1. Para el resto de los escenarios la ocupación de los empleados disminuye por lo que consideramos mejor la alternativa 0 (situación actual) que provee una mayor carga en términos de ocupación de empleados. La disminución de carga de trabajo por agregado de más recursos tanto principal como ayudante, además de aumentar la productividad permite que los operarios también puedan colaborar en la fabricación de otros productos que elabora la empresa tales como quesos, ricota, etc.

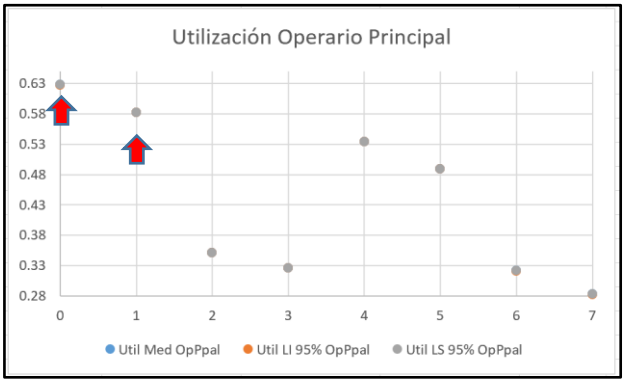


Figura 11. Utilización porcentual del operario ppal.

Finalmente, la figura 12 resume la utilización del cobot en la producción de cilindros de mozzarella donde se observa una baja ocupación al igual que la maquina envasadora de figura 9. Esto se debe a que el cuello de botella detectado está en la utilización de la amasadora Tal vez una segunda amasadora permitiría un aumento de productividad razonable.

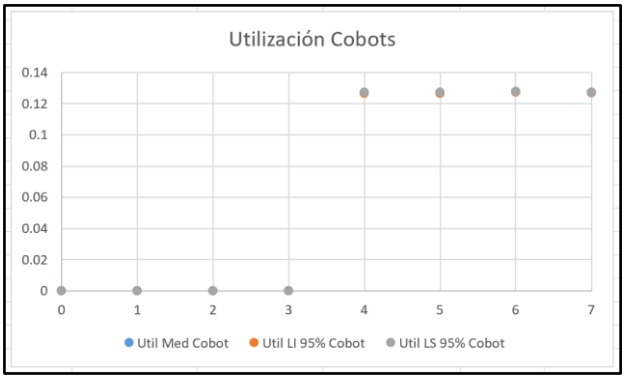


Figura 12. Utilización porcentual del cobot

Obviamente hemos analizado muchos más escenarios, pero mostramos los indicadores más relevantes a criterio del propietario del establecimiento para comparar como mejorar su sistema de producción. Mayor información puede obtenerse escribiendo a los autores.

8. Conclusiones

Luego de un extenso análisis de alternativas de mejoras al sistema productivo podemos concluir que la mejor opción resulta ser el escenario 6 consistente de 1 operario ayudante (OA), 2 operarios principales (OP) y un brazo robótico para envasado de cilindros de mozzarella (Cobot). En la tabla 4 resumimos todos los escenarios analizados (8) y en color verde resaltamos la mejor combinación para aumentar la productividad de cantidad de productos finales.

Tabla 4. Resumen de alternativas de mejoras

	OA	OP	CB	AM	EN	BF
Situación Actual	1	1	0	1	1	1
Alternativa 1	2	1	0	1	1	1
Alternativa 2	1	2	0	1	1	1
Alternativa 3	2	2	0	1	1	1
Alternativa 4	1	1	1	1	1	1
Alternativa 5	2	1	1	1	1	1
Alternativa 6	1	2	1	1	1	1
Alternativa 7	2	2	1	1	1	1

Puede resultar de la lectura que es un modelo simple, la producción de productos de mozzarella, pero la construcción, validación y experimentación de un modelo de simulación que combina sus partes probabilística (Montecarlo) y su parte discreta (modelos de procesos) con análisis estadísticos resulta posible en pocos simuladores, uno de ellos es **Anylogic versión PLE** que puede usarse en universidades para capacitación de estudiantes y poder analizar vía modelado las posibilidades que esta herramienta tiene para analizar mejoras a procesos existentes. El propietario del establecimiento quedo satisfecho con el análisis que pudimos ofrecerle, pero como aclaramos al principio, no está considerada la opción de costos de adquisición, instalación y puesta en marcha del cobot ni tampoco sus costos de operación y mantenimiento para la razón que no estaban definidos al momento de realizar nuestro modelo.

9. Referencias

[1] Addeo, F. **"La Mozzarella un Queso Tradicional en Evolución"**. Anales Congreso Internacional de Tecnología en Producción de Quesos (FEPALE) Bs. As. 1996, Pág. 251 / 271.

[2] **ANMAT. "Código Alimentario Argentino"**. Capitulo VIII, actualización 2020. Página web: https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario

[3] **Anylogic**, web, https://www.anylogic.com/

[4] Emaldi, G.. 1977. "**Quesos de pasta hilada"**. Actas del Seminario Internacional de Ciencia y Tecnología del Queso. Paraná. Entre Ríos

[5] Maldonado Gómez, Ronald J et al. "**Esquema tecnológico general y caracterización del queso hilado tipo telita"**. *Agronomía Trop.*, Dic 2011, vol.61, no.3-4, p.177-188. ISSN 0002-192X

[6] Mansur Furtado, M. (1997), "**Mussarella: uma abordagem pratico- teorica**". Leite & derivados N ° 33 pp 42-49.

[7] Mansur Furtado, M. 1994. "**Tecnología de Queijos**". Sao Paulo. Dipemar.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO UNIPERSONAL HÍBRIDO, PARA CIUDADES CON CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y TOPOGRÁFICAS EXTREMAS.

Cánepa, Luis; Easdale, Nicolás; Santalla, Hernán;
Piccirillo, Sebastian; Rojas, María Candelaria

Instituto de Desarrollo Económico e Innovación, Universidad Nacional de Tierra del Fuego.
neasdale@untdf.edu.ar; lcanepa@untdf.edu.ar; hfsantalla@untdf.edu.ar;
sebastianmartinpiccirillo@gmail.com; candelariarojasm@gmail.com

RESUMEN

La ciudad de Ushuaia ofrece condiciones adversas para el uso de la bicicleta como medio de transporte. En un relevamiento reciente, de un total de 158 encuestados, solo 5 (3,2%) utilizan bicicleta y no utilizan automóvil. Las principales razones para no moverse en bicicleta son el clima (muy bajas temperaturas, vientos fuertes, lluvia, nieve, hielo) y la topografía (calles con pendientes muy pronunciadas).

En este contexto, y con fondos otorgados por el programa PFI 2021 (COFECyT - Proyectos Federales de Innovación), un grupo de docentes investigadores y estudiantes de Ingeniería Industrial y de Análisis de Sistemas de la UNTDF AIAS estamos construyendo un prototipo de vehículo híbrido para una persona, con habitáculo, dos ruedas delanteras impulsadas eléctricamente y una rueda trasera impulsada por pedaleo, que pueda usarse ampliamente en nuestra región, permitiendo reducir la contaminación ambiental y propiciando la realización de actividad física controlada del usuario. De esta manera, se busca atender el área de vacancia que en otras ciudades cubre la bicicleta.

Simultáneamente, y buscando integrar la investigación, la formación académica, el desarrollo profesional y la vinculación con nuestra comunidad, tres estudiantes de Ingeniería Industrial están formulando un proyecto de inversión y un plan de negocios para la construcción y comercialización en pequeña escala de este vehículo, en el marco de su tesis de grado.

En este trabajo describimos:

- La constitución de la red que permitió la materialización del proyecto.
- Los componentes principales y las características técnicas del prototipo.
- El proceso de transferencia de tecnología a la comunidad, una vez construido y probado el prototipo.

Palabras Claves: triciclo híbrido; tracción integral; prototipo; condiciones extremas; movilidad sostenible.

ABSTRACT

Ushuaia city offers adverse conditions for the use of bicycles as a means of transport. In a recent survey, out of a total of 158 respondents, only 5 (3.2%) use a bicycle and do not use a car. The main reasons for not cycling are the weather (very low temperatures, strong winds, rain, snow, ice) and the topography (streets with steep slopes).

In this context, and with funds granted by the PFI 2021 program (COFECyT - Federal Innovation Projects), a group of research professors and students of Industrial Engineering and Systems Analysis of the UNTDF AIAS are building a prototype of a hybrid vehicle for one person, with a passenger compartment, two electrically driven front wheels and a back wheel driven by pedaling, which can be widely used in our region, reducing environmental pollution and promoting the user's controlled physical activity. In this way, the aim is to fill the gap that is covered by the bicycle in other cities.

Simultaneously, and with the aim of integrating investigation, academic background, professional development and bonding with our community, three Industrial Engineering students are working on an investment project and a business plan for the construction and small-scale commercialization of this vehicle, as part of their degree thesis.

In this article we describe:

- The networking that allowed the materialization of the project.
- The main components and technical characteristics of the prototype.
- The process of technology transfer to the community, once the prototype is built and tested.

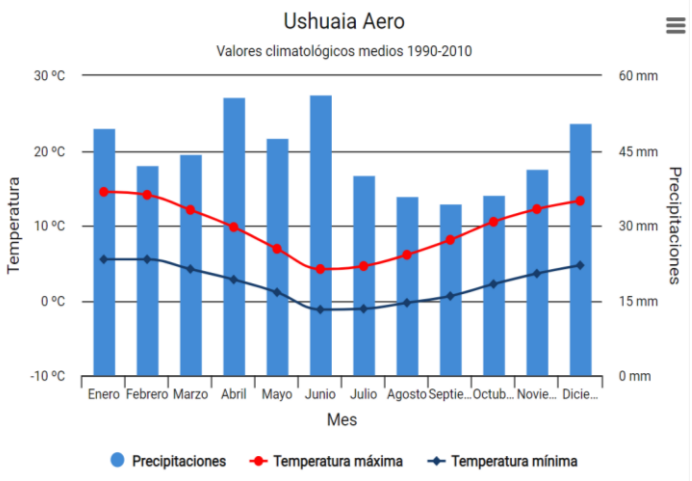
Keywords: hybrid tricycle; all-wheel-drive; prototype; extreme conditions; sustainable mobility.

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por *movilidad sostenible* el desplazamiento o transporte de personas y cosas, a través de medios de locomoción de bajo costo social, ambiental y energético (Real Academia Española, 2022). En esta línea, la presente propuesta ofrece una alternativa al modelo actual de movilidad, centrado en el automóvil particular.

1.1 Antecedentes y propuesta de valor.

La ciudad de Ushuaia ofrece condiciones adversas para el uso de la bicicleta como medio de transporte. En un relevamiento reciente, de un total de 158 encuestados, solo 5 (3,2%) utilizan bicicleta y no utilizan automóvil. Las principales razones para no moverse en bicicleta son: el clima (bajas temperaturas y precipitaciones todo el año, Figuras 1a y 1b) y la topografía (son frecuentes las calles con pendientes de 20% o más, Figura 2).



Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Fuente: Secretaría de Turismo de Ushuaia

Figura 1: Temperaturas máximas promedio inferiores a 15°, precipitaciones son frecuentes todo el año.

Figura 2: Perfil de elevación de una calle típica de Ushuaia, con pendiente de aproximadamente 20%. Fuente: Bernardo Basso.

En este contexto, nos propusimos diseñar y construir un vehículo que satisfaga las necesidades que, en otras ciudades, puede cubrir una bicicleta. Investigamos desarrollos existentes, tomando como base un relevamiento previo (Basso, 2020). En la Figura 3 destacamos 3 vehículos que nos sirvieron como principal referencia.

(Evovelo, 2018)

(Zoxbikes, 2019)

(Podbike, 2022)

Figura 3: Vehículos adoptados como referencia para elaborar nuestro diseño. Fuente: Elaboración propia.

La propuesta de valor de este proyecto, con respecto a los vehículos de la Figura 3, radica en su diseño, especialmente pensado para las condiciones de Tierra del Fuego; en el concepto de Código Abierto que utilizamos para la transferencia de tecnología, y en su sistema de tracción integral innovador.

El prototipo cuenta con un habitáculo para proteger al usuario de las inclemencias del clima, dos ruedas delanteras impulsadas eléctricamente y una rueda trasera impulsada por pedaleo, para asistir en el ascenso y mejorar el agarre en calles empinadas. El diseño apunta a brindar una mejor experiencia de usuario que la que ofrece la bicicleta en nuestra región, permitiendo reducir la contaminación ambiental y propiciando la realización de actividad física controlada por el usuario (Figura 4).

Figura 4: Vistas y perspectivas del prototipo en construcción. Fuente: Elaboración propia.

Simultáneamente, y para hacer más abarcativa la transferencia de tecnología a la comunidad, tres estudiantes de Ingeniería Industrial que participan en la construcción del prototipo están proyectando una planta fabril, pensada para la producción en pequeña escala del vehículo, en el marco de la materia Trabajo Final. Esto incluye la formulación y evaluación del correspondiente proyecto de inversión.

1.2 Equipo de trabajo.

El equipo de trabajo está integrado por docentes investigadores y estudiantes de las carreras de Ingeniería Industrial y de Análisis de Sistemas de la UNTDF, y técnicos del Polo Creativo Ushuaia, dependiente del Gobierno de nuestra provincia, en colaboración con la empresa local Newsan S.A., y con fondos otorgados por el programa PFI 2021 (Proyectos Federales de Innovación - COFECYT).

1.3 Objetivos.

En la realización del presente trabajo nos hemos planteado los siguientes objetivos:

- Describir la constitución de la red que permitió la materialización del proyecto.
- Describir los componentes principales y las características técnicas del prototipo .
- Describir nuestro plan de transferencia de tecnología a la comunidad, una vez construido y probado el prototipo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Constitución de la red que permitió la materialización del proyecto.

En una primera etapa, el proyecto lo plantearon tres estudiantes avanzados de Ingeniería Industrial, en el marco de la materia Trabajo Final. Su intención era formular y evaluar un proyecto de inversión, para una planta de fabricación de bicicletas eléctricas en Ushuaia. El estudio del mercado permitió detectar que había una oferta muy amplia y variada de bicicletas similares, tanto nacionales como importadas. Surgió entonces la idea de producir un vehículo diferenciado, especialmente adaptado a las características de Tierra del Fuego en general, y de Ushuaia en particular. Se tomó como referencia un proyecto anterior de la UNTDF, que planteaba una problemática similar, pero con otro enfoque, ya que se ponía el énfasis en los posibles beneficios urbanos y ambientales, y se realizaba un diseño a nivel conceptual, sin ahondar en los detalles constructivos, ni en cómo podría ser su proceso de fabricación (Basso, 2020).

Tabla 1: Funciones requeridas por el proyecto, realizadores y organismos involucrados (Elaboración propia)

Función	Realizadores	Organismo - Institución
Dirección del proyecto	Diseñador industrial	Ingeniería Industrial, UNTDF
Diseño general, carrocería y habitáculo	Diseñadores industriales (2)	Ingeniería Industrial, UNTDF Dirección de Infraestructura, UNTDF
Formulación y gestión del proyecto PFI	Diseñador Industrial Ingeniero industrial	Ingeniería Industrial, UNTDF
Desarrollo de aplicación de control en sistema Android para el usuario. Página web para transferencia de tecnología, modalidad fuente abierta.	Licenciado en informática Estudiantes avanzados (3)	Licenciatura en Análisis de Sistemas, UNTDF
Diferencial electrónico, control integral de velocidad	Ingeniero electrónico Técnicos especialistas en aplicaciones de Arduino (2)	Ingeniería Industrial, UNTDF Polo Creativo, Secretaría de Ciencia y Tecnología de Tierra del Fuego
Chasis y dirección	Ingeniero mecánico Ingeniero aeronáutico	Ingeniería Industrial, UNTDF
Construcción del prototipo	Operarios especializados (2) Docentes (6) Estudiantes (3)	Newsan S.A. Ingeniería Industrial, UNTDF
Desarrollo del proceso de fabricación en serie, diseño de la planta	Estudiantes (3)	Ingeniería Industrial, UNTDF
Actividades de capacitación para transferencia de la tecnología a la comunidad	Diseñador industrial Ingeniero industrial Estudiantes (3) Licenciado en informática	Ingeniería Industrial, UNTDF Licenciatura en Análisis de Sistemas, UNTDF
Financiamiento	Convocatoria PFI 2021	COFECyT UNTDF (Contraparte) Newsan S.A. (Contraparte)
Administración y seguimiento de la ejecución	Personal de la Unidad de Vinculación Tecnológica	Secretaría de Ciencia y Tecnología, UNTDF

En ese contexto, se abrió la Convocatoria COFECyT *Proyectos Federales de Innovación 2021*, que nos ofrecía la posibilidad de ir más allá del *diseño* y concretar la *construcción de un prototipo*. Como el desafío superaba ampliamente las capacidades de los estudiantes y docentes de la materia Trabajo Final, sondeamos a otros docentes de nuestra carrera, y de la carrera de Análisis de Sistemas, incluyendo al equipo que había formulado el primer proyecto (Basso, 2020). La propuesta tuvo amplia adhesión, lo que nos permitió formular y presentar un Proyecto PFI y recibir el subsidio correspondiente. Como contraparte privada se sumó la empresa Newsan S.A., donde trabajan los estudiantes de Trabajo Final y un docente del equipo, poniendo a disposición un taller, maquinaria y personal calificado para colaborar en la construcción del prototipo. Poco después se sumaron dos técnicos especialistas en sistemas de control basados en Arduino, del Polo Creativo Ushuaia, dependiente de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de Tierra del Fuego.

La red de actores se fue desarrollando a partir de los requerimientos complejos asociados a la construcción del vehículo, integrando a diferentes actores e instituciones, hasta alcanzar la composición que muestra la Tabla 1.

2.2 Características técnicas y componentes principales del prototipo.

2.2.1 Características principales del prototipo.

Se trata de un vehículo con dos ruedas delanteras, cada una impulsada por un motor eléctrico tipo *brushless*, de 1500 W, y una rueda trasera, que impulsa el usuario mediante pedaleo.

Cuenta con una cabina para proteger al conductor del riguroso clima subantártico fueguino (nieve, lluvia, vientos fuertes, temperaturas muy bajas). Su ancho máximo es de 90 cm, adecuado para circular por las bicisendas que se están construyendo actualmente en Ushuaia y Río Grande (ver punto **3.4 Marco Legal**).

La posición delantera y la potencia de los motores, sumada al pedaleo del usuario, permitirá circular satisfactoriamente en la exigente topografía montañosa de la ciudad de Ushuaia. La tracción integral está provista por un sistema de control electrónico, basado en Arduino, que regula de manera diferencial las velocidades de los motores delanteros, en función de la velocidad de la rueda trasera y del ángulo de giro.

La función de propiciar la actividad física del conductor se realiza mediante una aplicación para smartphone, creada especialmente para este vehículo. Su finalidad es equilibrar el esfuerzo realizado por el usuario con la potencia entregada por los motores eléctricos y brindar información sobre rutas recomendadas, distancias recorridas, tiempos, actividad física realizada y energía eléctrica consumida, entre otros.

Teniendo en cuenta nuestro objetivo de transferir a la comunidad local la tecnología desarrollada, pusimos especial atención en asegurar la replicabilidad del prototipo. Para eso, seleccionamos procesos de fabricación sencillos, y componentes y materiales estándar, de fácil adquisición en el mercado local.

2.2.2 Ruedas motorizadas delanteras.

Cada rueda delantera, de rodado 26”, es impulsada por un motor de corriente continua, sin escobillas (*brushless*), sin caja reductora (*gearless*), integrado a la rueda (*hub*). Potencia eléctrica nominal de cada motor: 1.500W. Tensión de alimentación: 48 V. Velocidad angular mínima 64 RPM (8 km/h para rodado 26”). Velocidad angular máxima: 550 RPM (68 km/h para rodado 26”). Torque máximo: 70 Nm. Eficiencia: 85%. Longitud del eje: 180 mm. Peso: 7 kg (excluyendo rueda).

Si bien la velocidad máxima nominal de las ruedas es de 68 km/h, el vehículo va a tener un limitador electrónico de velocidad, fijo y configurado de fábrica, para que alcance hasta un máximo de 25 km/h. De esta forma, buscamos encuadrarlo en una categoría comparable a la de *Bicicletas eléctricas*.(ver punto **3.4 Marco Legal**).

El sistema de frenos es a disco, hidráulico, de 4 pistones, diámetro de disco: 180 mm, con zapatas sinterizadas. En la Figura XX se puede ver el kit de motorización completo, incluyendo la batería, el sistema de gestión de batería (BMS) y los discos de freno. El kit completo se puede ver en la Figura 5.

Figura 5: Ruedas motorizadas, batería, sistema de gestión de batería y discos de freno.
Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Batería y sistema de gestión de batería.

Para la alimentación de los motores encomendamos a un proveedor especializado el armado de un *pack* de baterías de litio con su correspondiente sistema de gestión de baterías (BMS). El *pack* consta de 3 módulos, cada uno de los cuales tiene 4 líneas en paralelo, de 13 celdas en serie cada una. Tensión nominal: 48 V. Corriente nominal: 30 A. Capacidad de carga: 30 Ah. Peso del pack: 7,5 kg.

La autonomía estimada del vehículo con este sistema de alimentación es de 25 km pero, por tratarse de un caso sobre el que no hay antecedentes, será necesario verificar la validez de esta estimación una vez que el prototipo esté en funcionamiento.

2.2.4 Rueda trasera

Para la impulsión por pedaleo de la rueda trasera seleccionamos el siguiente conjunto: 1 piñón de 9 velocidades, 11-34 dientes; 2 cadenas de 9 velocidades; 1 plato palanca de 2 coronas; 1 pata de cambio, descarrilador trasero, 9 velocidades; 1 *shifter* de 9 velocidades, manija de cambio; 1 caja pedalera punta cuadrada. La rueda trasera también es rodado 26”, tipo *mountain bike*. El sistema de freno es a disco, de accionamiento mecánico. Diámetro de disco: 160 mm.

2.2.5 Chasis y asiento

Si bien para la fabricación del producto final proponemos utilizar tubos estructurales de aluminio, para la construcción del prototipo utilizamos tubos de acero, para darle flexibilidad al proceso de soldadura y facilitar la replicabilidad del prototipo (Figura 6).

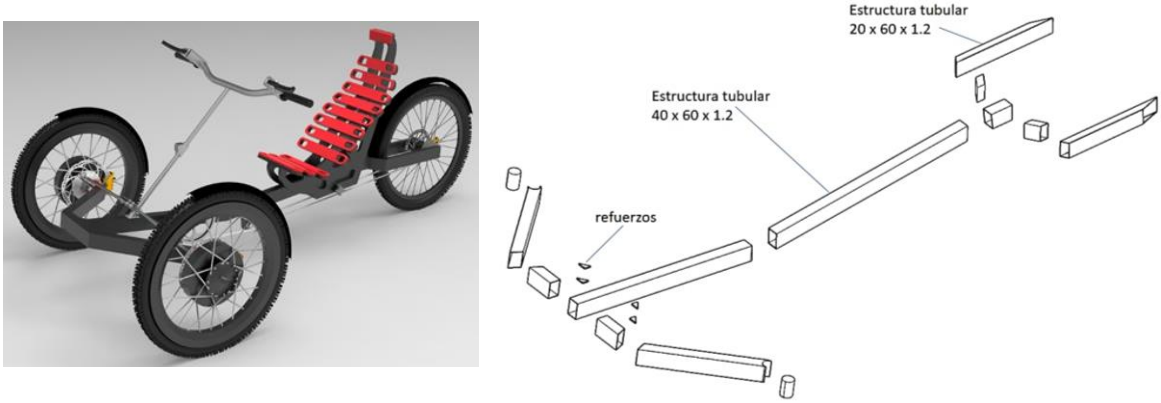


Figura 6. Izquierda: perspectiva del chasis y el asiento. Derecha: Despiece de la estructura del chasis. Fuente: Elaboración propia.

El asiento tiene un apoyo deslizable, que permite ajustar la distancia a la caja de pedales, en función de la talla del usuario (Figura 7).

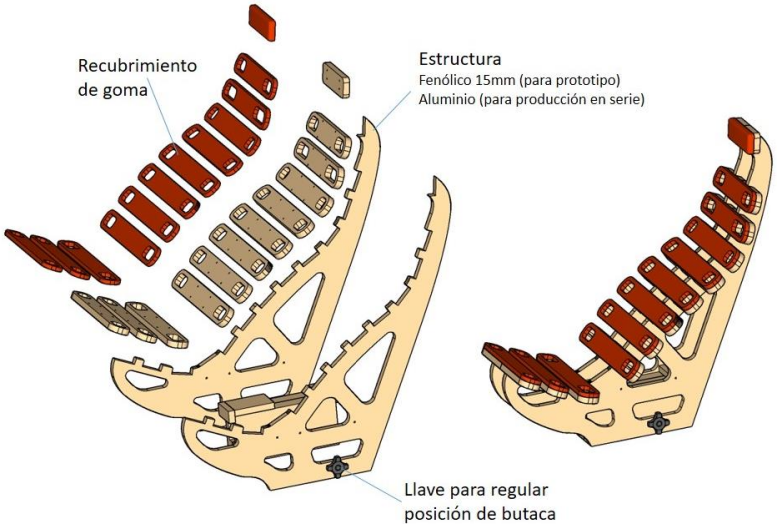


Figura 7: Perspectiva y despiece del asiento. Fuente: Elaboración propia.

Para la fabricación del asiento del prototipo utilizamos terciado fenólico de 15 mm de espesor, con tratamiento protector y recubrimiento de goma. En función del desempeño de estos materiales en el prototipo, se evaluará si se mantiene su uso en el producto final, o si se reemplaza por aluminio.

2.2.6 Sistema de dirección

Para la dirección utilizamos un kit común de dirección de karting (Figura 8, izquierda) adaptando las manguetas a los ejes de las ruedas motorizadas (Figura 8, derecha).

Figura 8: Izquierda: kit común de dirección para karting, utilizado en el prototipo. Derecha: Adaptación de las manguetas a los ejes de las ruedas motorizadas. Fuente: Elaboración propia.

2.2.7 Control diferencial electrónico de velocidad de las ruedas delanteras

El sistema de diferencial electrónico basado en Arduino (Figura 9), toma como *inputs:* la velocidad de la rueda trasera, ω_t; el ángulo de giro de las ruedas delanteras, δ; la posición del acelerador, α, y el estado del sensor de pedaleo, β_p (Wasfy & Eissa, 2010). Utiliza esta información para determinar cuál debe ser la velocidad que le corresponde a la rueda delantera derecha, ω_{dd}, y cuál la velocidad que le corresponde a la rueda delantera izquierda, ω_{di}. Adicionalmente, registra la velocidad *real* de cada rueda delantera y la realimenta, regulando la potencia para que las velocidades reales coincidan con las velocidades calculadas.

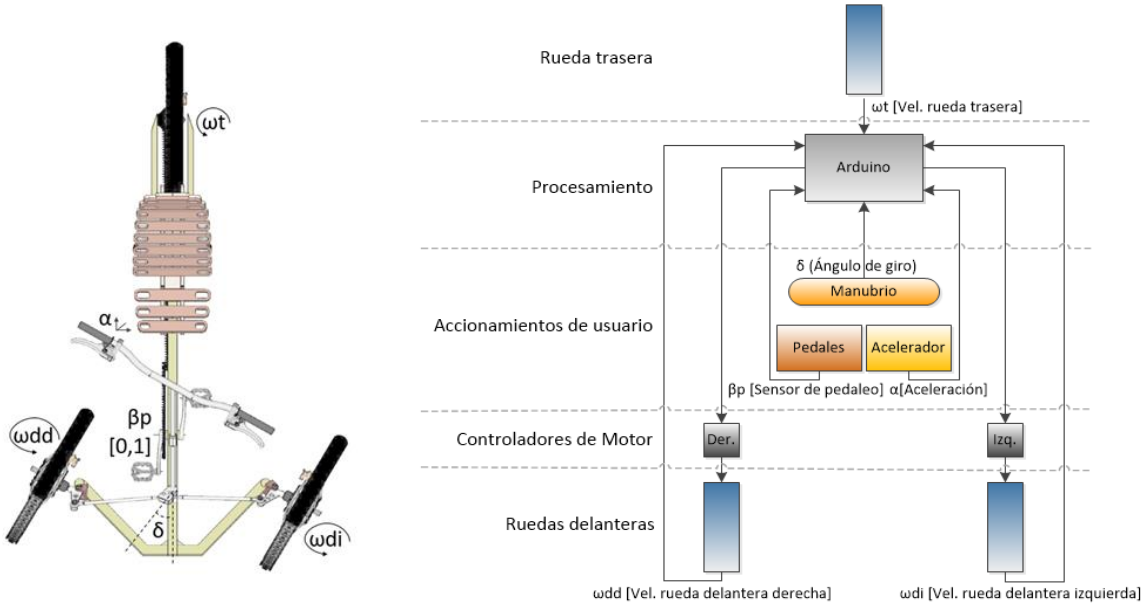


Figura 9: Diagrama de bloques del diferencial electrónico basado en Arduino.
Fuente: Elaboración propia, sobre un circuito diseñado por el Prof. Gustavo Iturriz.

2.2.8 Aplicación para smartphone.

Estamos desarrollando una plataforma para smartphone (android), accesible mediante teléfono o tablet, que brinda funcionalidades para la actividad física del usuario y para monitorear el estado del vehículo (Figura 10). Otra plataforma, instalada en un sitio web, va a integrar la información generada por la aplicación. En el sitio se publicarán datos estadísticos sobre la utilización y el desempeño de los vehículos, estados de sus componentes y datos de la actividad del usuario.

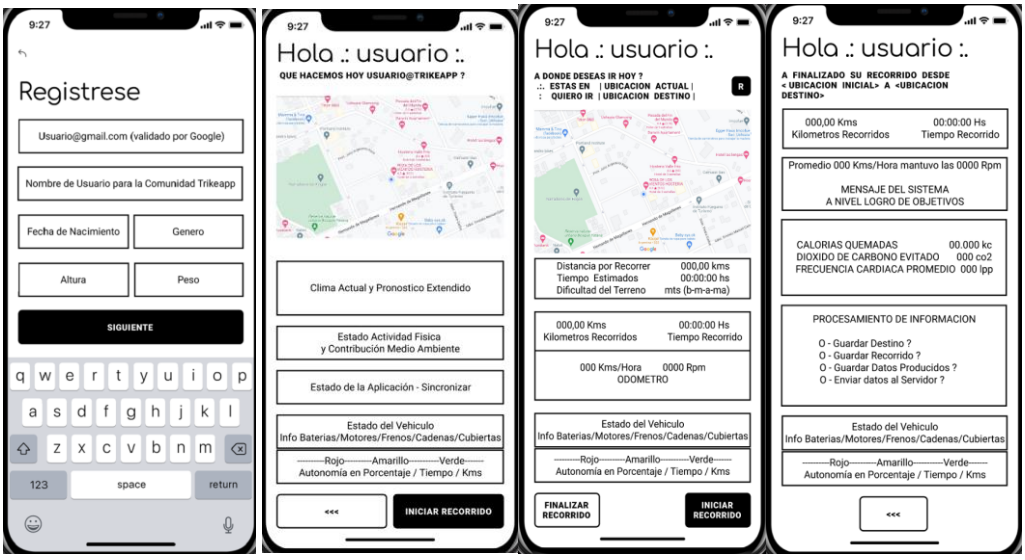


Figura 10: Capturas de pantalla del prototipo de aplicación para smartphone.
Fuente Domínguez, Iost, & Rodríguez, 2021

2.3 Proceso de transferencia de tecnología a la comunidad.

Si bien el *vehículo* tiene como beneficiario final a la población urbana de la Isla Grande de Tierra del Fuego, es decir, de las ciudades de Ushuaia, Tolhuin y Río Grande, el *proceso de transferencia de tecnología* tiene como destinatarios a los integrantes de la comunidad emprendedora local. Esto incluye no solo a Newsan S.A., que participará en la construcción del prototipo, sino también a quienes estén interesados en conocer y eventualmente construir vehículos como el propuesto (empresas, cooperativas, particulares, entre otros).

Una parte de los fondos otorgados por el PFI está destinada a crear y poner en operación una página web para transferir los resultados del proyecto. Desde ahí podrán descargarse libremente los planos, el software de control, los detalles constructivos y toda otra información necesaria para hacer efectiva la transferencia de esta tecnología. En la misma línea, se realizarán talleres en las ciudades de Ushuaia y Río Grande, para presentar el prototipo y capacitar a los interesados en el uso de la página web.

Otro componente importante a ser transferido a la comunidad es el proyecto de planta que están elaborando los estudiantes de Ingeniería Industrial que participan en la construcción del prototipo, para la producción en pequeña escala del vehículo (Piccirillo & Rojas, 2022). Esto incluye el detalle del proceso, el listado de materiales y equipamiento necesario y la distribución en planta, entre otros. A modo de ilustración, en la Figura 11 se muestra la propuesta de distribución en planta.

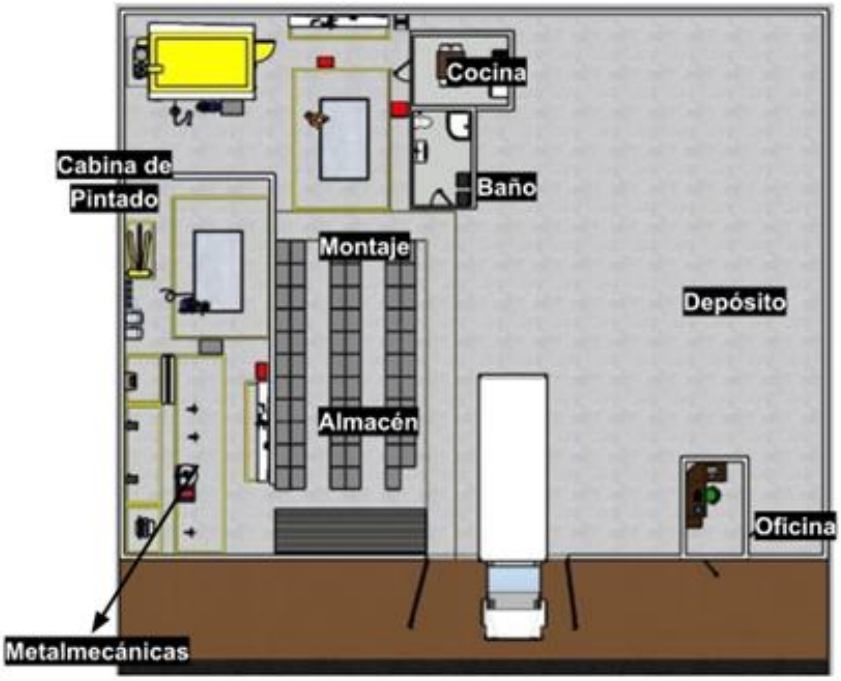


Figura 11: Propuesta de distribución en planta para la fabricación del vehículo en pequeña escala. Fuente: (Piccirillo & Rojas, 2022).

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO Y PRÓXIMOS PASOS

3.1 Avances realizados al 31 de agosto (mes 8).

A la fecha hemos realizado los siguientes avances: Definimos la morfología general del vehículo, haciendo pruebas ergonómicas en una maqueta de estudio en escala 1:1 (Figura 12). Realizamos el diseño completo del vehículo a nivel de detalle, excepto la protección de la cabina y algunos detalles de terminación. Adquirimos o fabricamos los componentes principales del vehículo. Iniciamos la construcción del chasis metálico (Figura 13). Desarrollamos, a nivel de prototipo, el sistema de control electrónico diferencial para los motores. Desarrollamos, a nivel de prototipo, la aplicación para smartphone, que brindará información sobre consumo energético, actividad física realizada, distancias recorridas y estado del vehículo, entre otros.

Figura 12: Construcción y ensayos ergonómicos con la maqueta de estudio en escala 1:1.
Fuente: Elaboración propia.

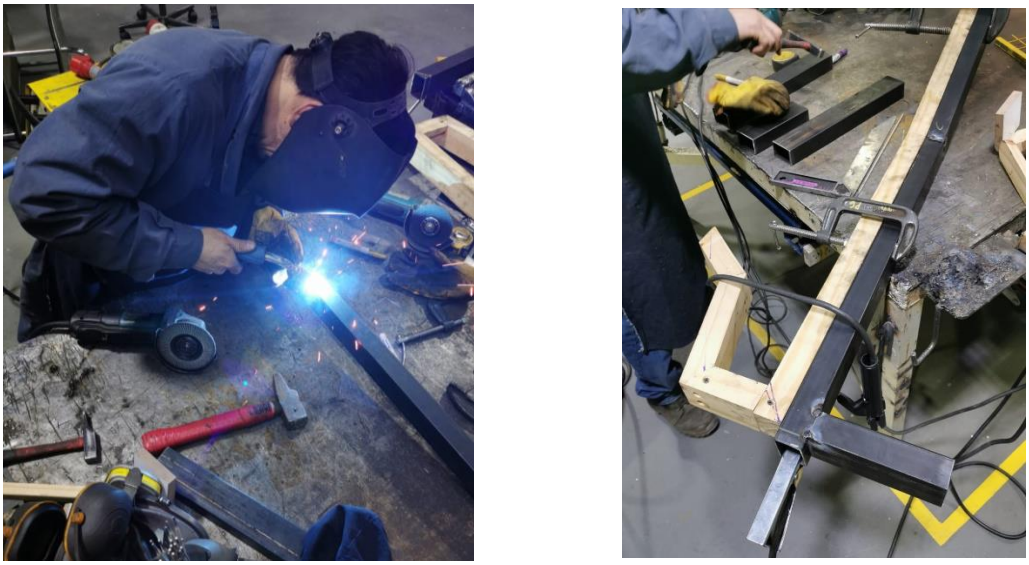


Figura 13: Construcción del chasis metálico, a partir de la maqueta de estudio en escala 1:1.
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Próximas actividades a realizar.

Para la continuación del proyecto, meses 9 a 12, tenemos previsto: Desarrollar a nivel de detalle la aplicación para celular y ponerla en funcionamiento en el vehículo. Poner en funcionamiento en el vehículo el sistema de control de motores. Terminar de construir y poner en marcha el prototipo. Crear y poner en marcha una página web para transferir los resultados, desde la cual podrán descargarse libremente los planos, el software de control, los detalles constructivos, los diagramas del proceso de fabricación, la distribución en planta para la fabricación en pequeña escala, y toda otra información necesaria para hacer efectiva la transferencia de esta tecnología. Realizar talleres en Ushuaia y Río Grande, para presentar el prototipo y capacitar al público en el uso de la página web.

3.3 Segunda generación de prototipos.

Una vez puesto en funcionamiento y en uso el primer prototipo, y las réplicas que se construyan a partir de la información disponible, vamos a recopilar información sobre variables críticas de desempeño: duración y tiempo de carga de la batería, autonomía, comportamiento en calles empinadas, nivel de confort del habitáculo, estabilidad en curvas, comodidad para el pedaleo, entre otras relevantes para el usuario. También vamos a relevar información sobre facilidad para replicar el vehículo por parte de otros constructores. Esta información será la base para diseñar y construir la segunda versión del prototipo.

3.4 Marco legal.

Si bien en Tierra del Fuego no hay aun normativa sobre vehículos como el que estamos desarrollando, existe un claro interés de las autoridades locales por el desarrollo de nuestro

prototipo. Prueba de esto es la Resolución 97/2022 de la Legislatura Provincial, que declara de Interés Provincial nuestro proyecto de investigación (Legislatura de Tierra del Fuego, AIAS, 2022). Hay numerosas ciclovías construidas o en construcción, en Río Grande y en Ushuaia (Figura 14). Para que el vehículo sea apto para circular por estas ciclovías, definimos que su ancho no supere los 90 cm y su velocidad máxima sea de 25 km/h.

Figura 14: Ciclovías en Tierra del Fuego.
Izquierda: Ushuaia (Infofueguina, 2022). *Derecha: Río Grande* (MinutoFueguino, 2021).

4. REFERENCIAS

Basso, B. (2020). *Relevamiento de vehículos de propulsión humana con asistencia eléctrica.* Obtenido de https://drive.google.com/file/d/17PtTOb5F-PhcSulshJEAC42KM4HBq8Xp/view?usp=sharing

Domínguez, J., Iost, D., & Rodríguez, M. (2021). *Trike.movil.* Ushuaia: Laboratorio de Desarrollo de Software.

Evovelo. (2018). *Evovelo*. Obtenido de https://www.evovelo.com/es/

Infofueguina. (19 de septiembre de 2022). *Infofueguina.com*. Obtenido de https://www.infofueguina.com/tu-ciudad/ushuaia/2022/4/20/municipio-destaco-avances-en-la-ciclovia-pensar-malvinas-63903.html

Legislatura de Tierra del Fuego, AIAS. (16 de 6 de 2022). Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1ajyJLkEGKLcYCrccNghx5Yrsn34jR28U/view?usp=sharing

MinutoFueguino. (25 de noviembre de 2021). *minutofueguino.com.ar*. Obtenido de https://www.minutofueguino.com.ar/rio-grande/prez-anunci-que-construirn-un-1kilometros-ms-de-bicisenda-haca-la-zona-norte.htm

Piccirillo, S., & Rojas, C. (2022). *Proyecto de fabricación de vehículos unipersonales híbridos.* Ushuaia.

Podbike. (2022). *Podbike*. Obtenido de https://www.podbike.com/

Real Academia Española. (2022). *Diccionario Panhispánico del español jurídico*. Obtenido de https://dpej.rae.es/lema/movilidad-sostenible

Wasfy, S., & Eissa, M. (2010). Modeling and Analysis of a Traction Control System for Two Independent Wheel Drives-Electric Vehicle. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ'10).* Granada: European Association for the Development of Renewable Energies, Environment and Power Quality .

Zoxbikes. (2019). *Zoxbikes*. Obtenido de https://www.zoxbikes.com/zox-trike/

Agradecimientos

Los autores de este trabajo deseamos agradecer:

- Al Consejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECyT), y a la Unidad de Vinculación Tecnológica de la UNTDF AIAS, que propician la construcción del prototipo que se describen en este trabajo.
- A la empresa Newsan S.A. que puso a disposición del proyecto uno de sus talleres de mantenimiento y el personal técnico necesario para la construcción del prototipo.

Metodología sistémica aplicada al diseño

Dr. Ing. Ferradas, Daniel Eduardo [(*) (1)], Arq. Ferradas, Germán Eduardo [(2)], Ing. Tonini, Walter René [(1)], Ing. Vachetta, Andrés [(1)]

[(1)] Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco
Av. de la Universidad 501 (2400) San Francisco. Prov. de Córdoba. ARGENTINA.
[(2)] Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Córdoba. Prov. de Córdoba. ARGENTINA.

[(*)] deferradas@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo generar una metodología sistémica aplicada al diseño que considere lazos conectivos organizados de múltiples variables intervinientes en el diseño, que lo ordenen y retroalimenten, para tomar acciones correctivas en función de interrelaciones de partes que en forma primaria no se visualizan. Plantea la vinculación de variables mediante nodos de interacción, con un orden de relevancia e impacto en sus sistemas y subsistemas, con nodos críticos que visualizan la necesidad de acciones correctivas generadoras de variables de cambio que retroalimentan al proceso, originándose nuevos lazos de ponderación, asociación e interacción de variables con un enfoque sistémico. Su aplicación es una herramienta facilitadora del proceso de diseño que lo optimiza y permite adecuar sus partes en función de las condiciones preestablecidas en el comportamiento esperado del objeto del diseño, generando documentación ordenada de sus etapas y adecuaciones.

Palabras claves: Diseño – Nodos críticos – Sistémico

ABSTRACTS

This work aims to generate a systemic methodology applied to design that considers organized connective ties of multiple variables involved in the design, which order and provide feedback, to take corrective actions based on interrelationships of parts that are not visualized in a primary way. It proposes the linking of variables through interaction nodes, with an order of relevance and impact on their systems and subsystems, with critical nodes that visualize the need for corrective actions that generate change variables that feed back into the process, originating new bonds of weighting, association and interaction of variables with a systemic approach. Its application is a tool that facilitates the design process that optimizes it and allows its parts to be adapted based on the pre-established conditions in the expected behavior of the design object, generating orderly documentation of its stages and adaptations.

Keywords: Design – Critical Nodes – Systemic

1. INTRODUCCIÓN

El diseño es un proceso complejo, con aspectos intrínsecos endógenos y exógenos al objeto del diseño que constituyen desafíos en función de su grado de complejidad, no solo desde los conocimientos de ingeniería sino también en la necesidad de establecer su orden conectivo y organizativo.
Este ordenamiento requiere de herramientas que permitan la realización de lazos de vinculación en sus etapas, que reordenan y establecen la retroalimentación necesaria para disponer de variables para acciones correctivas que en forma primaria no se visualizan, constituyéndose así en nodos esenciales del proceso de diseño en ingeniería.
Así definido podemos considerar al diseño como una función de varias variables: conocimientos técnicos (ct), capacidad tecnológica disponible (ctd), experiencia (ex), compromiso social (cs) y con el medio ambiente (ma), interpretación de necesidades internas (ni) y de mercado (nm), factibilidad productiva (fp), productividad (pr), simulaciones (s), prototipado (p), ensayos (e), facilidad de acceso a sus componentes (fac) y materias primas (mp), Ecuación (1), que inexorablemente se vinculan e impactan en el objeto del diseño (Figura 1)

$$D = f(ct, ctd, ex, cs, ma, ni, nm, fp, pr, s, p, e, fac, mp) \quad (1)$$

La consideración de cada variable en cuanto a su ponderación es propia de cada diseñador, lo que permite abordar diseños con la impronta particular del tratamiento objetivo de cada diseñador.
La aplicación de una metodología sistémica asociada al diseño permitirá construir un sistema de vinculación de estas variables a partir de parámetros de entrada al sistema, para posteriormente encontrar nodos de interacción que involucran y conjugan aspectos técnicos específicos de las condiciones preestablecidas del producto a lograr, y así alcanzar un diseño integral del producto. Es entonces necesario ponderar estas variables en su asociación, para aplicar en el proceso de diseño las acciones correctivas necesarias que surgen de su análisis.
Definido así, el diseño se debe abordar con un enfoque sistémico de múltiples variables con un objetivo en común y dotado de una sumatoria de elementos relacionados entre sí. Corresponde entonces hablar de metodología sistémica aplicada al diseño, capaz de separar sus partes sin obviar su interacción, separar lo relevante de lo irrelevante y ponderar adecuadamente sus variables, para lo que es fundamental determinar nodos críticos de retroalimentación permanente durante el proceso Figuras 1 y 2)

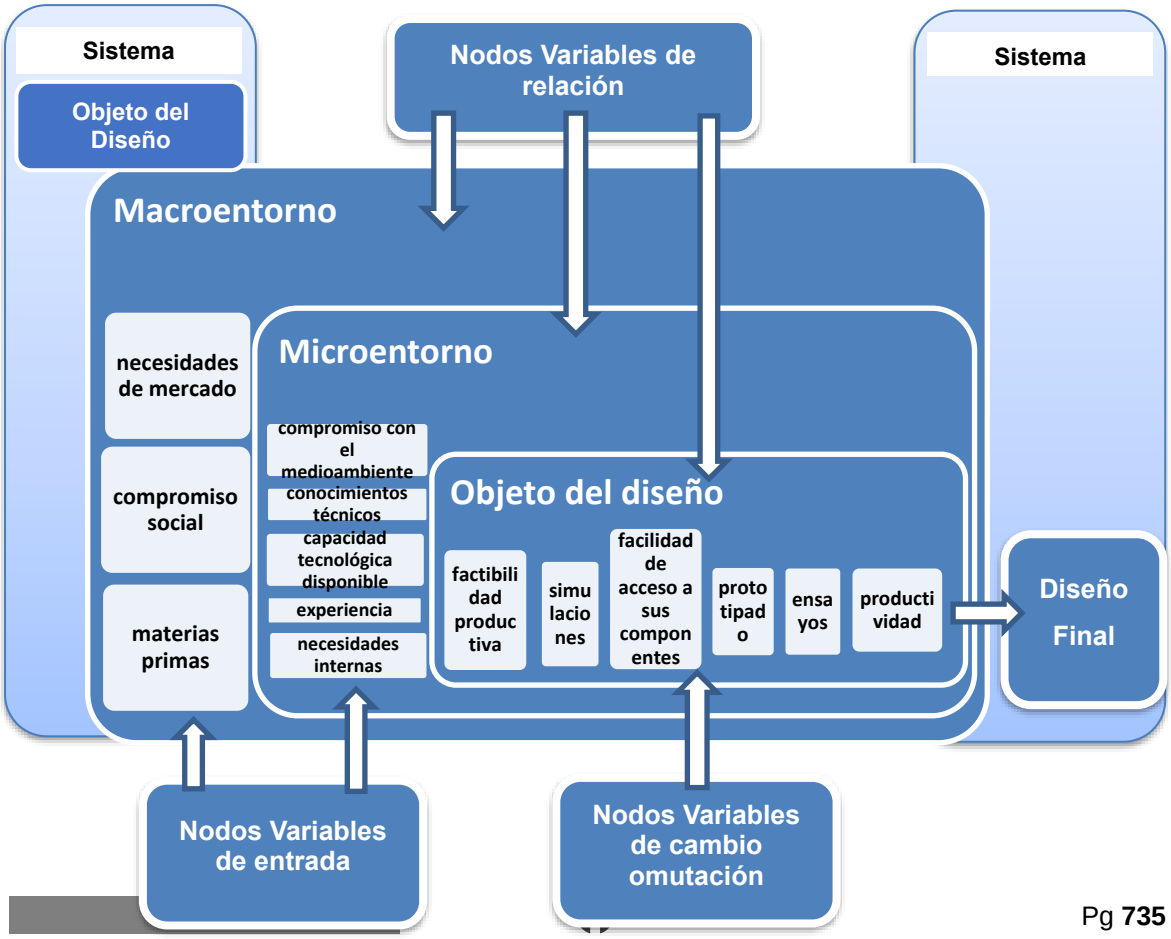


Figura 1 - *Variables que inciden sobre el diseño – su agrupación por nodos (Elaboración propia 2021)*

2. OBJETIVO

Generar un método de acciones sistémicas aplicadas al diseño, analizar su viabilidad y verificar su aplicación, partiendo de nodos de interacción entre las partes intervinientes, con creación de subsistemas integrantes de un sistema de pertenencia que los relacione, analizando la relevancia e impacto de variables intervinientes, que permita ratificar lo realizado en cada etapa o rectificarlo visualizando acciones correctivas generadoras de variables de cambio que retroalimentan al proceso, con nuevos lazos de ponderación, asociación e interacción, en un enfoque sistémico de variables relacionadas entre sí.

3. ESTADO DEL ARTE

La base de la metodología sistémica se ubica cronológicamente en el inicio del segundo cuarto del siglo XX (1937), Karl Ludwig Von Bertalanffy da origen a la teoría sistémica y la desarrolla publicando en 1969 su libro Teoría general de sistemas, instala su abordaje científico desde la concepción de sistema abierto, considerando aspectos conceptuales en una estructura ordenada cuyos atributos no pueden analizarse de manera relevante considerándolos individualmente, sin involucrar la relación e interdependencia de sus partes.
En 1955, se crea la Sociedad para el Progreso en la Teoría General de Sistemas promovida por Bartalanffy, Boulding, Midgley, Rapoport y Checkland.
En 1956, Kenneth Boulding en “la teoría general de sistemas y la estructura científica” generó un nuevo paradigma clasificando los sistemas con niveles y orden jerárquico.
Peter Checkland crea la metodología de sistemas blandos (SSM), (Soft Systems Methodology), basada en una forma de pensamiento sistémico.
Anatol Rapoport, a mediados del siglo XX en su Teoría general de sistemas pone de manifiesto las implicancias filosóficas de la perspectiva sistémica con una exposición moderna del enfoque sistémico.
Gerald Midgley (presidente de la Sociedad Internacional para las Ciencias de Sistemas 2013-2014) aborda la intervención sistémica a partir de cambios originados en agentes relacionados a la reflexión sobre los límites, participó en el desarrollo del pensamiento sistémico crítico y en el desarrollo de la teoría de la crítica de los límites. Stafford Beer (1972), desarrolló un modelo que representa el desarrollo conceptual centrado en el enfoque sistémico y la cibernética como herramienta que permite la retroalimentación y la variabilidad requerida con circuitos cerrados de retroalimentación en un conjunto de sistemas, subsistemas y procesos. Modelo de sistema viable.
George Klir, 1985, en un enfoque metodológico de la teoría de sistemas refiere a la cantidad de sistemas que se pueden plantear a partir de un objeto es ilimitado, dada la variabilidad ilimitada de formas en que distintos observadores del sistema pueden interactuar con un objeto. Klir se interesa por la forma de percibir los sistemas.
Actualmente trabajos como los del Dr. Bernabé Hernandis Ortuño (Universidad Politécnica de Valencia) definen marcos conceptuales en el desarrollo de una metodología sistémica aplicada al diseño mediante la generación de lazos de vinculación, evolución y mutación de variables en un proceso, con un enfoque sistémico de interpretación de herramientas conceptuales que permiten abordar realidades complejas. Plantea un método válido para tratar con sistemas con un grado de formalización que da respuesta a la necesidad de analizar en forma clara y sencilla la complejidad en el desarrollo de una metodología sistémica.

4. METODOLOGÍA

El método utilizado consistió en la aplicación de la teoría de aproximación por iteraciones sucesivas, con relevamiento de resultados en las distintas etapas del proceso y la determinación de nodos críticos de retroalimentación en el proceso de diseño.
A partir del objetivo de creación de un modelo sistémico aplicado a un caso particular de diseño, se simuló el comportamiento y se validó el resultado obtenido. Para su elaboración y validación se utilizó como caso particular del diseño, el subsistema de suspensión delantera de un vehículo, como parte del sistema tren delantero.
Se consideraron todas las variables intervinientes estableciéndose un orden de relevancia, analizando sus interacciones e impacto en los niveles de subsistema y sistema, en un proceso retroalimentado. Las sucesivas iteraciones permitieron concluir con la creación de una metodología

sistémica que se validó por simulación de las distintas etapas de la investigación desarrollada en la propuesta de diseño. Se abordaron nuevas totalidades a partir del tratamiento lógico de las relaciones de sus variables, considerando para ello sistemas y subsistemas de relación atendiendo las características de micro entorno y macro entorno del objeto de diseño.

5. RESULTADOS

La metodología sistémica aplicada al diseño permite identificar nodos críticos, estos surgen de la interrelación de subsistemas pertenecientes a un sistema en común, permiten compatibilizar el diseño de partes y de conjunto para relacionarse con otros sistemas ya definidos, de esta nueva relación surge un diseño final para el objeto del diseño. La división en sistemas y subsistemas que se retroalimentan genera la visualización de posibles correcciones. Comprobada su factibilidad de aplicación y determinados definitivamente los sistemas y subsistemas con sus variables, es posible definir las características finales del objeto del diseño.
Este método facilita el proceso de diseño con un grado de impacto directamente proporcional a su complejidad, permite documentar ordenadamente el proceso y le da fiabilidad con visibilidad.
Desde el sistema exterior se aportan las variables de entrada al sistema, que en función del proceso indicado en la Figura 2 retorna al mismo el objeto de diseño, con características de DISEÑO FINAL a partir del análisis de verificación del comportamiento de sus subsistemas.

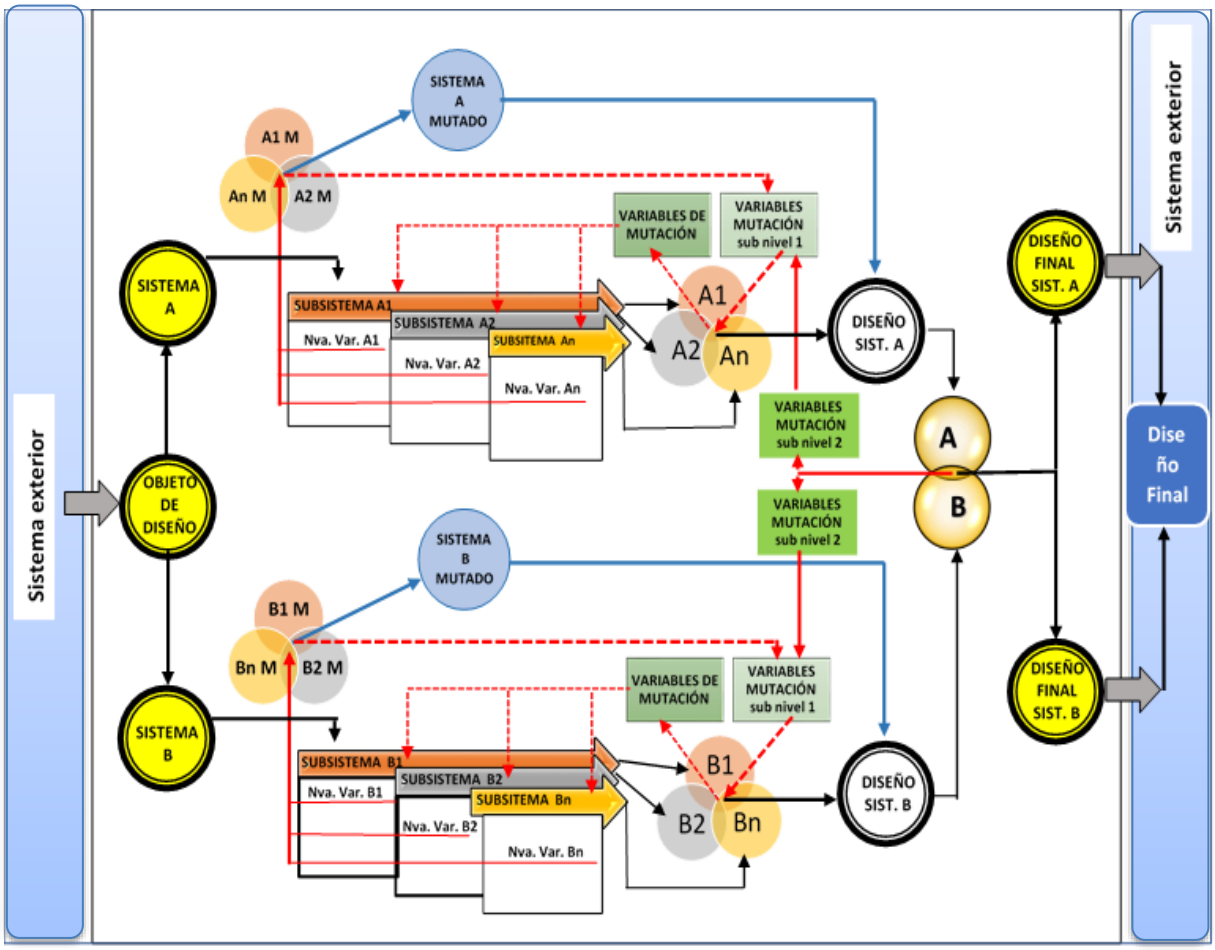


Figura 2 – *El diseño como metodología sistémica (Elaboración propia 2021)*

Considerando el producto como objeto del diseño, en una primera etapa se identifican sus sistemas intervinientes y luego se los divide en subsistemas, estos últimos deben ser analizados en sus impactos de interrelación, pudiendo ser o no satisfactorios.
En el caso que lo sean es adecuado avanzar definiéndolo como diseño del subsistema, que luego de un idéntico estudio de otro subsistema exige el análisis de interrelación entre ambos para definir su viabilidad. Si esta es posible se avanza en el diseño final de cada sistema. Si no fuera satisfactoria

la interrelación de los subsistemas, se deben analizar los cambios necesarios, esto permite definir un conjunto de nuevas variables que se constituyen en variables de cambio o transformación (mutación), generándose nuevas variables evolucionadas que deben analizarse en conjunto originando un nuevo sistema (sistema transformado o mutado), el cual puede constituirse en un nuevo diseño final del sistema que a su vez se debe analizar relacionándolo con otros sistemas, tal cual lo antes indicado, si esta es posible se avanza en el diseño final de cada sistema. Si el análisis de relación de variables de cambio o transformación no es adecuado es necesario recurrir a un nuevo nivel de variables de cambio o mutación (variables de cambio nivel 1) (Figura 2), cuya relación es también objeto de análisis para avanzar en el diseño del sistema tal lo antes indicado o retroalimentar el sistema con nuevas variables.
Definido el diseño de cada sistema, su interrelación puede arrojar resultados positivos o presentar inconvenientes, en el primer caso se adoptan como definitivos los diseños de los sistemas, si esto no ocurre es imperativo realizar un nuevo nivel de transformación que da origen a las variables de cambio o mutación nivel dos (Figura 2), las que vuelven a retroalimentar a los subsistemas y sistemas intervinientes.

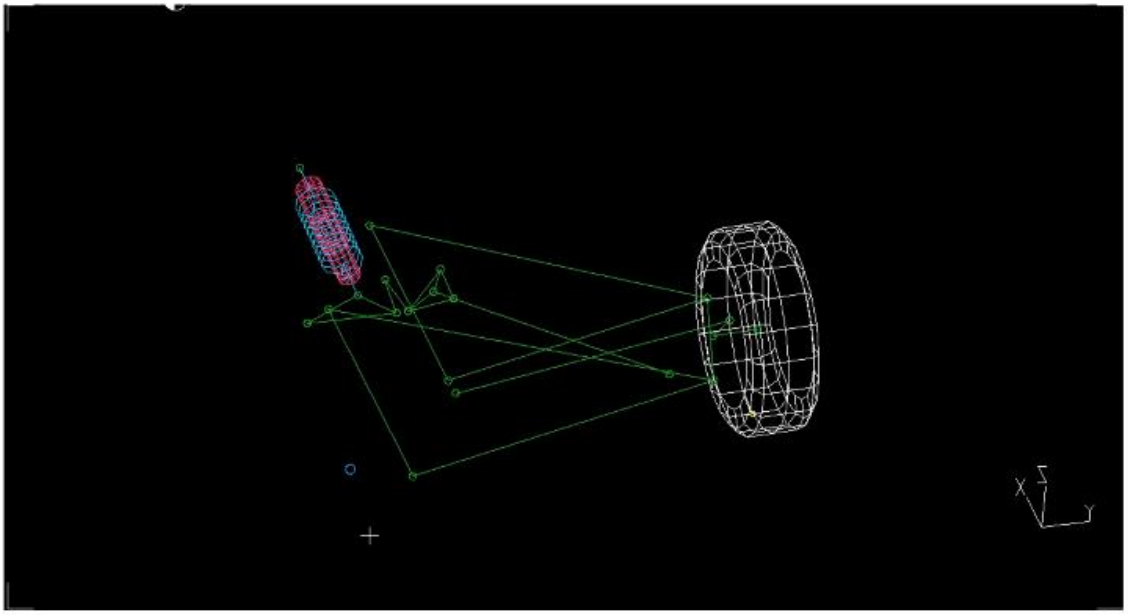


Figura 3 – *Simulación - (Elaboración propia 2021)*

Es entonces un modelo sistémico de retroalimentación permanente, que permite entregar al sistema exterior un adecuado diseño que contempla las condiciones impuestas por cada sistema y subsistema interviniente en el objeto del diseño y sus interrelaciones, con un conjunto de nodos críticos de vinculación por interrelación que lo hacen posible. Surge así la identificación de tres tipos de variables de incidencia en todo el proceso, variables fundamentales o esenciales, variables descendientes o derivadas y variables de cambio.
Las primeras están vinculadas con las condiciones de macroentorno y contemplan conocimientos técnicos, experiencia, compromiso social y con el medio ambiente, interpretación de necesidades internas y de mercado, y condiciones primarias de diseño, estas son variables de entrada desde el sistema exterior; las segundas involucran al microentorno y consideran factibilidad productiva, productividad y recursos en general disponibles y las terceras vinculadas estrictamente a los sistemas y subsistemas y contemplan simulaciones prototipado, ensayos y verificaciones. Las variables de cambio están condicionadas por las esenciales y las derivadas. Las Figuras (3) y (4) corresponden al análisis, verificación y simulación de los resultados obtenidos utilizando como caso particular del diseño el subsistema de suspensión delantera de un vehículo, como parte del sistema tren delantero.

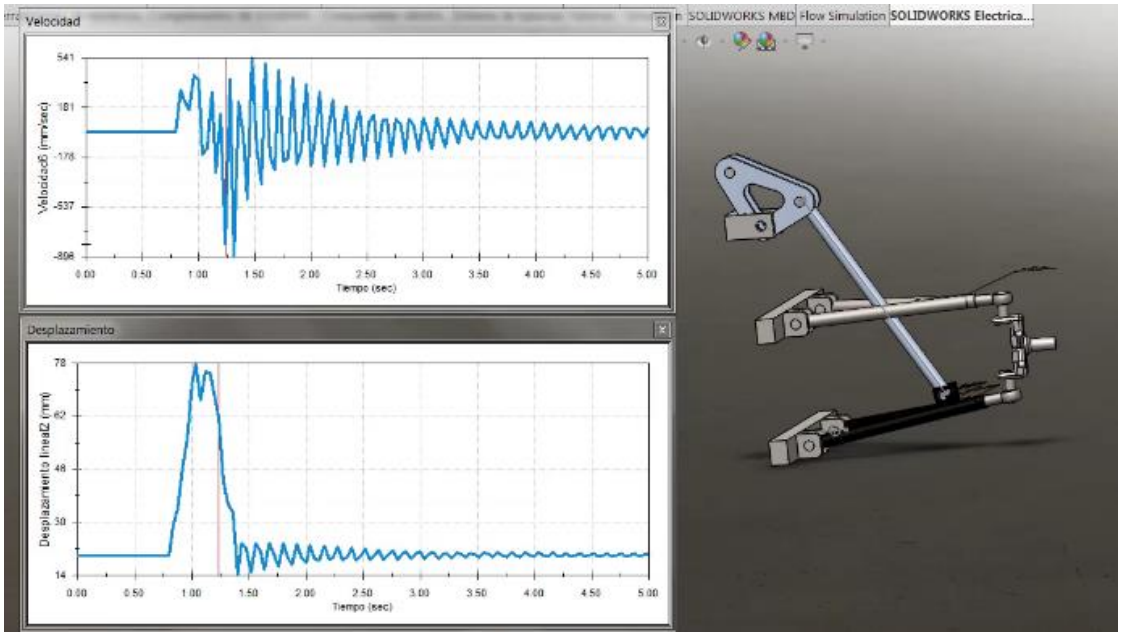


Figura 4 – *Análisis de Comportamiento (Elaboración propia 2021)*

6. CONCLUSIONES

Se concluye que el método sistémico generado a partir de nodos críticos de relación, de interrelación y de variabilidad, genera un proceso de retroalimentación sistémica que permite adecuar las partes del diseño en función de las condiciones preestablecidas en el comportamiento esperado del objeto del diseño, constituyéndose en una herramienta de utilidad facilitadora del proceso que permite la reducción de tiempos y costos, su aplicación llevada al ámbito computacional logra su optimización en la generación y almacenamiento de documentación técnica respaldatoria ordenada de sus etapas con las adecuaciones producidas en cada una de ellas.

7. REFERENCIAS

- HERNANDIS, B, IRIBARREN NAVARRO, E. (2000). *Diseño de Nuevos Productos-Una perspectiva sistémica.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-7721-761-0 [dos autores]

- CAPUZ RIZO, S, GOMEZ NAVARRO, T. *ECODISEÑO-(2002). Ingeniería del Ciclo de Vida para el Desarrollo de Productos Sostenibles* – Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. ISBN: 84-9705-191-2 [cuatro o más autores: Capuz Rizo, S., Gómez Navarro, T., Vivancos Bono, J., Viñoles Cebolla, R., Ferre Gisbert, P., López García, R., Bastante Ceca, M]

- KRIK, EV. (1999). *Introducción a la ingeniería y al Diseño en Ingeniería*. – México DF: Editorial Limusa S.A. de C.V.- Grupo Noriega Editores, 23ra. Imp. ISBN: 968-18-0176-8 [un autor]

- Editores: DRA. DEYANIRA BEDOLLA PEREDA, DR. AARÓN CABALLERO QUIROZ, DR. LUIS RODRÍGUEZ MORALES, MTRA. NORA MORALES ZARAGOZA – (2016) - *Facetas de la Evaluación en el Diseño* – (edición digital) - editado por la División de Ciencias de la Comunicación y Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa - ISBN: 978-607-28-0831-7 Primera edición.

- ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI - CARLOS FERNÁNDEZ COLLADO, PILAR BAPTISTA LUCIO – (2014) -*Metodología de la Investigación – 6ta. edición* McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. México D.F. ISBN: 978-1-4562-2396-0

ADAPTACIÓN DE TURBINA A GAS KINGTECH K-100 PARA HIDRÓGENO

Nicolás Lipchak[1], Agustín García[1], Tomás Gally[1], Agustina Descalzo[1], Gisela Parmelo[2], Milagros Soria[2], Franco Aiducic[3] y Guillermo Valvano[1]

[1]Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
[2]Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional
[3]Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional

lipchakster@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal adaptar una turbina a gas Kingtech K-100, diseñada originalmente para utilizar combustibles líquidos (Diésel, Queroseno, Jet A, etc.), para que pueda operar con hidrógeno de manera segura y eficiente. Para poder lograr esto, se implementaron modificaciones al sistema de inyección y lubricación de combustible. Así mismo, la turbina fue ensayada para verificar que la misma puede alcanzar una aceleración de 21.000 RPM usando 100% hidrógeno. Finalmente, la turbina fue inspeccionada para verificar el estado de los componentes internos luego de su funcionamiento con hidrógeno de modo tal de verificar posibles fenómenos de corrosión que pudieran haberse generado durante la operación.

La conclusión obtenida permite demostrar empíricamente que es posible adaptar este tipo de turbinas para usar hidrógeno sin una pérdida de potencia significativa o deterioro de sus componentes. Sin embargo, para alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM es necesario reemplazar los inyectores de la cámara de combustión por otros de mayor diámetro.

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación denominado “Análisis de factibilidad del uso intensivo de hidrógeno como combustible en una turbina a gas KingTech K-100”, llevado a cabo por el Departamento de Ingeniería Industrial.

Palabras Claves: Hidrógeno – Eficiencia – KingTech - Turbina.

ABSTRACT

The main objective of this work is to adapt a Kingtech K-100 gas turbine, originally designed to use liquid fuels (Diesel, Kerosene, Jet A, etc.), so that it can operate with hydrogen safely and efficiently. In order to achieve this, modifications to the fuel injection and lubrication system were implemented. Likewise, the turbine was tested to verify that it can reach an acceleration of 21,000 RPM using 100% hydrogen. Finally, the turbine was inspected to verify the condition of the internal components after its operation with hydrogen in order to verify possible corrosion phenomena that could have been generated during operation.

The conclusion obtained allows us to empirically demonstrate that it is possible to adapt this type of turbines to use hydrogen without a significant loss of power or deterioration of its components. However, to reach the maximum acceleration of 130,000 RPM it is necessary to replace the injectors in the combustion chamber with larger diameter ones.

Keywords: Hydrogen – Efficiency – KingTech - Turbine.

1. INTRODUCCIÓN

A partir del acuerdo contra el cambio climático en Paris, firmado el 22/04/2016, el mundo se comprometió a buscar e implementar alternativas sostenibles e innovadoras para reemplazar los combustibles fósiles, causantes de los gases de efecto invernadero [1]. Adicionalmente, la Organización de las Naciones Unidas ha definido dentro de los objetivos sostenibles para el 2030, "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos".

Este trabajo experimental realizado en la Facultad Regional de Buenos Aires (FRBA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), tiene como objetivo principal adaptar una turbina a gas Kingtech K-100, diseñada originalmente para utilizar combustibles líquidos (Diésel, Queroseno, Jet A, etc.), para que pueda operar con hidrógeno de manera segura y eficiente. Para poder lograr esto, se implementaron modificaciones al sistema de inyección y lubricación de combustible. Así mismo, la turbina fue ensayada para verificar que la misma puede alcanzar la aceleración máxima por diseño usando 100% hidrógeno. Finalmente, la turbina fue inspeccionada para verificar el estado de los componentes internos luego de su funcionamiento con hidrógeno de modo tal de verificar posibles fenómenos de corrosión que pudieran haberse generado durante la operación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Configuración experimental

Para esta investigación, se ha utilizado una micro-turbina a gas KingTech K-100, que originalmente fue diseñada para funcionar con Diesel, Kerosene y Jet-A. Esta turbina es utilizada normalmente en aviones a radiocontrol. Tiene un compresor radial, una cámara de combustión anular y una turbina axial de una etapa. Ver Figura 1.
La turbina está montada sobre rodamientos lineales y tiene colocada una celda de carga FLEXAR CZA-30 entre la turbina y la superficie fija, la cual es utilizada para medir el empuje. Esta celda de carga está conectada a un transductor que lee los valores recibidos de la celda y los transforma en datos digitales.
En la admisión, se coloca un conducto del mismo diámetro que el de la carcasa de la turbina para montar otros dispositivos de medición.
Junto a la segunda termocupla, un sensor industrial de presión, ADZ-Nagano GmbH. / SML-10.0-0000400-BAR-G-G14E-22-MVS/C, está montado para medir la presión de compresión. Este sensor de presión se encuentra unido a un tubo flexible que se conecta a una perforación en la carcaza y una señal de 4-20 mA es enviada a una pantalla de monitoreo PIXSYS SNC / ATR121-AD. La configuración es tal que es posible la medición de presión estática y dinámica.
En el conducto de admisión se coloca un tubo pitot. Este tubo pitot tiene dos entradas de aire. La primera de ellas en la dirección de la corriente de aire, y mide la presión total. La segunda se coloca en forma perpendicular a la corriente de aire, y así mide la presión estática. Ambas presiones son detectadas por un sensor de presión diferencial MPXV7002DP. El MPXV7002DP que está diseñado para medir presiones positivas y negativas: -2 a +2 kPa (-0.3 a +0.3 psi) que se corresponden con 0.5 a 4.5 V lineales en la salida.
El transductor de la celda de carga (FLEXAR CZA-30) y el sensor diferencial de presiones del tubo pitot están conectados a un microcontrolador que registra los valores. Este microcontrolador está también conectado a una computadora que, mediante una aplicación, muestra los valores y los graba para procesarlos y analizarlos posteriormente.

Para medir la temperatura, se utilizan cuatro termocuplas-K, colocadas en diferentes ubicaciones. La primera de ellas se ubica en el tubo de admisión. La segunda, se encuentra instalada a la salida del compresor mediante una perforación en la carcaza de la turbina. La tercera también se encuentra instalada en una perforación de la carcaza, pero a la salida de la cámara de combustión. La cuarta y última, se ubica a la salida de la turbina.
Las termocuplas están conectadas a una unidad de control y a una unidad de medición, Kyowa EDX-10 and EDX13A, que convierte la señal analógica a una señal de salida digital. Estas unidades también están conectadas a una computadora que recibe los valores, los gráfica y los almacena.
Finalmente, la turbina cuenta con una medición de la aceleración, que realiza el eje de la misma, expresada en vueltas por minuto (RPM).

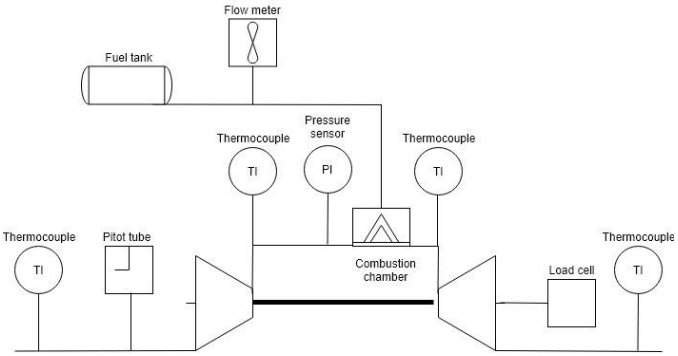


Figura 1 Diagrama esquemático

2.1. Especificaciones técnicas del Hidrógeno comercial

Se ha utilizado hidrógeno comercial con las siguientes especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante [2].

Tabla 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HIDRÓGENO COMERCIAL

Parámetro	Valor
Formula Química	H2
Pureza	99,95%
Estado	Comprimido
Provisión	Cilindro
Hoja de Seguridad	P-4604
Formula Química	Valor

3. RESULTADOS

3.1. Simulación termodinámica del uso de Hidrógeno en la turbina Kingtech K-100

Para poder comenzar a realizar las pruebas sobre el uso del hidrógeno en la turbina, fue necesario hacer una simulación del proceso para tener resultados aproximados de lo que se esperaría que pase en la realidad. Además, fue importante realizarla ya que los equipos tienen presiones y temperaturas máximas admisibles, las cuales no se deben superarse porque de lo contrario se dañarían los equipos.

Temperatura máxima admisible en la turbina: 700 °C [3].
Presión máxima admisible: 10 bar [3].

El modelo del proceso termodinámico en la turbina fue diseñado con el programa ASPEN HYSYS, para el cual se consideró un compresor, un reactor de Gibbs, una turbina y las cañerías y accesorios necesarios, tal como se muestra en la Figura 2.

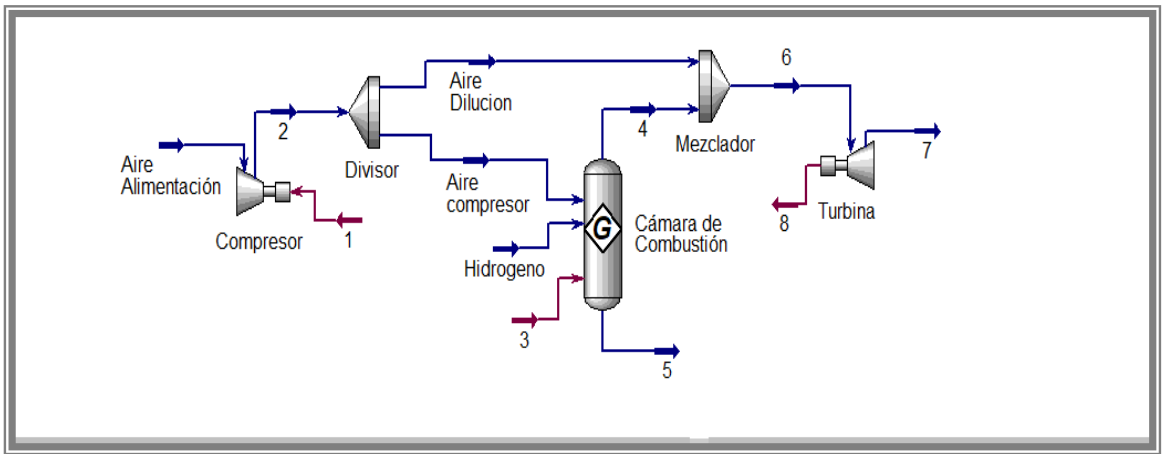


Figura 2 Modelo termodinámico

Se eligió el reactor de Gibbs ya que calcula la composición de equilibrio de la corriente de salida minimizando la energía libre de Gibbs de la corriente de entrada. Solo se requiere especificar la estequiometria.
Al minimizar la energía de Gibbs se produce la reacción más probable. Este es un proceso espontáneo en la naturaleza.
La corriente de entrada de aire, llamada “Aire Alimentación”, entra al compresor con un caudal de 0,3221kg/h a una presión de 1 bar y una temperatura de 23ºC, y sale por la corriente “2” a una presión de 2,5 bar y una temperatura de 120,3°C. Luego se colocó un divisor para que una parte del aire ingrese al reactor y la otra se utilice como refrigerante a la salida del mismo.
Se inyecta el hidrógeno (con un caudal de 1,25E-3 kg/h, una presión de 2,5 bar y una temperatura de 23°C) al reactor junto con el aire, en el cual se forma agua, y según los caudales de entrada, pueden formarse monóxido y dióxido de nitrógeno. Estos últimos componentes se pueden formar debido a la oxidación a alta temperatura del nitrógeno proveniente del aire de alimentación.
La corriente “4” tiene una temperatura de 592,1ºC, la cual al mezclarse con el aire de dilución baja a 548,4°C en “6” para, finalmente, poder ingresar a la turbina donde la mezcla sale en “7” a una presión de 1,013 bar y una temperatura de 400,4ºC.
En la siguiente tabla se muestra la composición de los gases de combustión que se generan para las condiciones seguras de operación (caudal de hidrógeno menor que 1,25E-3 kg/h).

Tabla 2

COMPOSICIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN

Componentes	Fracción Molar a la salida del Reactor (4)	Fracción Molar a la Salida de la Turbina (7)
Hidrógeno	0,0000	0,0000
Oxígeno	0,1738	0,1773
Nitrógeno	0,7663	0,7687
Agua	0,0599	0,0540
Monóxido de Nitrógeno	0,0000	0,0000
Dióxido de Nitrógeno	0,0000	0,0000

Es importante destacar que el modelo de simulación de Gibbs verificó la ausencia de dióxido de carbono y monóxido. Gases que no son esperables de encontrar ya que el hidrógeno no posee átomos de carbono que puedan oxidarse con el oxígeno. En la tabla se puede apreciar que la mayor proporción de gases está dada por el nitrógeno y oxígeno libre que se obtienen del proceso de combustión como consecuencia de emplear un exceso de aire que asegure una combustión completa (sin sobrante de combustible en los productos de la combustión). Además, se aprecia que

el hidrógeno libre es 0 ya que se convirtió totalmente en agua al oxidarse con el oxígeno, verificándose la combustión completa.

Se varío el caudal de hidrógeno para poder ver qué sucede con la temperatura a la salida del reactor y de la turbina y se construyó un gráfico de variación de parámetros que se puede visualizar en la Figura 3.

Tabla 3

VARIACIÓN DE PARÁMETROS TERMODINÁMICOS SEGÚN CAUDAL DE HIDRÓGENO

Caudal de Hidrógeno*10^3	Temperatura a la Salida del Reactor (4) °C	Caudal de Hidrógeno*10^3
1,250	592,1	400,4
1,875	794,4	557,8
2,500	982,5	706,5
5,000	1616	1225
7,500	2052	1633
10,00	2133	1726
15,00	1915	1518
20,00	1719	1346
40,00	1203	919,2
60,00	924,2	692,2
80,00	751,3	551,8
100,0	633,7	456,4

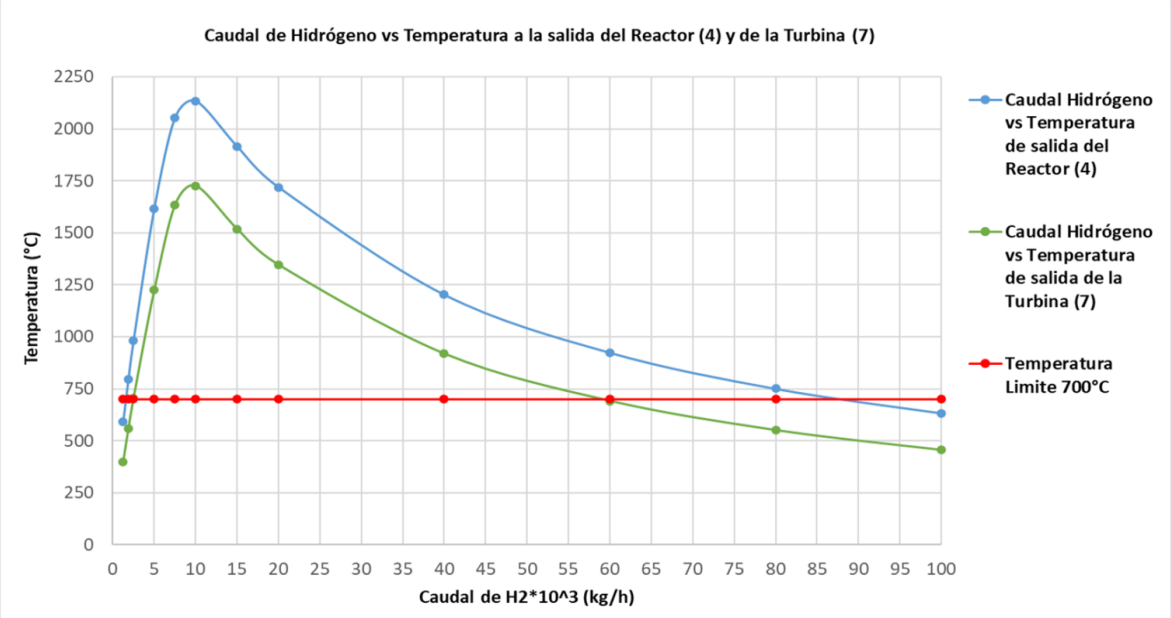


Figura 3 Variación parámetros termodinámicos

En la primera parte del gráfico (caudal de hidrógeno < 1,25E-3 kg/h) la temperatura permanece por debajo del límite admisible debido a que el exceso de aire actúa como refrigerante en el proceso de combustión. A su vez en esta etapa, se asegura un quemado completo del hidrógeno sin superar el valor máximo admisible de 700 °C.

En la segunda etapa, el caudal de hidrógeno es superior a 1,25E-3 kg/h y el exceso de aire no es suficiente para refrigerar el proceso de combustión y que no se supere el valor límite.
Lo que sucede en la tercera parte es que hay un exceso de hidrógeno a la entrada del reactor, haciendo que este pase a ser un refrigerante. La idea no es usar al hidrógeno como enfriador de la corriente “4”, sino usarlo como combustible y evitar que quede sin combustionar. Por lo tanto, se deben utilizar caudales de hidrógeno inferiores a 1,25E-3 kg/h, para así poder utilizarlo al máximo sin tener desperdicios, que cumpla su función y tampoco supere la temperatura máxima admisible por la turbina.
Se concluye comenzar los ensayos en la turbina con un caudal de hidrógeno inferior a 1,25E-3 kg/h, que en condiciones de presión 2,5 bar y temperatura 23 °C equivale a 0,006104 m3/h.

3.2. Modificaciones realizadas en la turbina

La primera modificación realizada en la turbina fue la independización del sistema de inyección de combustible del sistema de lubricación. Originalmente la turbina fue diseñada para operar con una mezcla de combustible líquido y aceite. El aceite es mezclado con el combustible y por este motivo se usar el mismo circuito de inyección. Dado que el hidrógeno es un combustible gaseoso, para poder operar con el mismo y mantener la lubricación de los cojinetes, se debió separar al aceite del combustible y cada uno usar cañerías independientes. Estos cambios pueden apreciarse en las siguientes figuras.

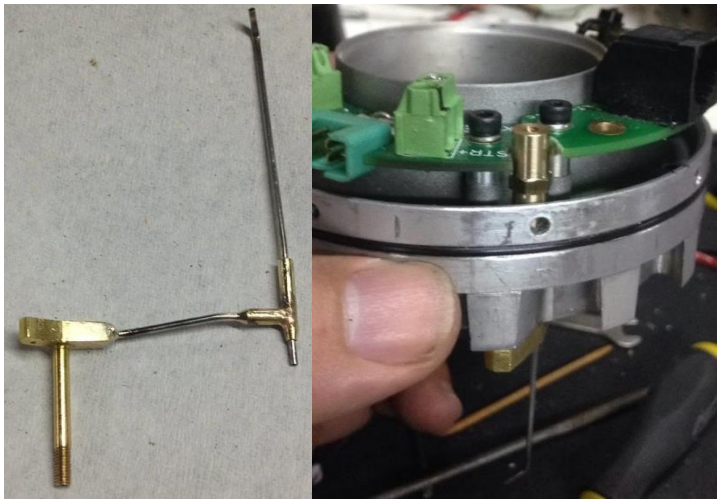


Figura 4 Nueva cañería de lubricación y montaje

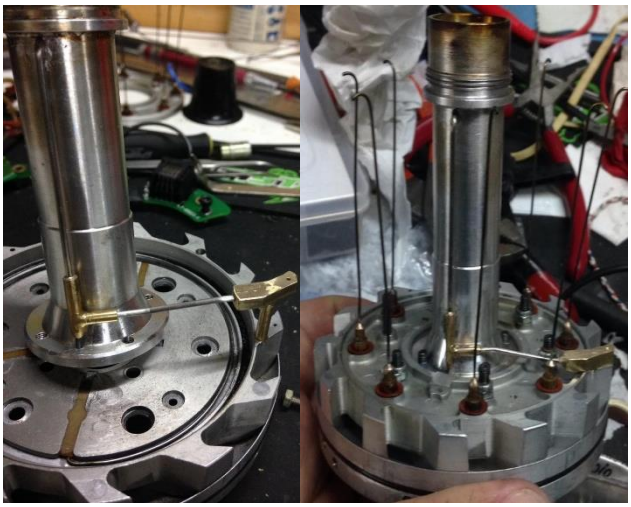


Figura 5 Nueva cañería de lubricación y montaje

Figura 6 cilindro de hidrógeno

Figura 7 De izquierda a derecha, válvulas reguladoras de caudal y presión

Figura 8 Línea de inyección de hidrógeno

Finalmente, se removieron las electro-válvulas originales de la turbina ya que las mismas no permitían la circulación del caudal volumétrico de hidrógeno suficiente para aumentar la aceleración en la misma. En su reemplazo, se instaló una pieza de aluminio con dos entradas tipo FESTO de 4mm para lograr mayor circulación de caudal de hidrógeno. Esto se verificó mediante un primer ensayo en la turbina luego de implementar las modificaciones descriptas anteriormente.

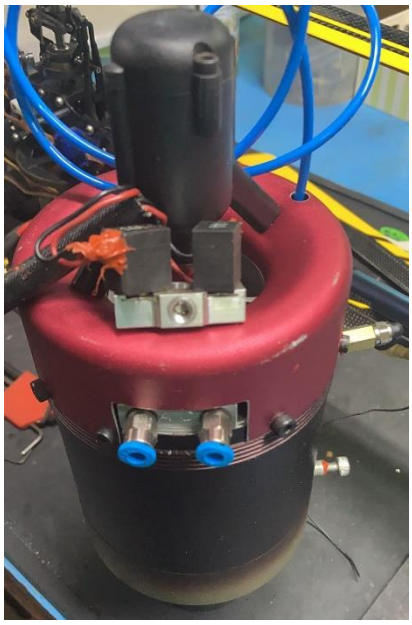


Figura 9 Nueva pieza con conexiones FESTO para la entrada de H2 a la turbina

3.3. Primer ensayo realizado en la turbina

Una vez implementadas las primeras dos modificaciones descriptas anteriormente, se realizó un ensayo para probar el funcionamiento de los nuevos componentes. De este ensayo se pudo confirmar el correcto funcionamiento de los componentes que integran el nuevo sistema de lubricación y del nuevo sistema de inyección de combustible. Sin embargo, la turbina solamente pudo acelerarse hasta 17.200 RPM inyectando hidrógeno a 6 kg/cm2 de presión. En estas condiciones de operación la temperatura de los gases de combustión (Principalmente vapor de agua) fue inferior a 700 ℃.
Esta situación se explica por las electro-válvulas originales de la turbina, que fueron diseñadas para combustible líquido y no permiten la circulación suficiente de caudal de hidrógeno por las mismas.

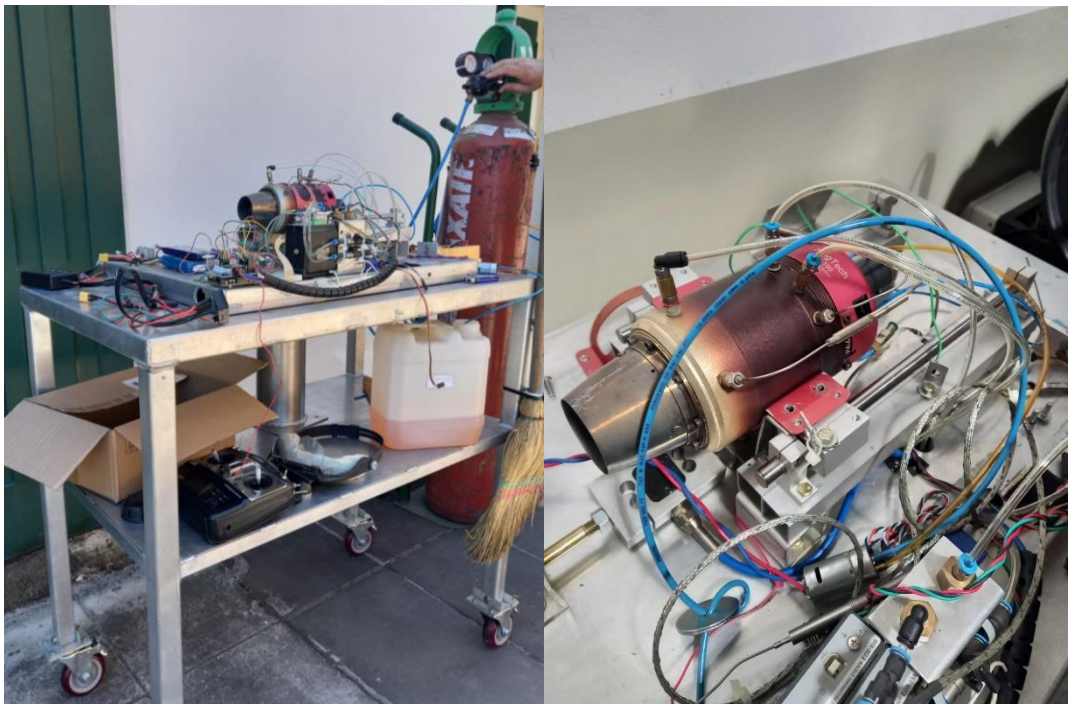


Figura 10 Primer ensayo en la turbina realizado el 27/11/2021

3.3. Segundo ensayo realizado en la turbina

El segundo ensayo realizado el 13/06/2022, permitió verificar la funcionalidad de las conexiones tipo FESTO en reemplazo de las válvulas solenoides. Bajo esta configuración la turbina pudo acelerarse hasta 21.000 RPM, inyectando hidrógeno a 6 kg/cm2 de presión. la temperatura de los gases de combustión (Principalmente vapor de agua) fue 590 ℃. Si bien con la modificación de las válvulas solenoides se logra un 22% más de aceleración, el diámetro de los inyectores de la cámara de combustión de la turbina, no permiten la llegada de suficiente caudal de hidrógeno. Por lo tanto, para poder alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM se deben reemplazar los inyectores e instalar nuevos de mayor diámetro.

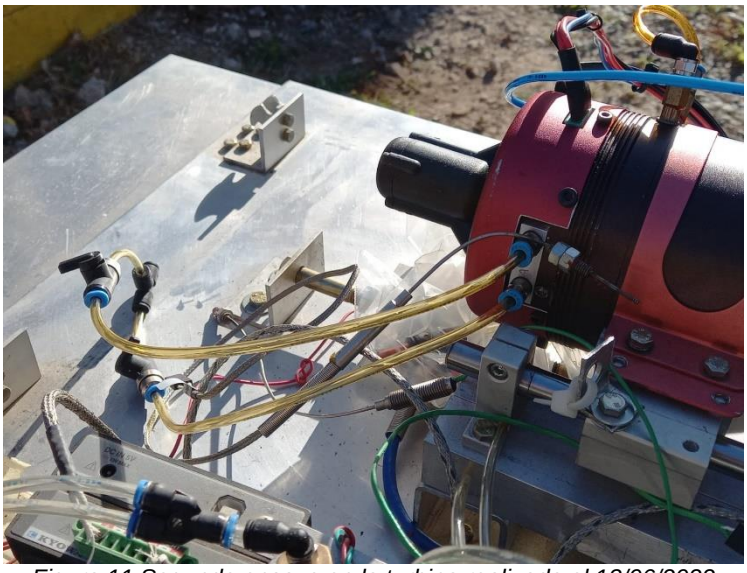


Figura 11 Segundo ensayo en la turbina realizado el 13/06/2022

4. CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas permiten demostrar empíricamente que es posible utilizar hidrógeno en este tipo de turbinas. Para ello, fue necesario realizar modificaciones, principalmente en el circuito de inyección de combustible y de lubricación, que permitieron alcanzar una aceleración de 21.000 RPM.

Es importante destacar que para alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM es necesario modificar los inyectores de la cámara de combustión de la turbina, reemplazándolos por inyectores de mayor diámetro a los efectos de permitir mayor llegada de caudal de hidrógeno. Sin embargo, a los niveles de aceleración y potencia alcanzados, no se observaron diferencias importantes con el hidrógeno, pudiendo este combustible respetar las condiciones de presión-temperatura máximas admisibles (Temperatura inferior a 700 ℃ y presión de 6 kg/cm2).

Además, en el corto plazo, no se observa deterioro en los componentes internos. Para una operación más prolongada a máxima aceleración, es necesario modificar el diámetro de los inyectores y continuar los ensayos de manera intensiva.

5. REFERENCIAS.

[1] Naciones Unidades, Acuerdo de París, 2016.

[2] Linde, Ficha técnica “Hidrógeno”.

[3] Ensayo de Turbina a Gas Kingtech K-100 con Biodiesel, Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante y Ayelén Zanitti, Revista Proyecciones, Volº16 – 2018.

[4] Ensayo de Turbina a Gas Kingtech K-100 con Biodiesel, Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante y Ayelén Zanitti, Revista Argentina de Ingenieria, Volº13 – 2019.

[5] Kawasaki Hydrogen Road, 2018, https://global.kawasaki.com/en/hydrogen/

[6] IPCC, “Special Report: Global Warming of 1.5°C,” October 2018, https://www.ipcc.ch/sr15/

[7] EU Turbines, “Gas Turbines: Driving the transition to renewable-gas power generation,” 2019, https://powertheeu.eu/

[8] Shell Deutschland Oil GmbH, “Shell Hydrogen Study”, 2017.

[9] Lindman, O., “SGT-750 Fuel Flexibility: Engine and Rig Tests,” GT2017-63412, Proceedings of the ASME Turbo Expo 2017: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2017, Charlotte, NC, USA, June 2017.

[10] Lam, K.K. and Parsania, N., “Hydrogen enriched combustion testing of Siemens SGT-400 at high pressure conditions,” 2016, GT2016-57470, Proceedings of ASME Turbo Expo 2016: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2016.

Agradecimientos

El equipo de investigación agradece a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional y al Departamento de Ingenieria Industrial de dicha regional.

CONTROL DIFUSO PI AUTO SINTONIZABLE: APLICACIÓN A UN SISTEMA MULTIVARIABLE DE INTERCAMBIADOR DE CALOR

Gelid, Pedro Benjamin

Docente en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
Estudiante de Máster en Ingeniería de Sistemas y Control por la Universidad Complutense de Madrid.
benjamingelid@hotmail.com

RESUMEN

En la actualidad se han generado sistemas muy complejos que requieren controladores altamente sofisticados para cumplir con el desempeño correcto bajo condiciones adversas. En ocasiones, la falta de conocimiento preciso acerca de algunos procesos es una problemática, debido al hecho de que los parámetros y la estructura de los sistemas cambian de manera significativa e impredecible, es decir, tienen una dinámica cambiante a través del tiempo.

El presente trabajo muestra el desarrollo de un control PI de parámetros auto sintonizables mediante lógica difusa para un sistema multivariable de intercambiador de calor. El desarrollo se realizó en Matlab con la herramienta Fuzzy Logic Designer y posteriormente simulado en Simulink.

Se utilizaron variables lingüísticas como: Error, Suma de error, Kp (ganancia proporcional), Ki (ganancia integral). Se definieron los valores lingüísticos: Negativo alto, Negativo medio, Cero, Positivo medio, Positivo alto, Bajo, Medio, Alto. Se adoptaron funciones de membresía de tipo Gaussianas y triangulares. Posteriormente se realizó la simulación en Simulink.

Mediante la simulación realizada se observa que el sistema utiliza las reglas difusas que se han generado para llevar los valores de las variables controladas a sus nuevos valores de referencia.

En este sentido, el control PI que se ha implementado se comportó adecuadamente bajo otras condiciones de simulación, como ser el cambio de signo en las referencias.

Palabras Claves: Control PI, Control Difuso, Sistema Multivariable, Lógica Difusa, Simulación.

ABSTRACT

Currently, very complex systems have been generated that require highly sophisticated controllers to comply with the correct performance under adverse conditions. Sometimes, the lack of precise knowledge about some processes is a problem, due to the fact that the parameters and the structure of the systems change significantly and unpredictably, that is, they have a dynamic that changes over time.

The present work shows the development of a PI control of self-tuning parameters by means of fuzzy logic for a multivariable heat exchanger system. The development was carried out in Matlab with the Fuzzy Logic Designer tool and later simulated in Simulink.

Linguistic variables were used such as: Error, Sum of error, Kp (proportional gain), Ki (integral gain). Linguistic values were defined: High Negative, Medium Negative, Zero, Medium Positive, High Positive, Low, Medium, High. Gaussian and triangular membership functions were adopted. Subsequently, the simulation was carried out in Simulink.

Through the simulation carried out, it is observed that the system uses the fuzzy rules that have been generated to take the values of the controlled variables to their new reference values.

In this sense, the PI control that has been implemented behaved adequately under other simulation conditions, such as the change of sign in the references.

Keywords: PI Control, Fuzzy Control, Multivariable System, Fuzzy Logic, Simulation.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se han generado sistemas muy complejos que requieren controladores altamente sofisticados para cumplir con el desempeño correcto bajo condiciones adversas. En ocasiones, la falta de conocimiento preciso acerca de algunos procesos es una problemática, debido al hecho de que los parámetros y la estructura de los sistemas cambian de manera significativa e impredecible, es decir, tienen una dinámica cambiante a través del tiempo [7].

En la literatura se encuentran diferentes enfoques en el diseño de controladores con el objetivo de estabilizar un sistema intercambiador de calor. En [1], utilizaron controladores PI de parámetros calculados, a los cuales le adicionaron distintos desacopladores – entre ellos el desacople simplificado de estado estacionario, el desacople simplificado, y el desacople generalizado - y compararon las respuestas del sistema mediante mediciones transitorias y de estado estacionario, frente a perturbaciones en las salidas del sistema. De manera más directa y basándose en el autor mencionado anteriormente, en [3] se enfocan en el uso del controlador PI con desacople simplificado.

En la presente contribución se implementa un controlador PI auto sintonizable mediante lógica difusa. La diferencia con las estrategias mencionadas previamente, es que no elimina la interacción entre variables y que el sistema difuso se encarga de sintonizar las ganancias K_p, K_i del controlador PI con base a dos parámetros: el error y la suma del error. La aplicación se implementó en un sistema multivariable de intercambiador de calor, el cual se describe en la siguiente sección.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema Multivariable

Para el desarrollo de la aplicación se seleccionó un sistema térmico multivariable de intercambiador de calor, el cual se encuentra desarrollado en [1] y [3] pero aquí se muestran las cuestiones más destacables. El sistema se muestra en la Figura 1:

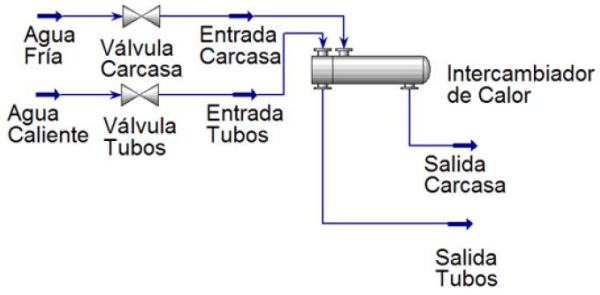


Figura 1: Sistema multivariable 2x2 intercambiador de calor.

Este sistema tiene como aplicación concreta en una planta frigorífica que se mencionan en [1] y [3], sin embargo el criterio y análisis también permite su aplicación en otros procesos donde se requiera por ejemplo del calentamiento de un fluido para ser aprovechado en otro proceso.

La variable controlada T_T temperatura del agua a la salida de los tubos se empareja con la variable manipulada v_T porcentaje de apertura de la válvula en la entrada de los tubos. La variable controlada T_C temperatura del agua a la salida de la carcasa se empareja con la variable manipulada v_C porcentaje de apertura de la válvula en la entrada de la carcasa.

La matriz de funciones de transferencia para este sistema 2x2 viene dada por la siguiente ecuación:

$$\begin{bmatrix} \frac{0.4241}{148.6s+1} & -\frac{0.214}{(142.2s+1)(28.4s+1)} \\ \frac{0.0695}{(126s+1)(26.4s+1)} & -\frac{0.5}{150s+1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

En la Figura 2 se muestra el sistema en Simulink y se ha modificado a efectos de visualizar la ubicación de los controladores.

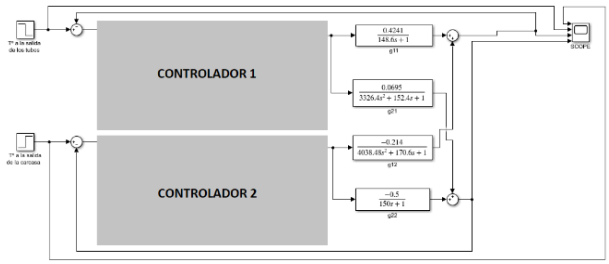


Figura 2: Representación gráfica del sistema multivariable.

2.2. Control Difuso

La Lógica Difusa es una lógica multivaluada que permite representar matemáticamente la incertidumbre y la vaguedad, proporcionando herramientas formales para su tratamiento que permite establecer un mapeo de valores de entrada-salida de una forma adecuada, atendiendo a criterios de significado y no de precisión [2].

La lógica difusa se aplica principalmente en sistemas de control difusos que utilizan expresiones ambiguas para formular reglas que controlen el sistema. Un sistema de control difuso trabaja de manera muy diferente a los sistemas de control convencionales. Estos usan el conocimiento de un experto para generar una base de conocimientos que dará al sistema la capacidad de tomar decisiones sobre ciertas acciones que se presentan en su funcionamiento [2].

En la Figura 3 se presenta la estructura de un modelo difuso.

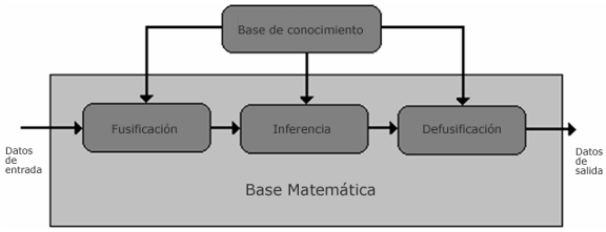


Figura 3: Estructura de un modelo difuso.

La fuzzificación es el proceso mediante el cual se transforma un valor numérico concreto en una variable de entrada en un conjunto difuso que representa dicho valor de forma imprecisa [5].

La base de reglas difusas es la parte de la arquitectura del sistema de control difuso donde se almacena el conocimiento en forma de reglas [5].

En cada instante discreto, el mecanismo de inferencias puede activar una, varias o ninguna de las reglas. La activación de una regla significa que un conjunto difuso de entradas es proyectado en un conjunto difuso de salida. Cada regla se activará en un grado distinto, dependiendo del grado en el que se satisfagan los antecedentes de la misma [5].

Una vez que la entrada ha sido procesada por el mecanismo de inferencias difusas, se obtiene una salida global, dada por un conjunto fuzzy. La defuzzificación se utiliza para elegir un valor de salida preciso (representativo), a partir de este conjunto difuso de salida [5].

3. DESARROLLO

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó “Fuzzy Logic Designer” de Matlab. Primero se define las variables lingüísticas, que en este caso son:

- Error
- Suma de error
- Kp (ganancia proporcional)
- Ki (ganancia integral)

Las variables lingüísticas antes mencionadas se muestran en la Figura 4 y Figura 5.

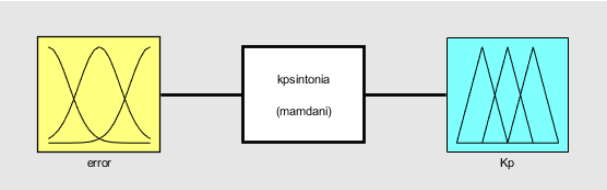


Figura 4: Variables lingüísticas para la parte de control proporcional.

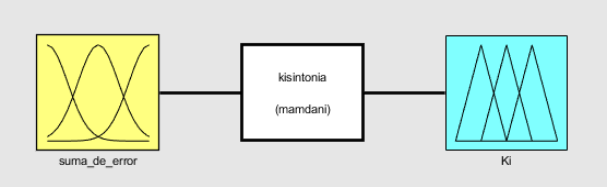


Figura 5: Variables lingüísticas para la parte de control integral.

Una vez definidas las variables lingüísticas, se definen los valores lingüísticos: Negativo alto, Negativo medio, Cero, Positivo medio, Positivo alto, Bajo, Medio, Alto

En la Figura 6, Figura 7, Figura 8 y Figura 9, se representan los valores lingüísticos mencionados mediante funciones de membresía.

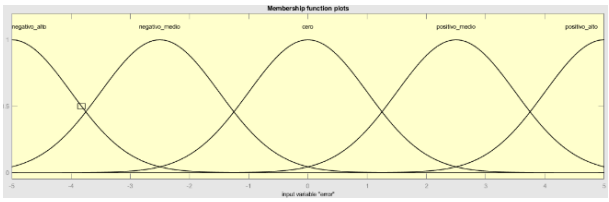


Figura 6: Función de membresía para el error.

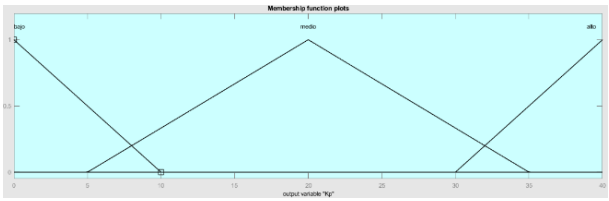


Figura 7: Función de membresía para Kp.

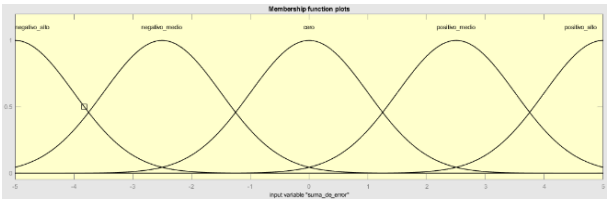


Figura 8: Función de membresía para la suma del error.

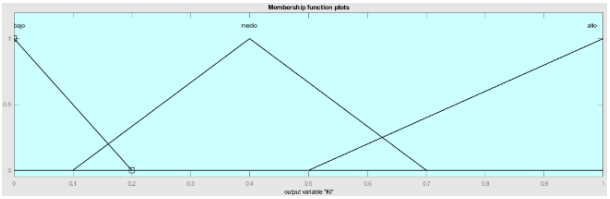


Figura 9: Función de membresía para Ki.

Una vez definidos estos parámetros, se realizan las reglas difusas de la forma IF A and/or B THEN C. En la Figura 10 y Figura 11 se muestran las reglas difusas usadas.

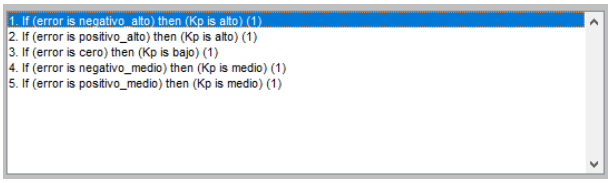


Figura 10: Reglas difusas para la sintonía de Kp.

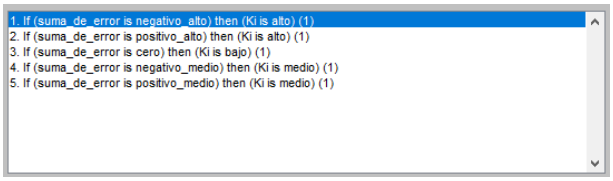


Figura 11: Reglas difusas para la sintonía de Ki.

4. RESULTADOS

Una vez realizada las configuraciones mencionadas se puede representar los cambios de la ganancia Kp del controlador P respecto al error, en Figura 12, y los cambios de ganancia Ki del controlador I respecto a la suma del error, en Figura 13.

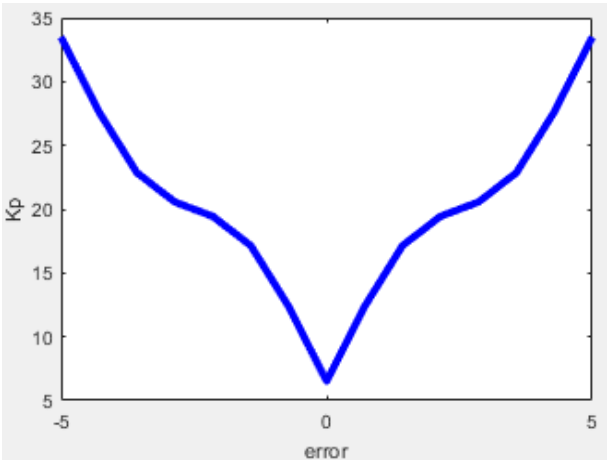


Figura 12: Respuesta del controlador P.

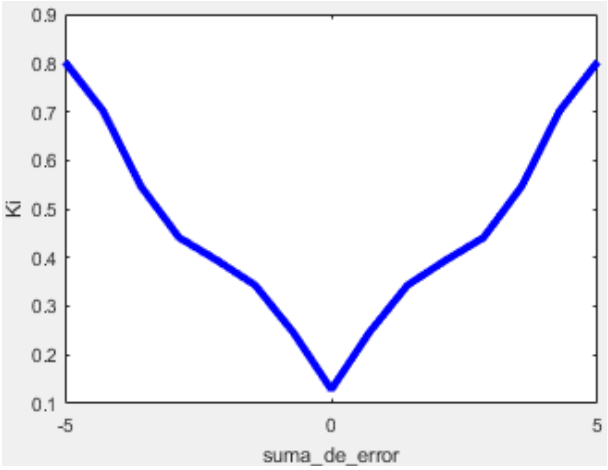


Figura 13: Respuesta del controlador I.

Finalmente se hace uso de Simulink de Matlab para representar el sistema multivariable con el control difuso desarrollado. La Figura 14 plasma el diagrama en Simulink.

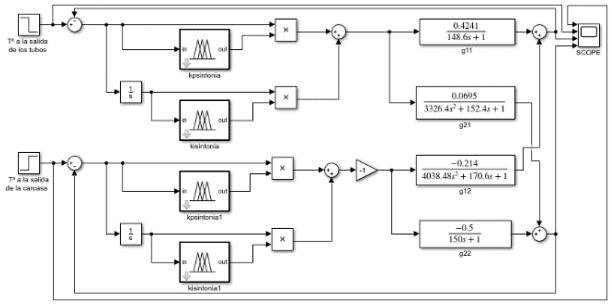


Figura 14: Diagrama en Simulink.

El resultado de simulación puede verse en la Figura 15. En este caso se sometió al sistema a un cambio en la referencia de temperatura de los tubos de -3ºC a los 10 seg de iniciado la simulación (curva azul). Mientras que un cambio de +3ºC en la referencia de la temperatura de la carcasa a los 300 seg (curva amarilla).

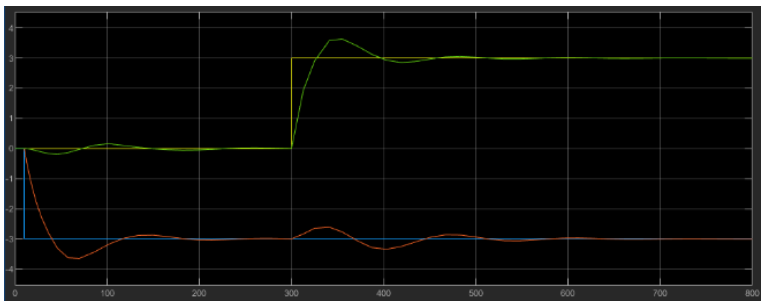


Figura 15: Respuesta del sistema en Simulink.

5. CONCLUSION

Mediante la simulación realizada se observa que el sistema utiliza las reglas difusas que se han generado para llevar los valores de las variables controladas a sus nuevos valores de referencia.

En este sentido, el control PI que se ha implementado se comportó adecuadamente bajo otras condiciones de simulación, como ser el cambio de signo en las referencias.

Si el objetivo es ajustar la respuesta del sistema a criterios de diseño, se debe avanzar en los métodos de sintonía de controladores basados en lógica borrosa, sin embargo el acercamiento al problema de la sintonía se realiza partiendo de una estructura inicial prefijada [4].

Por otra parte, si el objetivo es eliminar las interacciones entre las variables, una solución puede ser la de usar un compensador de interacciones cuyos parámetros se generan mediante algoritmos genéticos [6].

6. REFERENCIAS.

[1] Barrera, & Urueña (2017). “Control multivariable lineal con desacoples en un intercambiador de calor.”. Rev Ingeniería Investigación y Desarrollo, vol. 17 N° 1, pp. 17-25, Enero, 2017.

[2] C.G.González Morcillo. “Lógica Difusa: técnicas de softcomputing”. Disponible en:

https://www.academia.edu/33196504/L%C3%B3gica_Difusa_T%C3%A9cnicas_de_Softcomputing

[3] Martí & Botello (2018). “Estrategia de control multivariable para una planta frigorífica”. Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, Vol. 04, Edition 13, 2018.

[4] M. Santos Peñas (2002). Tesis Doctoral: “Contribución a los métodos de sintonía de los controladores basados en Lógica Borrosa”. UCM, Madrid, España.

[5] M. Santos Peñas, E. Miranda (2012). “Aplicación de la lógica difusa en el ámbito de las energías renovables”. Rev Elementos, vol. 2 N° 2, Mayo, 2013.

[6] K.Belarbi y otros (2006). “Multivariable Fuzzy Logic Controller Based on a Compensator of Interactions and Genetic Tuning”. International Journal of Innovative Computing, Information and Control. Vol 2, Num 6, Diciembre 2006.

[7] O. E. Gualdrón-Guerrero, K. J. Beleño-Sáenz & D. A. López (2015), “Desarrollo de un controlador PID por sintonización difusa aplicado a un sistema rotacional (péndulo invertido)”, Fac. Ing., vol. 24 (40), pp. 95–105, Sep.-Dic. 2015.

Agradecimientos

A PhD. Matilde Santos Peñas por introducirme en el área del control inteligente, promover la lectura e investigación en el contexto del Máster de Ingeniería de Sistemas y de Control de la UCM, Madrid.

Análisis comparativo de la variabilidad del proceso de manufactura aditiva por modelado por deposición fundida (FDM) a nivel industrial y comercial

LUCIONI JUAN IGNACIO, GHISONI LUCAS MARÍA,

QUISPE MENDEZ PABLO,TRIGUEROS MARCOS, SOTO MARCELA

Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)
Av. Eduardo Madero 399 C1106ACD, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
jlucioni@itba.edu.ar; lghisoni@itba.edu.ar; pquispe@itba.edu.ar;
mtrigueros@itba.edu.ar msoto@itba.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo describe un proyecto de investigación de carácter exploratorio centrado en la comparación de atributos dimensionales y de propiedades mecánicas definidas en una fase inicial, utilizando un tipo de probeta de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) estandarizada (Probeta Tipo I, ASTM D638) obtenida mediante manufactura aditiva por deposición de material fundido (*Fused Deposition Modelling*, FDM) con tres tipos de impresoras 3D: i) máquina FDM profesional, ii) una máquina de escritorio comercial o "*hobbista*", iii) la máquina definida en ii) a la cual se le incorporaron una carcasa y sensores de temperatura y humedad para optimizar el control del proceso de impresión, denominada como máquina comercial modificada. Los atributos dimensionales fueron medidos mediante el uso de un dispositivo "poka yoke" para evitar errores estadísticos durante la medición y las propiedades mecánicas se midieron con ensayos de tracción mecánica (según ensayo normalizado ASTM D638). Estos ensayos se definieron en los "Protocolos de Ensayos y Medición de Atributos" durante la fase inicial de este proyecto. En función de los resultados obtenidos experimentalmente se efectuaron análisis estadísticos complementarios con el objetivo de evaluar la estabilidad de cada proceso y su variabilidad, como así también, realizar comparaciones de medias y varianzas. Como objetivo secundario, consecuente de la caracterización y comparación estadística realizada, se identificaron ventajas y limitaciones del uso de cada equipo en usos industriales.

Palabras clave: variabilidad, manufactura aditiva, (limitaciones), (proceso estable), FDM

ABSTRACT

This paper describes an exploratory research project focused on the comparison of dimensional attributes and mechanical properties defined in an initial phase using a type of standardized acrylonitrile butadiene styrene (ABS) specimen (Type I Specimen, ASTM D638) obtained by additive manufacturing by Fused Deposition Modelling (FDM) with three types of 3D printers: i) professional FDM machine, ii) a commercial or "hobbyist" desktop machine, iii) the machine in ii) but adding a casing plus temperature and humidity sensors that were incorporated to optimize the control of the printing process, denominated in this work as modified commercial machine. The dimensional attributes and the mechanical properties were measured using a "poka yoke" device to avoid statistical errors and uniaxial tensile tests (according to the standardized test ASTM D638), respectively. These tests were defined in the "Test and Measurement of Attributes Protocols" during the initial phase of this project. Based on the experimental results, complementary statistical analyzes were carried out to evaluate the stability of each process condition and its variability, and to compare statistical trends and variances.

In addition to the characterization and statistical comparison of results, as a secondary objective, these tests identified advantages and limitations of using one or another equipment for the manufacture in industrial application.

Keywords: variability, additive manufacturing, limitations, stable process, FDM

1. INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva (MA) es un método de producción utilizado para crear objetos tridimensionales mediante la deposición de material por capas (Gao et al., 2015). La MA permite producir piezas con mayor agilidad y precisión a menores costos (Wong y Hernandez, 2012). El proceso de MA, a diferencia de la manufactura sustractiva, en la cual se elimina material durante el proceso de producción, disminuye la generación de desperdicios (Wong y Hernandez, 2012). Además de dicha ventaja, cabe destacar que pueden fabricarse piezas de diferentes metales y polímeros, a través del modelado en ordenadores. La MA permite obtener un mayor grado de precisión en las tolerancias especificadas; además de presentar una gran flexibilidad para obtener piezas sin moldes, lo cual conlleva una disminución en el tiempo de espera para obtener una pieza inclusive si la misma posee una geometría compleja (Wong y Hernandez, 2012). El modelado por deposición fundida (FDM) se destaca como un método de fabricación por MA. FDM se utiliza en gran medida debido a su fácil manipulación y el bajo costo que representa imprimir materiales polímeros termoplásticos como acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), acrilonitrilo-estireno-acrilato-nitrilo (ASA), policarbonato (PC), Nylon, derivados de la polieterimida (ULTEM™) y polieteretercetona (PEEK), entre otros. No obstante, se puede modificar el cabezal de la máquina para manipular materiales como filamentos poliméricos con refuerzo de carga (fibra de vidrio o carbono), como así también aleaciones metálicas, concreto, cerámicos, e incluso alimentos (Canessa et al., 2013).

Existe una amplia gama de impresoras FDM que se adecuan a los requerimientos de los usuarios, algunos de los cuales son, la precisión de la impresión, los tiempos de producción, el volumen máximo de impresión, la capacidad de personalización del proceso, los costos, entre otros. Por lo cual, en el mercado se presentan impresoras comerciales, de un menor costo con un tamaño reducido para particulares y pequeñas y medianas empresas (PyMEs), conocidas como *hobbistas*; y por otro lado, se puede encontrar impresoras industriales, que buscan brindar mejores prestaciones en los aspectos que se mencionan anteriormente, lo cual se traduce en un mejor acabado del objeto a modelar (Khabia y Jain, 2020; Wang et al., 2021), pero a un mayor costo, no solo por el precio de la máquina, sino también del material utilizado, el cual debe cumplir con estrictas normas para mantener los valores estandarizados para la fabricación.

El proceso de FDM tiene ventajas y desventajas en comparación con la manufactura tradicional por moldeo por inyección de polímeros. FDM permite modelar piezas con diferentes materiales, reducir la cantidad de material necesario para cada pieza y lograr estructuras más complejas que con menos material poseen propiedades mecánicas similares a las obtenidas por inyección. Como desventaja, hoy en día la maquinaria para realizar impresiones 3D es costosa y su ritmo de producción es lento en comparación con el moldeo por inyección.

Adicionalmente, el tipo de máquina utilizado brinda diferentes resultados debido a los parámetros de impresión utilizados, por ejemplo: el grosor de capa, la precisión dimensional y los estándares de calidad que cumplen los materiales a utilizar. Las impresoras industriales suelen presentar un mayor grado de precisión dimensional, permitiendo orientar la impresión con mayor flexibilidad que las impresoras *hobbistas*, aunque esto trae aparejado que no se pueda manipular el grosor de cada capa con tanta flexibilidad (Wika et al., 2017).

En la actualidad, la impresión por FDM se ha insertado en diversas áreas como la aeroespacial, automotriz, arquitectura, medicina, decoración, arte y hasta cocina (Shahrubudin et al., 2019). No obstante lo cual presenta ciertas desventajas, comenzando por el costo de una impresora industrial, la cual a pesar de presentar mejores prestaciones que una *hobbista* en ciertas ocasiones no llega a ser rentable la compra de una. Adicionalmente, las impresoras hobbistas presentan ciertas limitaciones dadas por sus características electrónicas, materiales constructivos, funcionamiento mecánico, y las condiciones ambientales del proceso (Roberson et al., 2013).

En este trabajo se busca comparar la estabilidad de los procesos de impresión con las máquinas profesional y hobbista modificada a partir de la comparación de los atributos dimensionales y de las propiedades mecánicas obtenidas mediante ensayos de tracción. Con el

objetivo de presentarlo como un método de fabricación alternativo para este tipo de material en el rubro industrial.

1.1 Impresoras 3D utilizadas

En una instancia anterior de este trabajo (Lucioni et al., 2021),se evaluaron diferentes parámetros de impresión, condiciones ambientales óptimas y se seleccionó el material polimérico para obtener una probeta de propiedades mecánicas y dimensionales homogéneas, entre otros parámetros. En esta segunda etapa el objetivo es la evaluación del grado de diferencia entre probetas impresas con tres equipos distintos: i) máquina FDM profesional, ii) una máquina de escritorio "*hobbista*", iii) la máquina definida en ii) a la cual se le incorporaron una carcasa y sensores de temperatura y humedad para optimizar el control del proceso de impresión, denominada como máquina comercial modificada. La carcasa se fabricó a partir de paneles de espuma de poliuretano ensamblados.

Para ello se realizó un análisis estadístico del grado de diferencia de las propiedades dimensionales y del comportamiento mecánico a esfuerzos de tracción de las probetas impresas en i y en iii. De esta manera se pudo estudiar la variabilidad de las máquinas FDM consideradas. Para el caso ii, no fue posible realizar ningún estudio debido a que no se pudieron completar las impresiones de las probetas porque se despegaron los filamentos.

1.2 Selección de la probeta a utilizar.

Se seleccionó una probeta de tipo I según la norma ASTM D638 para realizar los ensayos dimensionales y mecánicos (Lucioni et al., 2021). En la Figura 2 se muestran sus dimensiones. Las especificaciones y tolerancias definidas por la norma ASTM D638-14 para cada parámetro dimensional se encuentran en la Tabla 1.

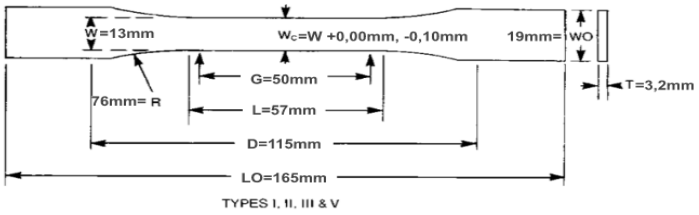


Figura 1. Probeta Tipo I (ASTM D638, 2014).

Tabla 1: Dimensiones específicas para los diferentes tipos de probeta (ASTM D638, 2014)

Dimensions (see drawings)	Specimen Dimensions for Thickness, *T*, mm [in.][A]					Tolerances
	7 [0.28] or under		Over 7 to 14 [0.28 to 0.55], incl	4 [0.16] or under		
	Type I	Type II	Type III	Type IV[B]	Type V[C,D]	
W—Width of narrow section[E,F]	13 [0.50]	6 [0.25]	19 [0.75]	6 [0.25]	3.18 [0.125]	±0.5 [±0.02][B,C]
L—Length of narrow section	57 [2.25]	57 [2.25]	57 [2.25]	33 [1.30]	9.53 [0.375]	±0.5 [±0.02][C]
WO—Width overall, min[G]	19 [0.75]	19 [0.75]	29 [1.13]	19 [0.75]	...	+ 6.4 [+ 0.25]
WO—Width overall, min[G]	...	...	...	...	9.53 [0.375]	+ 3.18 [+ 0.125]
LO—Length overall, min[H]	165 [6.5]	183 [7.2]	246 [9.7]	115 [4.5]	63.5 [2.5]	no max [no max]
G—Gage length[I]	50 [2.00]	50 [2.00]	50 [2.00]	...	7.62 [0.300]	±0.25 [±0.010][C]
G—Gage length[I]	...	...	...	25 [1.00]	...	±0.13 [±0.005]
D—Distance between grips	115 [4.5]	135 [5.3]	115 [4.5]	65 [2.5][J]	25.4 [1.0]	±5 [±0.2]
R—Radius of fillet	76 [3.00]	76 [3.00]	76 [3.00]	14 [0.56]	12.7 [0.5]	±1 [±0.04][C]
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 [1.00]	...	±1 [±0.04]

1.3 Material de impresión de las probetas

Se compararon diferentes materiales poliméricos, y se seleccionó al acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) frente al Nylon 6 y el PLA en función de sus propiedades dimensionales, mecánicas y su costo (Lucioni et al., 2021). El ABS presenta la menor pérdida en la resistencia a la tracción y la mejor resistencia al impacto en comparación con una probeta de las mismas dimensiones obtenida por moldeo por inyección (Lucioni et al, 2021).

El ABS es un termoplástico amorfo con una temperatura de transición vítrea de aproximadamente 105°C, presenta fácil conformabilidad, baja densidad y resistencia a la abrasión (Rahman et al., 2016). Las propiedades mecánicas obtenidas a partir de probetas fabricadas por FDM se encuentran en la Tabla 2 de acuerdo a lo reportado por Lay et al..

Tabla 2: Propiedades mecánicas de ABS (Lay et al., 2019)

Módulo de Young [GPa]	1,31
Resistencia a la tracción [MPa]	44,22
Alargamiento a la rotura [%] G = 50 mm	6,15
Resistencia al impacto [KJ/m2]	38,00

2. METODOLOGÍA

En la primera etapa de este trabajo se definieron las adaptaciones a realizar a la máquina hobbista para poder controlar los parámetros de impresión definidos como críticos la etapa inicial de este proyecto y realizar las impresiones de las probetas. La segunda etapa consistió en recolectar los datos, siguiendo un protocolo de medición y ensayo que se detalla a continuación. Por un lado, se midieron los atributos dimensionales tales como: largo total (L_0), ancho de la sección calibrada (W_c), ancho de los extremos (Wo) y espesor en dichos puntos (T). Por otro lado, se realizaron ensayos de tracción para evaluar la carga máxima soportada, la resistencia a la tracción, y el alargamiento a la rotura. En una tercera etapa, se analizaron y compararon, a partir de los datos obtenidos, las diferencias que presentan las probetas impresas con las diferentes máquinas de modelado por FDM. Primero se analizó la presencia de *outliers*, es decir aquellos valores atípicos siguiendo el método de Tukey (Keselman y Rogan,1977). Luego, a cada conjunto de dimensiones se les realizó una prueba de normalidad, separando las probetas impresas por cada condición de impresión. Adicionalmente, se evaluaron las medias de la resistencia a la tracción y atributos dimensionales, como así también los valores de desviación estándar. Finalmente, se realizó un análisis de estabilidad para cada condición de impresión. A continuación, se incluyen detalles de las tres etapas en las que se realizó el trabajo.

2.1. Parámetros de impresión de las probetas

Se consideraron los parámetros de impresión de las piezas de acuerdo a la etapa inicial de este trabajo de acuerdo a Lucioni et al. (Lucioni et al., 2021). Dichos parámetros fueron seleccionados en función de las características de cada impresora utilizada y considerando la optimización de las propiedades mecánicas y dimensionales de las probetas.

En primer lugar, se buscó maximizar las propiedades mecánicas y obtener las piezas lo más compactas posible y libres de defectos por lo que se fijó el porcentaje de relleno en 100%. Se orientó la dirección de impresión de la probeta en la del esfuerzo de tracción posterior, es decir, que entre ambas direcciones el ángulo fue de 0° (Lucioni et al., 2021). Se optó por trabajar con diez perímetros, debido a que es la cantidad configurable en ambas máquinas que maximiza la resistencia a la tracción (σ_{UTS}), parámetro que será analizado posteriormente. Se asignó un valor de 0,33 mm a la altura de cada capa, que se define como la distancia entre dos capas consecutivas (Peng et al., 2010). El plano de impresión seleccionado fue XY, por presentar una mayor superficie de contacto y permitir la reducción de las capas de impresión. Para el tipo I de probeta, la norma ASTM D638 permite trabajar con espesores entre 1 y 14 mm. En este trabajo, se consideró un espesor de 3,2 mm como valor objetivo. La temperatura de extrusión del cabezal se controló periódicamente con un termistor con el objetivo de evitar, no solo el recalentamiento de las piezas a nivel local, sino también que la temperatura sea estable durante el proceso. Los valores asignados fueron: T = 245 - 250°C para la impresora hobbista y T = 310°C para la profesional.

En cuanto a las condiciones ambientales, se buscó mantener la temperatura ambiente estable, en particular durante el proceso de contracción durante el enfriamiento de las probetas. Por lo cual, se mantuvo la temperatura entre 18 y 30°C en el ambiente, mientras que la temperatura de la recámara se mantuvo entre 40 y 60°C para la hobbista, y de 70 a 90°C para la profesional. La

temperatura de la mesada de la impresora hobbista se controló en 70°C (Lucioni et al., 2021). La humedad relativa del ambiente se estableció como óptima siempre que se mantenga entre el 30% y el 70%. Además, se realizaron las impresiones en el mismo ambiente para reducir posibles causas de variaciones en los resultados.

Por último, los filamentos de ABS se almacenaron en sus correspondientes envases en ausencia de aire, los cuales a su vez fueron colocados en un contenedor hermético. De este modo, se evitó que la humedad del ambiente afecte al material. Además, se mantuvo la temperatura por debajo de los 50°C para evitar la interacción con el entorno y su posible degradación prematura.

2.2. Protocolo de impresión

En las impresiones de la máquina profesional, todos los parámetros fueron controlados por el *software* de la impresora. En el caso de la impresora hobbista, se incluyó un cerramiento fabricado con paneles de espuma de poliuretano y se incluyeron sensores para poder controlar los parámetros de humedad y temperatura, con el objetivo de fabricar probetas homogéneas entre sí. Los parámetros a controlar fueron: temperatura de la boquilla, temperatura de la mesa, temperatura ambiente y humedad ambiente. Luego de la impresión, todas las probetas fueron almacenadas en bolsas herméticas debidamente identificadas.

2.3 Protocolo de ensayos y medición

Para realizar los ensayos y las mediciones se realizó un protocolo para reducir los errores que se pueden introducir durante cada etapa del proceso. Se codificaron las piezas para un registro correcto de las mismas, indicando el orden en que fueron realizadas y con qué tipo de máquina se fabricaron.

2.3.1 Selección de los instrumentos de medición

Se utilizó un calibre digital - Etalon P. Roch Rolle, con una precisión de 1/50 mm para la medición de los atributos dimensionales. Por otro lado, se utilizó una máquina INSTRON 3382 celda de carga mod. 2530 5kN con la que se realizaron los ensayos de tracción, y se usó un extensómetro “LongTravel” 2603-080 para medir la extensión de las probetas en el rango de deformación elástica.

2.3.2 Estandarización del método de medición

Luego de retirar las probetas de la mesada de impresión, y una vez que su temperatura se estabilizó hasta la temperatura ambiente durante al menos una hora, se tomaron medidas de los parámetros referidos a la Figura 1: L_0, T, W_c, W0. Todas las medidas para cada probeta fueron registradas en una planilla para su posterior procesamiento.

Además, se fabricaron dos dispositivos “poka yoke” para realizar las mediciones de manera estandarizada. Estos dispositivos buscan disminuir los errores humanos en los procesos. Como se puede observar en la Figura 2, se realizaron dos soportes modelados por FDM para realizar las mediciones de los parámetros en el plano XY (figura superior) y las correspondientes al plano XZ (figura inferior). Además, se realizaron hendiduras con un tamaño preciso para ubicar el calibre seleccionado y de esta forma asegurar que en todos los casos, las medidas fueran tomadas en los mismos lugares de las probetas y con una orientación correcta. De esta forma, fue posible reducir el error estadístico debido a las habilidades del operador durante la medición de atributos dimensionales.

2.3.3 Selección del ensayo de propiedades mecánicas

Se realizó el ensayo de tracción uniaxial según norma ASTM D638, que consiste en estirar uniaxialmente y cuasiestáticamente una probeta de dimensiones normalizadas utilizando una máquina de ensayos que, mediante una celda de carga, permite elevar la carga aplicada sobre la muestra hasta que alcanza la rotura. Con un extensómetro se midió la deformación de la probeta durante la etapa de deformación elástica y de esta forma se graficaron las curvas de tensión-deformación. Cabe destacar que este ensayo es muy dependiente de las condiciones ambientales como la temperatura, y de las condiciones del ensayo en sí como la velocidad de deformación

utilizada durante el mismo. En particular, el ensayo de tracción permite cuantificar propiedades significativas como la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura. Por lo tanto se consideró dicho ensayo para poder maximizar la cantidad de información a obtener a partir de un sólo tipo de experimento.

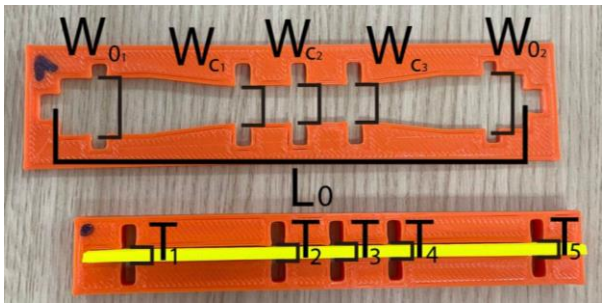


Figura 2: Dispositivos poka yoke para mediciones en el plano XY (superior) y en el plano XZ (inferior). En la imagen se observa la probeta ubicada en el dispositivo utilizado para medir en el plano XZ.

3. RESULTADOS

Con el objetivo de realizar un análisis comparativo de los alcances de distintos tipos de impresoras 3D, se realizó la comparación de atributos dimensionales y propiedades mecánicas entre probetas impresas por estas máquinas. Las impresoras utilizadas fueron: i) máquina FDM profesional, iii) máquina de escritorio "hobbista" a la cual se le incorporaron una carcasa y sensores de temperatura y humedad para optimizar el control del proceso de impresión, denominada máquina comercial modificada. No fue posible realizar la impresión de probetas en la impresora hobbista sin las modificaciones (ii) debido a que las probetas se despegaron durante la impresión por causa de la poca adhesión a la mesada expuesta a la temperatura ambiente.

Para asegurar una variabilidad estadística aceptable en función de los recursos disponibles, se imprimieron veintiocho probetas ASTM D638 con la máquina FDM profesional (condición i) y treinta con la máquina de escritorio hobbista modificada (iii).

Para los parámetros ancho de la sección calibrada (Wc) y espesor (T), se tomaron mediciones en varios puntos de la probeta (Figura 2). Se decidió trabajar con el promedio de esas mediciones, debido a que que estadísticamente no se comprobaron diferencias significativas entre los diferentes puntos en donde se realizaron las mediciones. Se verificó que todas las probetas impresas cumplieran con las especificaciones y tolerancias especificadas en el norma ASTM D638. El valor de espesor promedio de las probetas (T) obtenidas en la máquina profesional fue de 3,740 mm y 3,099 en la máquina hobbista acondicionada. Se estima que esta diferencia respecto del objetivo inicial del espesor de diseño de 3,2 mm, podría deberse a los cambios de volumen sufridos durante el enfriamiento de la pieza luego de la impresión. Sin embargo, cabe aclarar que las probetas fabricadas con las condiciones i y iii cumplen con las especificaciones descriptas la norma para este parámetro. Adicionalmente, se comparó la resistencia a la tracción (σ_{UTS}) obtenida luego de los ensayos de tracción a partir del cociente entre la carga máxima y el área transversal de cada probeta.

3.1. Comparación de la resistencia a la tracción y variables dimensionales

En las Tablas 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos para los parámetros de carga máxima, espesor, ancho, área transversal y resistencia a la tracción las probetas fabricadas bajo la condición i) máquina profesional y iii) máquina de escritorio hobbista modificada, respectivamente. En cada caso se incluye el valor medio y el desvío estándar para cada parámetro. Adicionalmente, se incluyen los gráficos de tensión vs. deformación correspondientes a las curvas de tracción obtenidas bajo condición de impresión.

Tabla 3. Resultados obtenidos para las probetas fabricadas con la impresora "profesional".

Lote Profesional	Carga Max [N]	Espesor (T) [mm]	Ancho (Wc) [mm]	AreaTrans [mm²]	Resistencia a la tracción [MPa]
Probeta 1	1608.34	3.70	13.00	48.10	33.44
Probeta 2	1471.94	3.69	13.10	48.34	30.45
Probeta 3	1332.01	3.78	13.00	49.14	27.11
Probeta 4	1576.18	3.65	13.00	47.45	33.22
Probeta 5	1387.58	3.74	13.10	48.99	28.32
Probeta 6	1386.21	3.82	13.00	49.63	27.93
Probeta 7	1383.11	3.68	13.00	47.87	28.90
Probeta 8	1626.95	3.78	13.10	49.52	32.86
Probeta 9	1564.92	3.93	13.00	51.09	30.63
Probeta 10	1642.17	3.77	13.13	49.51	33.17
Probeta 11	1352.19	3.82	13.00	49.66	27.23
Probeta 12	1587.55	3.86	13.10	50.57	31.40
Probeta 13	1500.01	3.70	13.10	48.47	30.95
Probeta 14	1449.15	3.78	13.03	49.24	29.43
Probeta 15	1609.07	3.74	13.00	48.62	33.09
Probeta 16	1424.64	3.65	13.00	47.45	30.02
Probeta 17	1371.51	3.81	13.10	49.91	27.48
Probeta 18	1434.92	3.71	13.00	48.23	29.75
Probeta 19	1364.08	3.68	13.10	48.21	28.30
Probeta 20	1589.05	3.67	13.00	47.76	33.27
Probeta 21	1581.42	3.76	13.00	48.85	32.37
Probeta 22	1586.83	3.57	13.00	46.41	34.19
Probeta 23	1548.45	3.75	13.00	48.75	31.76
Probeta 24	1440.99	3.78	13.00	49.14	29.32
Probeta 25	1504.63	3.70	13.00	48.10	31.28
Probeta 26	1427.92	3.71	13.00	48.23	29.61
Probeta 27	1514.21	3.79	13.07	49.52	30.58
Probeta 28	1396.39	3.69	13.07	48.24	28.95
Valor Medio	1487.94	3.74	13.04	48.75	30.54
Desvio	97.23	0.07	0.05	1.00	2.11
Desv (%)	6.53%	1.96%	0.37%	2.05%	6.91%

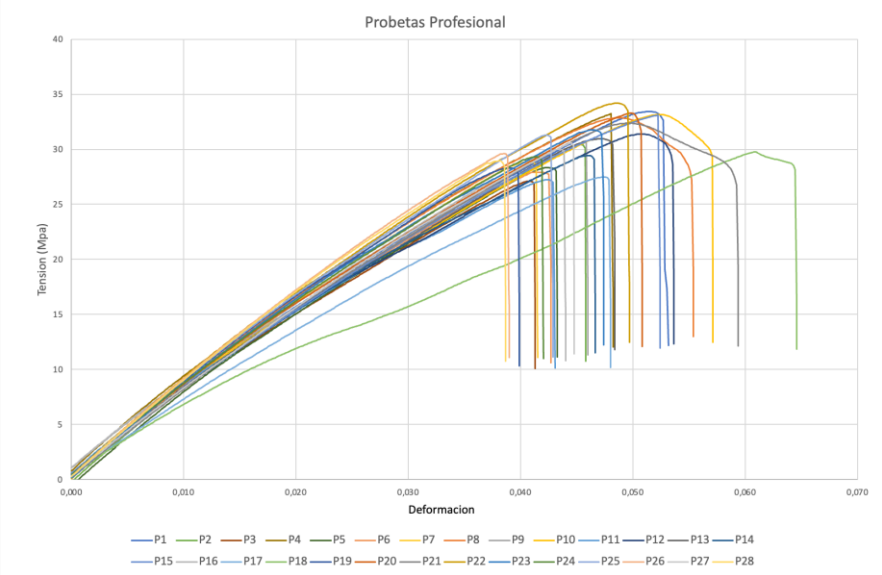


Figura 3: Curva de tracción obtenida para las probetas impresas con la máquina profesional

A partir de los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla 3, se observa que el valor medio de la resistencia a tracción de las probetas impresas en la máquina profesional se encuentra alrededor de los 30,5 MPa con una desviación estándar de 2,1 MPa. Respecto a los parámetros dimensionales, los valores medios del espesor y el ancho se mantuvieron en 3,74 ± 0,07 mm y 13,04 ± 0,05 mm, respectivamente. En función de estos resultados, se observó que los atributos dimensionales presentaron una variación prácticamente despreciable. Adicionalmente, los valores de resistencia a la tracción obtenidos fueron comparables con lo reportado por Lay (Lay et al., 2019). Por otro lado, a partir de las curvas de tracción de la Figura 3 se observó que el alargamiento a la rotura varió entre 4% y 6,5%. Dichos valores también fueron consistentes con lo reportado por Lay para probetas impresas por FDM (Lay et al., 2019). Excepto para las probetas P17 y P18, las curvas mantuvieron el mismo comportamiento en la zona de deformación elástica.

A partir de la Tabla 4, se verifica que el valor medio de la resistencia a la tracción para las probetas impresas en la máquina hobbista modificada fue de 38,89 MPa con desviación estándar de 0,65 MPa. En cuanto a los atributos dimensionales, los valores medios de ancho y espesor fueron de 13,02 ± 0,05 mm y 3,10 ± 0,05 mm, respectivamente. Al igual que en la máquina profesional, se observó que la variación en los atributos dimensionales fue despreciable. Por otra parte, se observó que el alargamiento a rotura en veintisiete de las treinta probetas se mantuvo en el orden del 6%.

Tabla 4: Resultados de las mediciones de las probetas impresas con la impresora "hobbista"

Lote Hobista	Carga Max [N]	Espesor (T) [mm]	Ancho (Wc) [mm]	AreaTrans [mm²]	Resistencia a la tracción [MPa]
Probeta 1	1563.69	3.10	13.00	40.30	38.80
Probeta 2	1569.77	3.02	13.10	39.56	39.68
Probeta 3	1561.86	3.04	13.03	39.61	39.43
Probeta 4	1577.12	3.02	13.03	39.35	40.08
Probeta 5	1566.13	3.12	13.10	40.87	38.32
Probeta 6	1571.45	3.02	13.00	39.26	40.03
Probeta 7	1578.84	3.02	13.00	39.26	40.22
Probeta 8	1566.37	3.06	13.03	39.87	39.29
Probeta 9	1581.12	3.08	13.20	40.66	38.89
Probeta 10	1582.79	3.10	13.00	40.30	39.28
Probeta 11	1574.67	3.10	13.07	40.52	38.86
Probeta 12	1558.33	3.10	13.10	40.61	38.37
Probeta 13	1579.89	3.10	13.00	40.30	39.20
Probeta 14	1560.98	3.08	13.03	40.13	38.90
Probeta 15	1581.43	3.14	13.00	40.82	38.74
Probeta 16	1595.63	3.10	13.03	40.39	39.50
Probeta 17	1585.49	3.10	13.00	40.30	39.34
Probeta 18	1574.29	3.12	13.07	40.78	38.61
Probeta 19	1565.18	3.08	13.03	40.13	39.00
Probeta 20	1571.10	3.12	12.93	40.34	38.94
Probeta 21	1554.92	3.14	12.97	40.73	38.18
Probeta 22	1575.70	3.14	13.00	40.82	38.60
Probeta 23	1561.68	3.20	13.03	41.70	37.45
Probeta 24	1558.60	3.20	13.00	41.60	37.47
Probeta 25	1556.05	3.12	12.93	40.34	38.57
Probeta 26	1554.83	3.12	13.00	40.56	38.33
Probeta 27	1560.16	3.08	13.03	40.13	38.88
Probeta 28	1570.89	3.12	12.97	40.47	38.82
Probeta 29	1567.80	3.12	13.03	40.65	38.56
Probeta 30	1550.94	3.10	13.03	40.39	38.40
Valor Medio	1569.26	3.10	13.02	40.36	38.89
Desvio	10.66	0.05	0.05	0.58	0.66
Desv (%)	0.68%	1.47%	0.41%	1.43%	1.69%

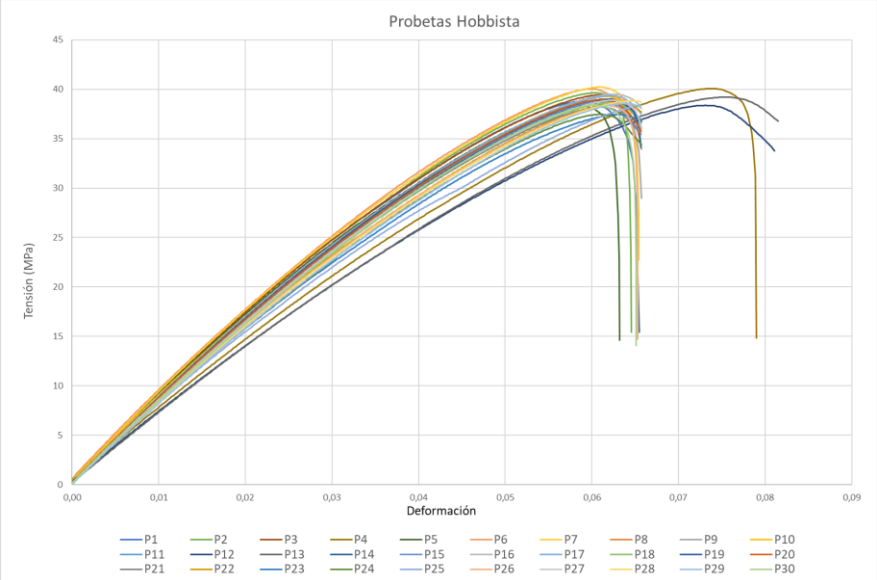


Figura 4: Curva de tracción obtenida para las probetas impresas con la máquina de escritorio hobbista

Posteriormente se realizó un análisis estadístico para ambas condiciones de impresión (i y iii) utilizando el procedimiento "t para dos muestras" del software Minitab, versión 19. Se compararon los valores de resistencia a la tracción de las probetas a partir de una muestra de tamaño n = 28 fabricada con una impresora profesional y otra n = 30 con una máquina "hobbista modificada". Se realizó la prueba de Anderson-Darling mediante el procedimiento de "Prueba de normalidad"

utilizando el software Minitab 19. A partir de los informes de resumen para cada condición de impresión indicados en las Figuras 5 y 6, es posible observar que los valores de resistencia a la tracción siguen una distribución normal debido a que presentaron un p-value > 15%.

A partir del gráfico de boxplot de la Figura 7, se observan indicios de una diferencia en los valores promedios de resistencia a la tracción obtenidos bajo cada condición de impresión. Adicionalmente, se observa que los intervalos no se solapan dando un indicio de que las condiciones de impresión arrojan propiedades mecánicas distintas.

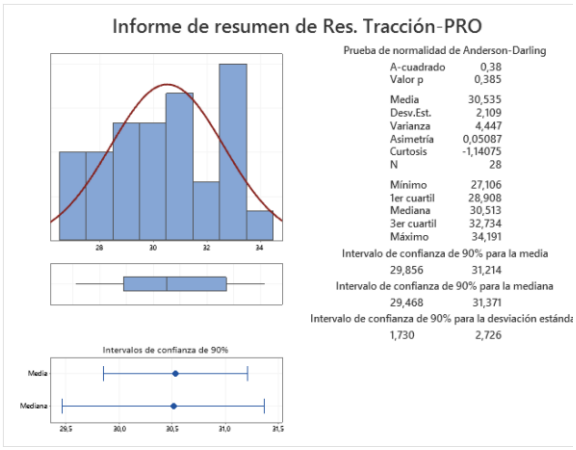


Figura 5: Informe resumen impresora profesional

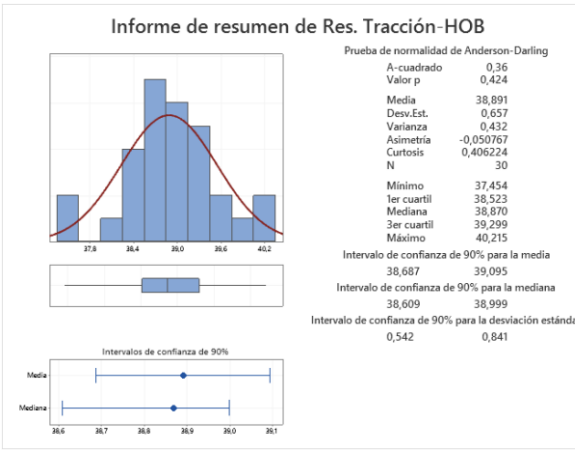


Figura 6: Informe resumen impresora hobbista

Gráfica de Puntos

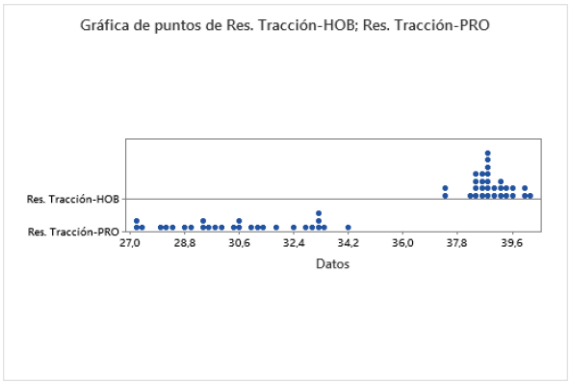


Figura 7 : Gráfica de puntos para las dos muestras

Boxplot para

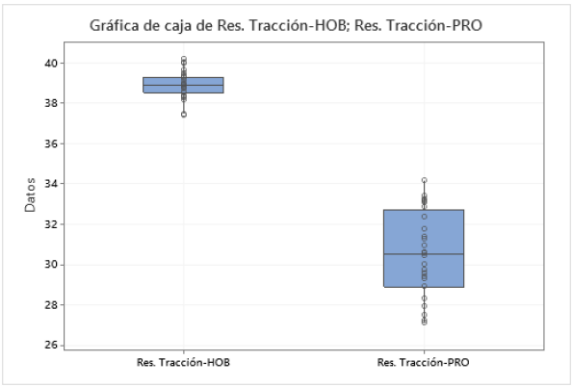


Figura 8 : Boxplot para las dos muestras

3.1.1 Comparación de desviaciones estándar y medias

Se utilizó el procedimiento “dos varianzas” del software Minitab 19 para la comparación de las desviaciones estándar (con el método F) de la resistencia a la tracción. Planteando como Ho: σ_1/σ_2 = 1 (Siendo σ_1 = desviación estándar de la resistencia a la tracción obtenida con la máquina hobbista y σ_2 = desviación estándar de la resistencia a la tracción obtenida con la máquina profesional) con un nivel de significación del 10% se obtuvo un intervalo de confianza para la relación de desviaciones de (0,227 ; 0427). Como este intervalo no incluye al 1, se puede aceptar que las desviaciones estándar de ambas poblaciones son distintas entre sí (p-value < 1%)".

Luego del análisis anterior, se realizó una comparación de las dos medias con varianzas diferentes mediante la prueba “t para dos muestras” del software Minitab 19, donde se planteó Ho: $\mu_1 - \mu_2$ =0 (siendo μ_1= media de población de resistencia a la tracción obtenida con la máquina hobbista y μ_2=media de población de resistencia a la tracción obtenida con la máquina profesional) y Ha:$\mu_1 - \mu_2 \neq 0$. El análisis realizado concluyó que las medias de ambas poblaciones no son iguales (p-value < 1%).

Se realizó el mismo análisis para las variables dimensionales: largo(L_0), ancho (Wc), ancho (W0). Es decir, primero se compararon las desviaciones estándar para posteriormente comparar las

medias. En la Tabla 5 se presenta un resumen de los resultados de las comparaciones de las características dimensionales y mecánicas:

	Longitud (LO) [mm]		Ancho (Wc) [mm]		Ancho (WO) [mm]		Resistencia a la tracción [MPa]	
	Profesional	Hobbista	Profesional	Hobbista	Profesional	Hobbista	Profesional	Hobbista
Medias	165,664	164,600	13,036	13,025	19,020	18,963	30,540	38,891
Error estándar de la media	0,031	0,033	0,009	0,010	0,007	0,011	0,400	0,120
Int. Confianza para la Diferencia	(0,9881 ; 1,1405)		(-0,0112 ; 0,0333)		(0,0346 ; 0,0781)		(7,650 ; 9,062)	
Observaciones	Significativamente distintas		Indistinguibles entre sí		Significativamente distintas		Significativamente distintas	
Promedio Desviación Estándar	0,166	0,180	0,048	0,053	0,034	0,061	2,109	0,657
Intervalos de Confianza 90%	(0,136 ; 0,215)	(0,149 ; 0,230)	(0,039 ; 0,062)	(0,044 ; 0,068)	(0,028 ; 0,044)	(0,051 ; 0,079)	(1,730 ; 2,727)	(0,542 ; 0,841)
Int. Confianza para la relación (F)	(0,673 ; 1,268)		(0,657 ; 1,237)		(0,407 ; 0,766)		(0,227 ; 0,427)	
Observaciones	Indistinguibles entre sí		Indistinguibles entre sí		Significativamente distintas		Significativamente distintas	
Especificaciones Teoricas	165,00	165,00	13,00	13,00	19,00	19,00	No aplica	
Desviación / Especificación Teo	0,10%	0,11%	0,37%	0,41%	0,18%	0,32%		

Tabla 5: Resumen de resultados de comparaciones estadísticas

A partir de la Tabla 5 se observa que respecto a los atributos dimensionales, la precisión en la impresión medida con las desviaciones estándar resultó similar para ambas impresoras (hobbista y profesional). En ambas condiciones de impresión, se verificó que las desviaciones estándar resultaron significativamente distintas solamente en el parámetro del ancho (Wo). Sin embargo, a pesar de la diferencia entre dichas desviaciones, las mismas son pequeñas (0,18% para la profesional y 0,32% para la hobbista modificada), por lo cual se infiere gran precisión en los dos casos.

En porcentaje el desvío promedio de las tres medidas dimensionales consideradas resultó ser 0,22% y 0,28% para la impresora profesional y hobbista, respectivamente. Estos valores representan una alta precisión dimensional en las probetas impresas bajo las condiciones (i) y (iii).

Por otro lado, es importante mencionar que los valores medios de la resistencia a la tracción de ambos grupos de probetas, (i) y (iii), resultaron significativamente distintas. Ambas medias muestrales son de 30,54 MPa para la condición de impresión (i) y 38,89 MPa para la condición de impresión (iii). De la comparación de ambas muestras se puede concluir, con un 90% de seguridad que la media poblacional de la resistencia a la rotura es entre 7,65 y 9,06 MPa mayor en las probetas impresas con la impresora hobbista modificada que en aquellas impresas con la máquina profesional.

Por último, las desviaciones estándar de resistencia a la tracción resultaron ser significativamente distintas para ambas muestras. Esto se observó a partir del promedio de la desviación estándar de las probetas impresas bajo la condición (i) fue de 2,11 MPa y 0,66 MPa para las impresas bajo las condición (iii). Estos resultados representan una variabilidad mayor en la resistencia a la tracción de las probetas impresas en la impresora profesional.

3.2 Análisis de estabilidad

Se llevó a cabo un análisis de la estabilidad mediante la confección de un índice de inestabilidad para la resistencia a la tracción y, en cuanto a los atributos dimensionales se buscó el coeficiente de inestabilidad del parámetro correspondiente al área transversal. El índice de inestabilidad permite diferenciar los procesos que presentan causas naturales de variación, de aquellos que varían en presencia de causas especiales. Este coeficiente se calculó según la metodología indicada por Ramirez y Runger (Jensen et al., 2019) haciendo usos de las cartas de control que se ven en las figuras 9,10,11 y 12.

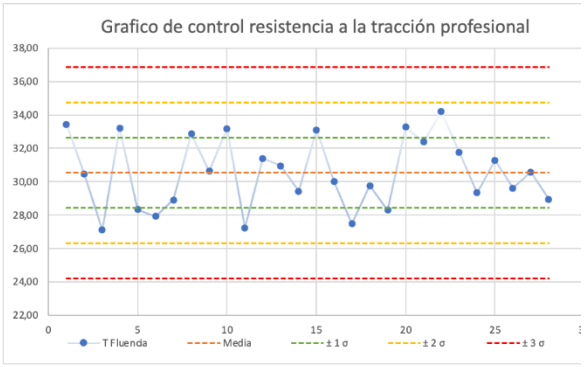


Figura 9: Gráfico de control para la resistencia a la tracción en la impresora profesional

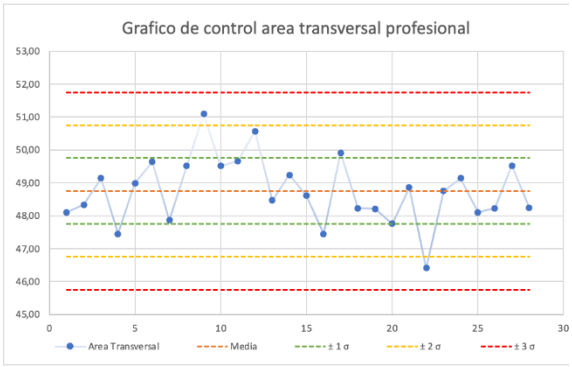


Figura 10: Gráfico de control para el área transversal en la impresora profesional.

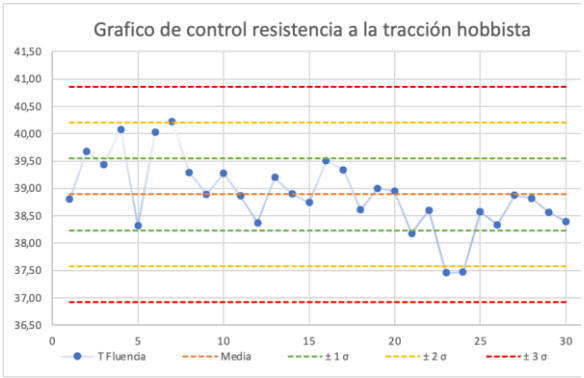


Figura 11: Gráfico de control para la resistencia a la tracción en la impresora hobbista

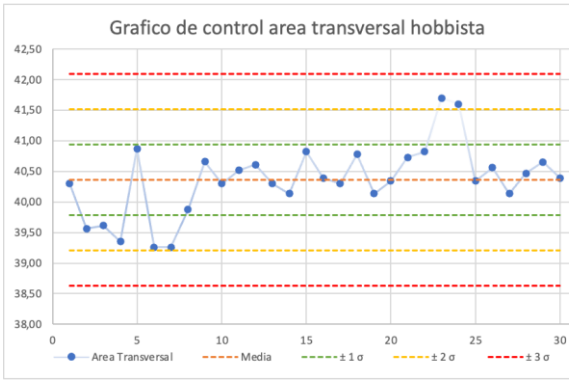


Figura 12: Gráfico de control para el área transversal en la impresora hobbista.

Los coeficientes de inestabilidad resultaron, en cuanto a la resistencia a la tracción, 13,3% y 0,0% para las probetas obtenidas con la máquina hobbista y la profesional, respectivamente. En cuanto a el área transversal, 10,0% y 0,0% para la hobbista y profesional, respectivamente.Los procesos estables presentan un índice de inestabilidad de entre 0 y 3%, se consideran aceptables pero con necesidad de ser revisados procesos con índices de entre 3 y 5% y por encima de esos valores los proceso se consideran inestables.

Con la cantidad de ensayos realizados, los indicadores de inestabilidad no se pueden determinar con suficiente precisión, debido a que sería necesario un tamaño de muestra de al menos 150 probetas para cada tipo de máquina (Gutierrez y De la Vara Salazar, 2013).

Aún así es posible afirmar que la impresora profesional, en estas primeras aproximaciones, muestra un proceso muy estable y que la estabilidad de hobbista modificada es pobre (Jensen et al., 2019). Los índices de inestabilidad de la máquina hobbista hacen presumir la existencia de alguna/s causa/s asignables que, por la metodología de impresión y medición, que no han sido simultáneas, no han podido ser identificadas.

4. CONCLUSIONES

Se compararon atributos dimensionales y propiedades mecánicas de probetas de ABS estandarizada (Probeta Tipo I, ASTM D638) obtenidas mediante el proceso FDM con tres tipos de impresoras 3D: i) máquina FDM profesional, ii) una máquina de escritorio "*hobbista*", iii) la máquina definida en ii) a la cual se le incorporaron una carcasa y sensores de temperatura y humedad para optimizar el control del proceso de impresión, denominada como máquina hobbista modificada.

A partir de los resultados obtenidos se concluye principalmente que las modificaciones realizadas en la máquina hobbista tuvieron un impacto positivo en los resultados de impresión.Las probetas impresas en la máquina hobbista sin modificar, condición (ii), debieron ser descartadas debido a que durante la impresión presentaron una baja adhesión a la mesada expuesta a la

temperatura ambiente, mientras que las probetas impresas en la máquina hobbista modificada, condición (iii), fueron fabricadas satisfactoriamente.

Se imprimieron veintiocho probetas ASTM D638 con la máquina FDM profesional (condición i) y treinta con la máquina de escritorio hobbista modificada (iii). En todos los casos, sus dimensiones se encontraron de acuerdo a las tolerancias definidas en la norma. El análisis dimensional reveló que se obtuvo una precisión dimensional muy aceptable con ambas máquinas; siendo que el desvío promedio de los parámetros dimensionales considerados resultó ser 0,22% y 0,28% para la impresora profesional y hobbista, respectivamente.

Las probetas impresas bajo las condiciones (i) y (iii) presentaron una resistencia a la tracción comparable a lo reportado por otros autores. Sin embargo, las probetas impresas en la máquina hobbista modificada presentaron una resistencia a la tracción significativamente mayor que las impresas en la máquina profesional. A partir de los análisis estadísticos se puede concluir con un 90% de seguridad, que la media poblacional de la resistencia a la rotura es entre 7,65 y 9,06 MPa mayor en las probetas impresas bajo (iii) que en las impresas en la condición (i). Ambos valores de resistencia a la tracción fueron significativamente menores que los obtenidos mediante piezas moldeadas por inyección de, cuya resistencia a la tracción reportada por otros autores se encuentra alrededor de 65 MPa (Lay et al., 2019). Como trabajo a futuro se recomienda analizar la microestructura de ambos tipos de probetas para evaluar la presencia de defectos, debido a que estos podrían tener un rol importante en las diferencias observadas en el comportamiento mecánico de las muestras.

En cuanto a la estabilidad de los procesos, se verificó que los datos fueron insuficientes para realizar un estudio de estabilidad exhaustivo. Sin embargo, fue posible observar que el proceso de la impresora profesional resultó muy estable luego de la evaluación de la sección transversal y la resistencia a la tracción. Por otro lado, la impresora hobbista modificada presentó índices de inestabilidad significativos, por lo que se asignó que el mismo presentó baja estabilidad (Jensen et al., 2019). A partir de estudios futuros, se podrá profundizar en las causas asignables de inestabilidad, probablemente asociadas a algún parámetro de impresión no controlado.

5.BIBLIOGRAFÍA

Almazan B., Osuna S., Valedz K., Cotilla I., (2008) “Poka Yoke”

Alvarez C., K., Lagos C., R. and Aizpun, M., (2016).” Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM).”

Canessa E. , C. Fonda , M. Zennaro. (2013). “Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development”.

Gao W. et al. (2015). “The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering,” CAD Computer Aided Design, vol. 69, pp. 65–89,

Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2013).” Control estadístico de la calidad y Seis Sigma” (3a. ed.--.). México D.F.: McGraw-Hill.

Johnson W.M. ; M. Rowell; B. Deason; M. Eubanks. (2014). “Comparative evaluation of an open-source FDM system,” Rapid Prototyping Journal, vol. 20, no. 3, pp. 205–214

Khabia Sunil ; K.K.Jain. (2020). “Comparison of mechanical properties of components 3D printed from different brand ABS filament on different FDM printers”.

Lay, M., Najwa Thajudin, N. L., Hamid, Z. A. A., Rusli, A., Abdullah, M. K., & Shuib, R. K. (2019). Comparison of physical and mechanical properties of PLA, ABS and nylon 6 fabricated using fused deposition modeling and injection molding. Composites Part B: Engineering, 107341.

Lucioni, Juan Ignacio; Gallart, Alejandro; Varetto, Valentina; Cazes, Nicolás Juan; Chalfoun, Dannisa R.(2021)“Comparación y análisis de las propiedades mecánicas y dimensionales de piezas poliméricas conformadas por FDM y moldeo por inyección para la generación de un protocolo de impresión para la obtención de resultados homogéneos”

Peng A. ; Z. Wang. (2010). “Researches into influence of process parameters on FDM parts precision,” in Applied Mechanics and Materials, vol. 34–35, pp. 338–343.

Rahman M.; N. Schott; L. Sadhu. (2016). “Glass transition of ABS in 3D printing,”.

Roberson D.A. , D. Espalin & R.B. Wicker (2013) “3D printer selection: A decision-making evaluation and ranking model, Virtual and Physical Prototyping” 8:3, 201-212,

Shahrubudin N. , T.C. Lee, R. Ramlan(2019)”An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications,Procedia Manufacturing”.Volume 35,Pages 1286-1296, ISSN 2351-9789.

Keselman, H. J., Rogan, J. C. (1977). The Tukey multiple comparison test: 1953–1976. Psychological Bulletin, 84(5), 1050–1056. https://doi.org/10.1037/0033-2909.84.5.1050

Wang Xiaotong, Sohaib Shujaat, Eman Shaheen, Reinhilde Jacobs, (2021)” Accuracy of desktop versus professional 3D printers for maxillofacial model production. A systematic review and meta-analysis”,Journal of Dentistry,Volume 112

Wika G. et al (2017).” The influence of printing parameters on selected mechanical properties of FDM/FFF 3D-printed parts”

Willis A. Jensen, John Szarka III & Kevin White (2019) “Stability assessment with the stability index, Quality Engineering” 31:2, 289-301

Wong K.V. , A. Hernandez. (2012). “A Review of Additive Manufacturing,” ISRN Mechanical Engineering, vol. 2012,

Producción de Líquidos Penetrantes con Recursos Locales en Lima Perú

Flores-Bashi, Carlos *

** Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas – Universidad Nacional de Ingeniería*
Av. Túpac Amaru 210 - Rímac. Código Postal 15333. carlos.flores.b@uni.edu.pe
.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en la producción de Líquidos Penetrantes con recursos locales en Lima Perú, el producto en estudio es utilizado como parte de los ensayos no destructivos a soldaduras y piezas metálicas que pueden presentar fisuras y porosidades que no son visibles a simple vista, estas pruebas generalmente son de menor costo que las pruebas destructivas y no destructivas como los métodos radiográficos, electromagnéticos y ultrasonido. El producto consiste en tres aerosoles de 12 onzas denominados: Removedor, Penetrante y Revelador, el estudio se centró en realizar pruebas de laboratorio a fin de encontrar la composición optima de los subproductos en cuanto a propelente, mezcla química y envase, con recursos locales, destaca dentro de los resultados el descubrimiento de un insumo local a base de colorante para velas para el desarrollo del tinte penetrante de muy bajo costo, al final el producto obtenido es similar en rendimiento y calidad a los productos importados.

Palabras Claves: Pruebas no destructivas, líquido penetrante, recursos locales y costos de producción

ABSTRACT

The present research work consisted in the production of Penetrating Liquids with local resources in Lima Peru, the product under study is used as part of non-destructive tests on welds and metal parts that may present cracks and porosities that are not visible to the naked eye., these tests are generally less expensive than destructive and nondestructive tests such as radiographic, electromagnetic, and ultrasound methods. The product consists of three 12-ounce aerosols called: Remover, Penetrating and Revealing, a study focused on carrying out laboratory tests in order to find the optimal composition of the by-products in terms of propellant, chemical mixture and packaging, with local resources, highlights Among the results, the discovery of a local input based on candle dye for the development of very low cost penetrating dye, in the end the product obtained is similar in performance and quality to imported products.

Keywords: Non-destructive tests, liquid penetrant, local resources and production costs

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo experimental a escala de laboratorio tuvo como objetivo la producción de líquidos penetrantes con recursos locales, para lo cual se contó con el apoyo del laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional de Ingeniería en Lima Perú.

El ensayo de líquidos penetrantes se introdujo en los años que precedieron a la Segunda Guerra Mundial. Roberto y José Switzer en 1941 patentan un método mejorado el que luego venden a Magnaflux Corporation, así con su comercialización inicia la difusión de esta técnica. (Cano, 2007).

En el Perú Magnaflux comercializa el producto con su marca “Spotcheek” con gran acogida en la década del 70 y mediados de los 80, La empresa Metal Química Ingenieros introduce al mercado su marca “Detector” que posteriormente cambia el nombre del producto por “Dye Check” además surge otra empresa informal en nuestro medio con su marca “Induli”.

Wlodarcyk et al.(2017) realizaron una comparación entre el método de ultrasonido y líquidos penetrantes con el resultado que el método de líquido penetrante tiene ventajas del corto tiempo de la prueba y procedimiento fácil.

Ashok (2017) al aplicar tres métodos no destructivos (END), como la inspección de partículas magnéticas, prueba de penetración líquida y detección de fallas por ultrasonidos determinó que el método del líquido penetrante era efectivo y menos costoso.

El costo del juego compuesto de líquido removedor, penetrante y revelador varía de 33$ a 66$ dólares americanos. En el Perú la empresa Metal Química Ingenieros alcanzo el precio de 100$ dólares americanos por el juego de líquidos penetrantes de 12 onzas a mediados de los 80.

Los principales compradores son la Industria petrolera, minería, pesquería, nuclear y metalmecánica en general que aplican el producto al control de calidad de soldaduras y piezas metálicas que pueden presentar fisuras y porosidades que no son visibles a simple vista.

El objetivo general del presente trabajo de investigación es determinar los factores locales de producción que influyen en la producción de líquidos penetrantes en Lima Perú.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el proceso de producción del juego de líquidos penetrantes
- Determinar los requerimientos de insumos, mano de obra y equipos para la producción del juego de líquidos penetrantes.
- Determinar el costo de producir líquidos penetrantes en Lima Perú

2. FACTORES DE PRODUCCION

2.1. Materiales.

A continuación, se presenta los requerimientos de materiales para la preparación de las muestras para la producción de los componentes del juego de líquidos penetrantes de 12 onzas como son el penetrante, removedor, penetrante y revelador y que servirán para comparar con el producto patrón de la marca CANTESCO, en el caso del Removedor se considera formulación para dos muestras debido a que su función es solo de limpieza para el resto se prepara cuatro muestras. El juego

seleccionado será utilizado en la investigación de campo con los usuarios del producto a fin de que den su opinión respecto al producto patrón.

2.1.1 Removedor

Utiliza una mezcla de alcohol Isopropílico, aceiteHX5 y propelente

Muestra 1:	
Propelente	44%
Concentrado	56% (173g)
Muestra 2:	
Propelente	33%
Concentrado	67% (218g).

2.1.2 Penetrante

Se utiliza mezcla (concentrado) de Turbo, Diesel y Anilina además de propelente, se ha incluido un agitador (bolilla) para un comportamiento más uniforme se proponen las siguientes combinaciones con las siguientes proporciones.

Muestra 1:	
Propelente	43%
Concentrado	57% (176g)
Muestra 2:	
Propelente	49%
Concentrado	51% (157g)
Muestra 3:	
Propelente	60%
Concentrado	40% (117g)
Muestra 4:	
Propelente	72%
Concentrado	28% (78g)

2.1.3 Revelador

Utiliza una mezcla de Caolín, Alcohol Isopropílico y propelente:

Muestra 1:	
Propelente	50%
Alcohol IPA	35%
Caolín	15% (36g)
Muestra 2:	
Propelente	85%
Caolín	15% (36g)
Muestra 3:	
Propelente	72%
Caolín	14% (40g)
Alcohol IPA	14%
Muestra 4:	
Propelente	77%
Caolín	23% (60g)

2.2. Instrumentos y Equipo de Laboratorio

Los equipos y maquinarias para la producción del juego de líquido penetrante están compuesto por:

2.2.1 Instrumentos de laboratorio

Se emplea vernier, tubo de ensayos, buretas, balanza termómetros, balanza, vasos de medición, tubos capilares, tamices, luna de reloj.

2.2.2 Equipo de laboratorio

Se requiere de un horno industrial, selladora y llenadora

2.3 Laboratorio y Personal

Se utilizo el laboratorio de química de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Ingeniería que cuenta con un área de proceso, laboratorio de ensayos y almacén de materia prima. En cuanto al personal se contó con el apoyo de un ingeniero químico y un técnico de laboratorio.

3. PROCEDIMIENTO DE PRODUCCION

A continuación, se presenta el proceso de producción del Removedor, Penetrante y Revelador.

3.1. Removedor

Procedimiento:

- Enjuagar frasco ámbar
- Enjuagar la probeta de 25 ml
- Medir 250ml de alcohol isopropílico
- Separar en un frasco ámbar 250 ml
- Rotular frasco como removedor.

3.2. Penetrante o Tinte Penetrante

Procedimiento:

- Se enjuagan las probetas, vasos embudos, frascos y se dejan secar.
- Se miden y mezclan el turbo A (18 ml) con el Diesel No 2 (12 ml) se vierte en un frasco de vidrio con lo cual se prepara la solución penetrante.
- Se pesan 0.1 gramos de colorante para velas artesanal de color rojo y se coloca en un vaso de vidrio.
- Mezclar el colorante con la mezcla de turbo A y el Diesel No 2 y agitar vigorosamente para formar el tinte penetrante.
- Luego se debe controlar las especificaciones técnicas del turbo A como densidad, grado API y punto de inflamación y respecto al tinte penetrante se debe analizar gravedad específica, viscosidad, punto de ebullición inflamación, densidad y peso específico a fin de conseguir la mezcla optima.
- Se rotula frasco con etiqueta penetrante

3.3. Revelador

Procedimiento

- Se lava y seca las probetas, vasos, embudos y frascos
- Se seca 100 gr de caolín Enel horno por 1 hora aproximadamente
- Se criba en tamiz No 50 otros 100 gr de caolín.

- Se mezclan el caolín horneado y el caolín tamizado
- Se pesan 18 gr de caolín de la mezcla en balanza de precisión
- Se mide 40 ml de acetona con probeta y se deposita en un vaso de vidrio
- Se vierten los 18 gr de caolín y 40 ml de acetona en un frasco ámbar y se agita por 2 minutos.
- Se rotula frasco con etiqueta Revelador

4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La investigación es experimental, y dentro de este grupo experimental puro respecto al tinte penetrante y para el juego de líquidos penetrantes con posprueba y grupo de control.

4.1. Investigación experimental

4.1.1 Experimento Puro

Respecto al colorante del tinte penetrante, este generalmente se importa de los EE. UU de Norteamérica de la empresa Dow – Dupont, pero el equipo investigador decidido desarrollar el tinte penetrante con insumos locales, para lo cual realizo pruebas con materiales como pigmento textil rojo tusan II, grasa roja con solventes de aguarras con bencina y colorante para velas con aguarras.

4.1.1.1 Primera prueba

Actividad:

-Se realizó una prueba considerando para el penetrante

20% de turbo

10% de Aceite X5 20W-50G

0.2 gr de anilina

Resultado

-Producto con bajo poder de mojabilidad

-Baja viscosidad

-Rápida evaporación

4.1.1.2 Segunda Prueba

Actividad:

-Se realizó una prueba considerando para el penetrante

18% de Turbo

12% de Diesel B5

0.2 gr de anilina

Resultado:

- Mejor poder de mojabilidad
- Mejor viscosidad
- Buena velocidad de evaporación

4.1.1.2 Tercera prueba

Actividad:

- Prueba con añadido de silicona a fin de mejorar propiedades del penetrante

Resultado: Mejor mojabilidad y viscosidad, pero pierde capilaridad o sea capacidad de penetración.

4.1.1.3 Cuarta prueba

Actividad:

-Prueba con añadido de bencina y aceite HX5 a fin de mejorar propiedades del penetrante.

Resultado: Baja mojabilidad y viscosidad, deficiente adherencia se descarta.

4.1.1.4 Quinta prueba

Actividad

Prueba con añadido de silicona F1 1000 a fin de mejorar propiedades del penetrante.

Resultado: Bajo poder de penetración, por lo que se descarta silicona.

Conclusión de tinte penetrante:

Se decide por la siguiente concentración para el penetrante por tener mejores resultados.

18% de Turbo

12% de Diesel B5

0.2 gr de anilina

4.1.2 Muestras para Prueba de Formulación

4.1.2.1 Penetrante

Se utiliza mezcla (concentrado) de Turbo, Diesel y Anilina además de propelente, se ha incluido un agitador (bolilla) para un comportamiento más uniforme se proponen las siguientes combinaciones con las siguientes proporciones.

Tabla 1 Muestras de Propelente y Concentrado para Penetrante

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Propelente	43%	49%	60%	72%
Concentrado	50% (176g)	51% (157g)	40%(117g)	28%(78g)

4.1.2.2 Removedor

Utiliza una mezcla de alcohol Isopropílico, aceiteHX5 y propelente

Tabla 2 Muestras de Propelente y Concentrado para Removedor

	Muestra 1	Muestra 2
Propelente	44%	33%
Concentrado	56% (173g)	67% (218g)

4.1.2.3 Revelador

Utiliza una mezcla de Caolín, Alcohol Isopropílico y propelente:

Tabla 3 Muestras para Propelente, Alcohol IPA y Caolín para Revelador

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Propelente	50%	85%	72%	77%
Alcohol IPA	355		14%	
Caolin	15% (36g)	15% (36g)	14% (40 g)	23%(60g)

4.1.3 Diseño con Post - Prueba y Grupo de Control

4.1.3.1- Diseño con Post -Prueba

Para esta etapa se utiliza inicialmente las muestras prototipo de la prueba de formulación del punto anterior, las cuales se comparan de a dos entre ellas y se selecciona la mejor muestra a fin de obtener un juego de líquidos penetrantes (prototipo) que al final se compara respecto a un producto patrón (producto comercial), las etapas del diseño fueron las siguientes

a. Penetrante

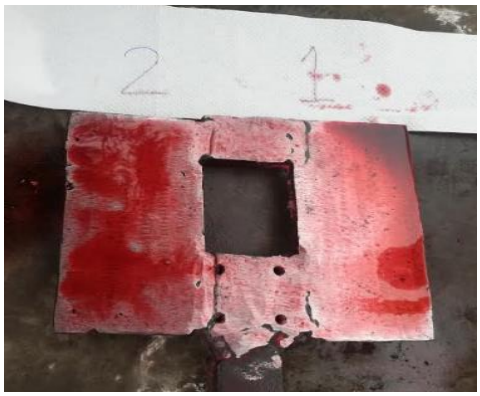


Figura 1 Penetrante muestra 1 vs muestra 2

Comentario: Muestra 2 mejor mojabilidad, viscosidad y volatilidad

Figura 2 Penetrante muestra 3 vs muestra 4

Comentario: Muestra 3 mucha mojabilidad, viscosidad y volatilidad

b. Revelador

Figura 3 Revelador muestra 1 vs muestra 2

Comentario: muestra 2 mejor blanqueado uniforme relativa capacidad de revelado en ambos casos

Figura 4 Revelador muestra 4 vs muestra 3

Comentario: Muestra 4 mucho mejor blanqueado uniforme buena capacidad de revelado

c. Removedor

Figura 5 Removedor muestra 1 vs muestra 2

Comentario: Muestra 2 mucho mejor rociado y capacidad de limpieza

4.1.3.2. Diseño con grupo de control

En esta etapa se utiliza las muestras seleccionadas de la etapa anterior que son muestras con Removedor N°2, Penetrante N°3 y Revelador N°4 que se comparan con la muestra de control que

es el Cleaner (Removedor), Penetrant (Penetrante) y Developer (Revelador) de la marca CANTESCO.

a. Prueba de Removedor

Figura 6 Removedor Cantesco vs Prototipo

Comentario: Se observa similar capacidad de limpieza respecto a la muestra 2 y el cleaner de CANTESCO.

b. Prueba de Penetrante

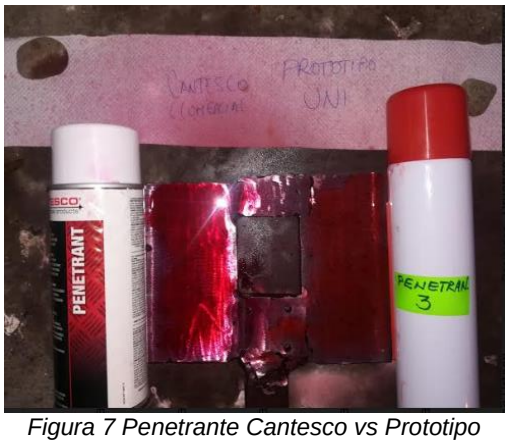


Figura 7 Penetrante Cantesco vs Prototipo

Comentario: Se observa un rojo más brillante en el Penetrant de CANTESCO respecto a la muestra 3 del penetrante del proyecto por lo demás las propiedades de mojabilidad, viscosidad y volatilidad son similares.

c. Prueba del Revelador

Figura 8 Revelador Cantesco vs Prototipo

Comentario: Se observa revelado más parejo en el Developer de CANTESCO respecto a la muestra 4 de Revelador, se aprecia un soplado debido a que se esparció muy cerca de la superficie.

Figura 9 Juego de Líquidos penetrantes Prototipo y Cantesco

4.1.3.3 Pruebas sensorial entre Prototipo y Patrón de Cantesco

Flores & Aguero (2021) realizaron una investigación de mercado sensorial orientado a la mediana y pequeña empresa de los sectores metalmecánica, pesca, petróleo, construcción en general para medir la percepción del prototipo y el patrón de CANTESCO. Se obtuvo los siguientes resultados en una escala de Liker de 1 a 7 donde 1 es pésimo y 7 excelente.

Tabla 4 Comparativo de Removedor

	Prototipo FIIS UNI	**Patrón Cantesco**
Capacidad de Remover La suciedad	4.8	5.4
Olor	5.0	4.8
Atomización	4.9	5.2

Elaboración: Propia

Observación: Los valores del prototipo están cercanos al patrón de CANTESCO y lo superan respecto al olor.

Tabla 5 Comparativo de Penetrante

	Prototipo FIIS UNI	**Patrón Cantesco**
Intensidad de color	4.9	5.2
Adherencia	4.2	5.2
Homogeneidad	4.4	5.3
Olor	4.5	4.2
Volatilidad	4.5	5.1

Elaboración: Propia

Observación: El valor más lejano del prototipo respecto al patrón se aprecia respecto a la adherencia, pero en cuanto al olor el prototipo supera al patrón

Tabla 6 Comparativo de Revelador

	Prototipo FIIS UNI	**Patrón Cantesco**
Capacidad de blanqueo	4.8	5.6
Rapides de Evaporación Líquido	4.8	4.9
Capacidad de revelado (contraste)	4.7	5.4

Elaboración: Propia

Observación: Se observa alguna diferencia del prototipo respecto Patrón en relación con la capacidad de blanqueo y revelado.

5. ANALISIS DE COSTOS DE FABRICACION

Flores & Tafur M (2019) presentan el cálculo de costo primo, gastos de fabricación (por juego), y costo de fabricación unitario para un juego de 12 onzas de líquidos penetrantes.

Tabla 7 Costo Primo para Aerosoles de 12 onz

Producto	Costo M. O. Directa en S/.	Costo Insumos S/.	Envasado S/.	Total S/.
Removedor	0.13	2.55	2.16	4.84
Penetrante	0.17	1.96	2.16	4.29
Revelador	0.91	33.66	2.16	36.73
			Total (S/.)	45.86

Fuente: Revista Industria, Sociedad y Sistemas Año3 No 1 marzo 2019

Elaboración: Propia

Tabla 8 Gastos de Fabricación (por juego)

Descripción	Cantidad	Costo unitario (S/.)
Material Indirecto	1 juego	8.00
Mano de obra indirecta	1 juego	1.99
Otros gastos indirectos	1 juego	0.49
	Total (S/.)	10.48

Fuente: Revista Industria, Sociedad y Sistemas Año3 No 1 marzo 2019

Elaboración: Propia

Tabla 9 Costo de Fabricación Unitario

Descripción	Cantidad	Costo unitario (S/.)
Costo primo	1 juego	45.86
Gastos de Fabricación	1 juego	10.48
	Total (S/.)	56.34

Fuente: Revista Industria, Sociedad y Sistemas Año3 No 1 marzo 2019

Elaboración: Propia

5. CONCLUSIONES

Se logro producir el juego de líquidos penetrantes con 100% de factores locales como insumos, mano de obra y equipamiento, destaca la sustitución de importación del colorante para el tinte

penetrante, debido al descubrimiento de la viabilidad de uso del colorante para velas un producto abundante y de bajo costo en Perú.

Se determino el proceso óptimo para la elaboración de los juegos de líquido penetrante (Removedor, Penetrante y Revelador) lográndose a partir de comparaciones con el producto patrón de Cantesco un liquido penetrante similar al comercial lo cual se demostró en investigación de mercados realizada al sector industrial que utiliza el producto.

Se determino los requerimientos de insumos, mano de obra y equipamiento de laboratorio, que se observa que está disponible en el mercado peruano

Por último, un resultado importante es del análisis de costos de fabricación en soles que el juego de líquidos penetrantes del proyecto tiene un costo de S/.56.34 y si se compara el precio de mercado del juego de tintes penetrantes de la marca CANTESCO que tiene un precio de S/.98.00 lo cual significa una diferencia de S/41.66 o un precio menor en 42.5%, lo cual es un ahorro importante para los pequeños y medianas empresas.

6. REFERENCIAS

Ashok, K. (2017). *Non-Destructive Testing, Evaluation Of Stainless Steel Materials*. ScienceDirect, 4(8), 7302-7312. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.060

Cano Montoya, M. (2007). *Elaboración de la documentación para la certificación de personal en el ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 17024 y ASNT CP 189-2001*[Tesis de grado,Universidad Tecnologica de Pereira]. Repositorio institucional. Obtenido de https://hdl.handle.net/11059/1068

Flores, C., & Aguero , R. (2021). *Investigación de Mercados de Tintes Penetrantes para Pruebas no Destructivas en Lima Metropolitana*. Industria ,Sociedad y Sistemas, 6(1), 50- 65. Obtenido de ii_fiis@uni.edu.pe

Flores, C., & Tafur, G. (2019). *Determinacion de factores locales de produccion que influyen en la elaboracion de liquidos penetrantes de bajo costo en la FIIs UNI*. Industria , Sociedad y Sistemas, 3(1), 40-50. Obtenido de ii_fiis@uni.edu.pe

Wlodarcyk, K., Kowalczyk, J., Ulbrich, D., & Seleh, J. (2017). *A review of non-destructive evaluation methods of elements of*. Elsevier, 192, 959-964. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.165

Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima - Perú y al Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas de la UNI por el apoyo brindado al presente estudio.

Inyección plástica sustentable en Argentina

Maillmann, Fernando Martín

Facultad de Ingeniería y Ciencias Exactas, Universidad Argentina de la Empresa.
maillmann.fernando@gmail.com

RESUMEN

En la actualidad, la sustentabilidad, como atributo para la producción de bienes y servicios, ha tomado principal importancia en el marco internacional de los negocios. Dentro de la actividad industrial de la inyección plástica, Japón y países de la Unión Europea han desarrollado materias primas para sus procesos productivos, extraídos de cultivos tales como la caña de azúcar. Bajo este lineamiento, Braskem -una empresa productora de materiales sustentables- estudió en 2016 el balance de huella de carbono obteniendo resultados favorables de -2,11 kg de CO_2, implicando que la empresa productora que decida incorporar este tipo de materiales podrá potenciar sus ventas alineando su cadena de valor a una ventaja favorable para el medio ambiente. Argentina se encuentra dando sus primeros pasos en la utilización de materiales sustentables en su proceso productivo de inyección plástica para el sector del packaging, lo que representa una oportunidad para la empresa que opte por esta opción en convertirse en un líder de Latinoamérica en su aplicación y crear –así- condiciones para realizar alianzas estratégicas. El siguiente trabajo da soporte acerca de la implementación técnica de los materiales sustentables, a la vez de presentar su conveniencia financiera y mostrando grandes oportunidades de escalabilidad del negocio. Se ha desarrollado una metodología cuali-cuantitativa, con predominio cualitativo y un estudio no experimental.

Palabras Claves: Industria, bioplásticos, inyección plástica, packaging

ABSTRACT

Sustainability as part of goods and services production has become nowadays a main attribute of the international framework in business. Japan and others European Union countries have developed raw materials obtained from sugar cane and others crops to supply the plastic injection manufacturing. Under this guideline, Braskem -a sustainable raw materials producer- has studied in 2016 the carbon footprint balance, showing a result of -2.11 kg CO_2, implying that the industry which decides to apply this kind of materials will empower its sales, aligning the value chain with an environmental advantage. Argentina has not started to use sustainable row materials in its plastic injection process for packaging applications, which means an opportunity for the local industry to become a leader in Latin America creating optimal conditions for strategic alliances.

The following business plan gives support about the technical implementation of sustainable row materials in Argentina, presenting its financial convenience, and showing great business scalability opportunities.

The adopted methodology is quali-quantitative, prevailing qualitative, and a non-experimental study.

Keywords: Industry, bioplastics, plastic injection, packaging

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo surgió de la detección de una oportunidad diferenciadora en el mercado argentino que permitió trazar una estrategia de posicionamiento para las empresas argentinas de inyección plástica en la región de Latinoamérica. Esta idea pretende favorecer la reputación de marca con la inclusión de una línea de productos amigables con el medio ambiente, reduciendo el impacto vinculado con la materia prima empleada para el proceso productivo.

En nuestro país, el proyecto anticipa una tendencia de carácter internacional de remplazo de materiales denominados sintéticos -derivados del petróleo- por otros de características sustentables.

Bajo este panorama, contar con una línea de productos sustentables permitirá preparar la adaptación al nuevo contexto y anticipar -así- las validaciones de calidad con los clientes a los fines de tener una rápida tasa de respuesta frente a la creciente demanda.

1.1. Referencias técnicas.

1.1.1 El proceso de transformación industrial.

Las materias plásticas son utilizadas por diversos procesos de transformación industrial, de los que se destacan la inyección por moldeo, soplado y la extrusión.

Tal como explica Kazmer (2009), el principio básico compartido entre dichos procesos consiste en aplicar una presión de trabajo, elevar la temperatura de la materia prima presentada en pellets a valores superiores de su punto de fusión del orden de los 220°C, proceder con la dosificación de aditivos, e inyectarla en una matriz, generalmente construida en acero y aliados, donde -gracias a sus circuitos de refrigeración- se solidifica y toma la forma de la cavidad con la que conforma el producto terminado.

Según datos estadísticos provistos por la Cámara Argentina de la Industria Plástica (2016), las materias más utilizadas son el poliestireno, las poliamidas, el policloruro de vinilo, el polipropileno y el polietileno, todos ellos no biodegradables.

El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2006) define como biodegradable a todo material cuyo proceso de degradación de sustancias complejas en simples, tales como el dióxido de carbono, agua y biomasa, sea realizado de manera sencilla. Es decir, que el medio ambiente sea capaz de romper fácilmente las uniones intermoleculares del material. A su vez Ashter (2016), indica que las fuentes de obtención principales son las melazas, la celulosa y el almidón, en el caso de plásticos tipo Polihidroxialcanoatos (PHA), y de polímeros originados por plantas naturales del tipo Poliláctidos (PLA). Ambos se conocen en el mercado bajo el nombre de Bioplásticos (BP).

1.1.2 Los bioplásticos: su aplicabilidad y proyección mundial y en Argentina.

La Asociación Europea de Bioplásticos (2015) indica una tendencia pronunciada del crecimiento del mercado mundial de BP en el mediano plazo, en sus diversas aplicaciones para la industria del packaging, en el orden de un 350%, impulsada -principalmente- por países de la Unión Europea, Japón y Brasil. El mismo se encuentra enmarcado bajo el Tratado de París 2015 y su antecesor Tratado de Kioto 2004, en conjunto a normas tales como la EN 13432 para la identificación y trazabilidad de materiales de packaging de consumo masivo.

Verzotti (2016) profundiza el caso argentino, indicando que -dada la baja demanda actual de BP, al ser un mercado emergente- los costos de adquisición para su uso industrial aún son elevados respecto a los materiales sintéticos. Prevé que, con el crecimiento del mercado, un nuevo marco regulatorio de aplicación, sumado al desarrollo de productores a nivel local y el alza del precio del barril del petróleo, pueda revertirse la situación en el corto plazo. Los fabricantes locales de materias primas renovables cuentan con bajo desarrollo, mientras que los principales actores internacionales distribuyen la mayor parte de los insumos de producción para Sudamérica desde su planta localizada en Brasil.

A su vez, los atributos particulares de los BP -entrelazados con el modelo de Kim y Mauborgne (2005) a los fines de su utilización -en Argentina, como remplazo de los materiales sintéticos- representan un océano azul que dio sus primeros indicios a partir de fines diciembre 2016.

La Argentina, siendo un país rico en tierras y actividad agrícola, es considerada un epicentro mundial de recursos naturales para desarrollar la producción y explotación de BP, asegura Verzotti (2016). Su utilización -en nuestro país- cuenta con el potencial de representar un factor diferencial que, según Mintzberg (1983) y Porter (1998), se traduzca en una ventaja competitiva para la formulación de la estrategia empresarial. Fernández y Ariosti (2006) del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) sugieren que -desde el punto de vista productivo- determinados BP cobran real importancia cuando se aplican a productos de vida corta tales como el packaging industrial, tomando en cuenta la disposición final de los residuos y su fácil biodegradabilidad. En este sentido, Capriotti (2009) toma relevancia en el hecho de indicar que alinear la estrategia a intereses de bien común impacta favorablemente en su reputación frente a la sociedad, clientes y proveedores, abriendo paso al desarrollo de una actividad sustentable.

1.1.3 Mejores prácticas en bioplásticos

Según un estudio realizado por la Asociación Europea de Bioplásticos y el Nova-Institute de Alemania (2016), la industria del packaging cuenta con el mayor índice de aplicación de BP en sus procesos productivos, seguido por bienes de consumo, automotrices y el sector de la construcción.

Dichas industrias buscan mejorar su rendimiento, bajar costos de operación y optimizar la sustentabilidad del producto, según indica la multinacional Dupont (2016), quien -junto a otros proveedores y desarrolladores de materias primas y tal como sugiere Braskem- han incluido -en su porfolio- materias primas sustentables.

A su vez, confirma que la performance por su utilización no es inferior al de los materiales sintéticos y no requiere realizar alteraciones en la línea de producción o en el uso final por parte de los clientes.

1.2. Definición del negocio

El proyecto se enmarca en la actividad de manufactura continua por inyección plástica con uso de materiales sustentables, bajo la misión de dar impulso a las pequeñas y medianas empresas (PYMES) argentinas como protagonistas referenciales en el mercado de artículos termoplásticos destinados a aplicaciones de packaging y -más precisamente- tapas plásticas para bidones y envases del rubro cosmético, alimenticio, agroquímico y farmacéutico.

A su vez, desarrollar y ofrecer productos y servicios de calidad garantizada, procurando alcanzar equitativamente la satisfacción plena de sus clientes, accionistas y colaboradores -en el marco de valores de trabajo en equipo eficaz, alineados con sus clientes y proveedores- y el desarrollo permanentemente de un sistema de mejora continua que respete los principios éticos y de convivencia en sociedad.

En cuanto a la visión, consiste en el crecimiento armónico del sector, procurando alcanzar los primeros lugares como fabricantes de productos termoplásticos, en base al reconocimiento de los usuarios por su calidad y diferenciación. Ser sinónimo de diseño, profesionalismo, calidad, servicio y ética empresarial, como base de la imagen corporativa, que, al ser difundida, enorgullezcan a sus respectivos accionistas y colaboradores.

1.2.1 Objetivos

General

Analizar la fabricación de productos con materiales sustentables/amigables con el medio ambiente, proponiendo ideas para el desarrollo de una nueva línea de productos dentro del sector plástico.

Específicos

1. Estudiar –desde un punto de vista teórico y técnico- las posibilidades de fabricación de productos sustentables y eco-amigables, y la posición de los consumidores al respecto.

2. Verificar, en el campo, las alternativas disponibles en los mercados y clientes al respecto de este tipo de productos, respondiendo a la calidad pretendida por los clientes y reduciendo el impacto ambiental consecuente.

3. Desarrollar ideas de implementación para productos con materiales sustentables y eco-amigables en Argentina.

1.3 Evaluación de alternativas

El uso de materiales sustentables representa un aporte a la problemática de impacto ambiental enfocada de una manera integral, al considerar el proceso desde la obtención del insumo hasta la disposición final del producto terminado.

El impacto ambiental de un proceso puede dimensionarse a través de la huella de carbono medido en kilogramos o decímetros cúbicos emitidos de dióxido de carbono. Mientras más amigable con el medio ambiente sea el proceso respecto a la obtención y utilización del material - en este caso del plástico - menor será el nivel de huella de carbono asociado.

Al momento de relevar las opciones disponibles en el mercado para escoger el material y aditivos técnicamente viables para el proceso productivo de inyección plástica y con mayores beneficios de sustentabilidad, se llevó adelante una serie de entrevistas con informantes claves que dieron lugar a evaluar tres (3) alternativas.

1.3.1 Alternativa 1

Plásticos PHA: La sustentabilidad de esta alternativa se fundamenta en la ventaja que representa para el medio ambiente por el método de obtención de la materia prima a partir de cultivos, como la caña de azúcar -por ejemplo- de carácter renovable, en vez de otra fuente no renovable como pudiera ser el petróleo. Mediante un proceso de molienda y fermentación, se transforma la caña en etanol, seguido por una etapa del proceso denominada polimerización para así obtener el polietileno. De esta manera, se produce la misma molécula que aquella derivada de otros procesos convencionales.

En consecuencia, esta alternativa - a priori - presentará las mismas características técnicas de manufactura y calidad de producto terminado que aquellos de origen sintético.

La obtención de la materia prima por esta alternativa deriva en un balance ambiental muy superior al de los materiales sintéticos, ya que, al considerar la cadena de producción en su totalidad, se retiran hasta 2.5 toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada producida. Característica de sustentabilidad finalmente transferida al fabricante de productos elaborados que utilice dicha materia prima. Es importante recalcar que bajo esta alternativa la sustentabilidad viene dada por la huella de carbono, y no por la biodegradabilidad vinculada a la disposición final del producto terminado, ya considerado residuo.

Argentina cuenta con una capacidad de gran potencial para el desarrollo de la producción de materiales renovables debido a sus características geográficas y desarrollo de la actividad agraria tal. Al presente, PYMES nacionales en colaboración a institutos de investigación tales como el INTI y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) desarrollan tecnologías de producción de bioplásticos a nivel local.

1.3.2 Alternativa 2

Una segunda alternativa se referirá a aquellos productos a fabricar en base a materiales renovables de origen vegetal, sean los PLA. Los cuales no responden a las propiedades de resistencia mecánica solicitadas por los productos fabricados de origen fósil, tal como el polietileno de alta densidad (PHDE) o el polipropileno (PP), al no disponer en el mercado contratipos sustentables respecto a los materiales convencionales utilizados por las empresas. Por este motivo, la segunda alternativa fue descartada como solución para el presente estudio.

1.3.3 Alternativa 3

Como tercera opción, se ofrece en el mercado la aplicación de aditivos denominados Oxo-degradables -conocidos comercialmente como D2W- que son formulados previamente al proceso de inyección junto a los materiales sintéticos. Dichos materiales favorecen la ruptura de uniones moleculares acelerando su degradación en el medio ambiente, pero no así su descomposición

molecular. Por dicho motivo - a raíz de la entrevista efectuada con los informantes claves mencionados, se concluye que, si bien visualmente el producto terminado se reduce con el tiempo a partes más pequeñas, el impacto sobre el medio ambiente es similar a los materiales convencionales. Por lo que esta tercera alternativa también fue descartada.

1.4 Definición, características y tamaño del mercado (Brasil y Argentina)

En 2016, según un estudio de la Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP), la industria argentina de transformación plástica representó el 1,5% del producto bruto interno (PBI) y 10,1% del PBI industrial. Muy concentrada en la provincia de Buenos Aires con 16,8% de las empresas ubicadas en la Capital Federal y 63,5% en la Provincia de Buenos Aires.

En 2016, la industria se encontró constituida por 2.805 empresas (cifra estable después del 2013 cuando contaba ya con 2.795 empresas), de las cuales 71% son microempresas (hasta 10 personas) y 24% son pequeñas empresas (hasta 50 personas). En total son 54.560 personas registradas que trabajan en el sector.

En 2014, la producción anual de productos semielaborados o terminados representó 1.669 millones de toneladas, de las cuales el sector del packaging (envases y embalajes) representó el 45,5%, equivalente a 758 mil toneladas. Ese mismo año, el consumo anual fue de 1.728 millares de toneladas.

El mercado brasilero representa aproximadamente 6 veces el mercado argentino en términos de producción, consumo y empleo. En 2014, la industria brasilera de transformación plástica contó con 11.590 empresas y 352.000 trabajadores. Es un sector muy concentrado ya que el 92% corresponde a empresas de gran tamaño.

Ese mismo año, la producción de Brasil representó 6,71 millones de toneladas (59,9 miles de millones de reales) y un consumo de 7,24 millones de toneladas. Las importaciones fueron de 769 millares de toneladas con procedencia principalmente de China (25,1% del valor), de Estados Unidos (15,3%) y de Alemania (7,1%). Argentina es el cuarto proveedor en valor (5,1%) y volumen (6,4%). Las importaciones de Argentina representaron 49 mil toneladas por 200 millones de $US. Según otro estudio de la misma fuente, los envases plásticos en Brasil representaron en valor 25 millones de reales en 2016.

1.5 Estimación de la demanda

Una investigación de Smithers Rapra muestra que los bioplásticos representan en 2016 cerca del 1% de la demanda global de plásticos. Está previsto que esta demanda aumente a un ritmo del 19% de tasa de crecimiento anual compuesta (TCCA) hasta 2025.

Según European Bioplastics (2017), la demanda es determinada principalmente por la surgida de productos sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Una investigación de Nova-Institute indica que la capacidad de producción de bioplásticos aumentará hasta más de 6 millones de toneladas en 2025 -contra un poco más de 4 millones registradas en 2016-, o sea una TCCA del 8%, de los cuales 42% serían destinadas al sector del packaging. Este aumento de la producción será guiado por Asia, que ya representa casi la mitad de la capacidad de producción, mientras que en América del Sur sólo representará una pequeña porción de la capacidad de producción, actualmente liderada por México y Brasil.

Ver Gráfico 1 y Gráfico 2 en el apartado correspondiente.

1.6 Estudio de costos y financiero

Para el siguiente estudio se tomaron datos, balances y estados de resultados existentes de los últimos 3 años de un muestreo de empresas del sector de la inyección plástica argentina en funcionamiento, y se definieron variables y parámetros de base como hipótesis en función a los promedios y valores representativos obtenidos.

1.6.1 Mezclas de preparación de materia prima

Si bien los bioplásticos pueden ser inyectados en un 100% del material requerido por el proceso, al representar un sobrecosto a la actualidad que ronda el 25% sobre el precio de los materiales sintéticos, es conveniente acompañar la formulación en una proporción 70% bioplástico con 30 % de sintético. La presente formulación no altera de manera significativa las características técnicas del producto, y bajo este límite es considerado como un plástico sustentable que puede llevar su sello de identificación correspondiente.

Respecto a los precios de compra de bioplásticos, se pronostica un 5% de baja anual para los próximos 5 años debido a la tendencia creciente del consumo mundial, el remplazo paulatino de materiales sintéticos y un creciente desarrollo de nuevas plantas para su obtención.

1.6.2 Aditivo D2W Oxo-degradable

Como fue mencionado anteriormente, se cuenta con una tercera alternativa fuera de los PLA y PHA, la cual consiste en aditivar a un material sintético un compuesto que acelera el tiempo de rotura de uniones moleculares, y así mejorar la disposición final de los residuos plásticos. El compuesto se aditiva al 1.5% del total de materia a inyectar, con un costo de 16 dólares por kilogramo de producto.

1.6.3 Costos fijos

Ascienden a 9,562.7 miles de pesos argentinos anuales, los cuales serán distribuidos por producto según los porcentajes de participación en el volumen total de producción. La inclusión de una nueva línea de plásticos sustentables que permita disminuir la eventual capacidad ociosa de planta permitirá diluir dichos costos, impactando de una manera favorable en las líneas de producto ya existentes.

1.6.4 Costos directos

La estructura de costos directos adoptada fueron aquellos específicos a cada tipo de producto, incluyendo horas máquina por tipo de inyectora, mano de obra, embalaje, transporte y material.

2. ECUACIONES, FIGURAS Y TABLAS.

Tabla 1 Flujo de fondos consolidados de línea sustentable modelo.

Período	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
Sobrecosto de las materias primas	24%	17%	11%	6%	1%
Margen de ganancia	13%	14%	15%	16%	16%
Ganancia unitaria	14%	15%	16%	16%	17%
Ganancia antes de costos (miles usd)	4,963.2	10,471.8	16,484.9	22,964.5	29,875.0
Costos fijos (miles $)	9,562.7	9,562.7	9,562.7	9,562.7	9,562.7
Costo de marketing (miles $)	773.7	1,392.6	928.4	928.4	928.4
Ganancia después de costos fijos (miles $)	-5,373.2	-483.6	5,993.7	12,473.3	19,383.9
Ganancia actualizada (miles $)	-4,929.1	-407.0	4,628.2	8,837.0	12,598.7
Flujos acumulados	-5,373.2	-5,856.8	137.7	12,611.1	31,994.9
VAN	20,727.2	**PAYBACK**		3	años

TIR	82%

Tabla 2 Análisis del entorno global

	Positivo	**Negativo**	**Impacto**
Políticas	-Promoción de los bioplásticos en varios países (UE y Japón) y toma de conciencia ecológica global. -Políticas brasileras y argentinas a favor de la producción local de bioplásticos.	-Estados Unidos menos inclinado a promover los bioplásticos a corto plazo.	+
Económico	-Aumento de los precios de los hidrocarburos. -Aumento de la demanda global de envases plásticos a horizonte 2025.	-Volatilidad de los precios de las materias primas. -Ligero retroceso del consumo de envases plásticos en Argentina.	+
Socio-culturales	-Conciencia ecológica creciente a nivel internacional y local. -Preocupación por los efectos secundarios de los petroquímicos. -En Brasil, los actores económicos ya se encuentran familiarizados con las energías y los recursos renovables.	-Sobreexplotación de las tierras agrícolas y competencia con otras producciones. -En Argentina, falta de sensibilización respecto al uso de recursos renovables	=
Tecnología	-Se reporta que la producción de bioplásticos es técnicamente viable (plantas en Europa, Asia, México y Brasil). -En Argentina, se realiza una transferencia del conocimiento y promoción por parte del INTI y del Conicet.	- Las aplicaciones de los bioplásticos no están completamente desarrolladas y resta validar su comportamiento frente a las exigencias técnicas.	++
Ecología	-Normas ambientales más estrictas que favorecen la rentabilidad de líneas de producto sustentables frente a los convencionales en EU, Japón y otros países.	En Argentina, escasa concientización ecológica respecto a los beneficios de utilizar materiales sustentables.	+
Legislación	-Evolución de la legislación en ciertos países a favor de los bioplásticos. -En Argentina, tendencia a favor del uso de envases biodegradables.	-Actualmente no existe ningún marco regulatorio en Argentina o Brasil a favor del uso de los bioplásticos.	=

Gráfico 1 Capacidad por región con evolución

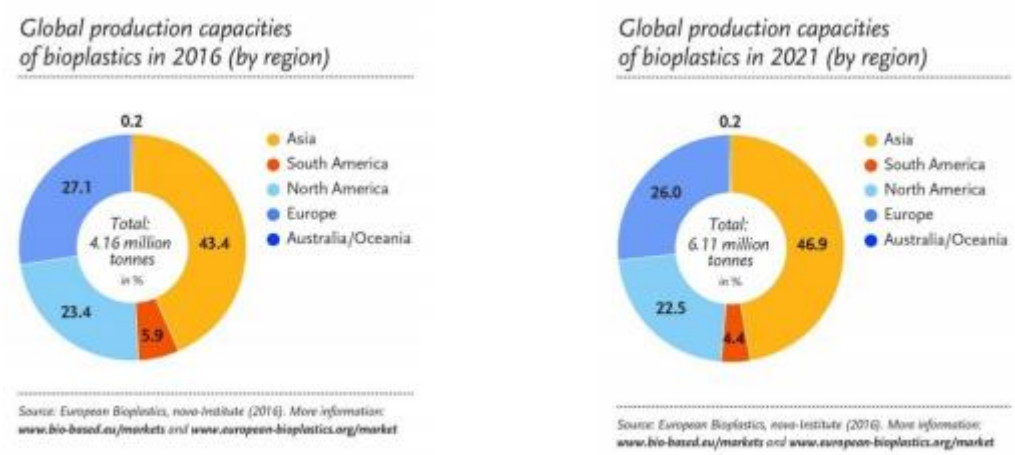
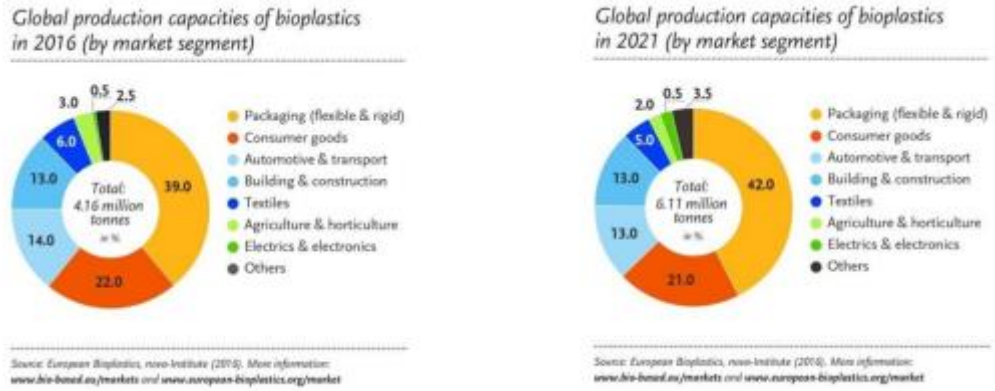


Gráfico 2 Capacidad por región por sector con evolución



3. CONCLUSIONES.

Respecto al objetivo general del presente trabajo, se analizó la propuesta diferenciadora de incluir -en el porfolio de PYMES argentinas- materiales sustentables y amigables con el medio ambiente, proponiendo una solución de desarrollar una nueva línea de productos con materiales denominados bioplásticos.

Referido a los objetivos específicos, desde un punto de vista técnico se concluye que no hay necesidad de realizar modificaciones en la línea de producción para incorporar los nuevos materiales, infiriendo que la calidad del producto terminado no se verá alterada respecto a los resultados ya obtenidos utilizando materiales sintéticos.

En los siguientes títulos se agrupan las conclusiones organizadas por grandes áreas temáticas.

3.1 En relación con los materiales sustentables

En países de la Unión Europea y Asia surgieron -en los últimos años- regulaciones de aplicación referentes al uso de materiales sustentables. Contar con un plan de implementación de una nueva línea de negocios de bioplásticos predispone a las PYMES argentinas a estar preparadas a posibles regulaciones locales que puedan resultar una ventaja diferenciadora frente a competidores del sector de la inyección plástica.

Pese a que el precio de los bioplásticos es 30% mayor que el de los sintéticos, resulta una opción a ser considerada frente a futuros desabastecimientos y posibles alzas de precios de derivados del petróleo liderados por la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).

El material seleccionado para el presente plan de negocios no es biodegradable. Sin embargo, su ventaja ambiental se refiere al balance dado por su huella de carbono de -2,11 kgs de CO_2.

Incluir bioplásticos en el porfolio de las PYMES argentinas responde a una necesidad social al otorgar un beneficio para el impacto ambiental, y otorga una propuesta diferenciadora.

3.2 En relación con la nueva línea de negocio/productos

Se detectó una necesidad no satisfecha en el mercado argentino -dentro del sector de agroquímicos, cosméticos, farmacéuticos, alimenticios y bebidas– a quien orientar la producción en una etapa de lanzamiento de la nueva línea de productos sustentables.

El análisis PESTEL elaborado trazó un marco favorable para el desarrollo de la actividad, tomando en cuenta que el mercado argentino –aún- se encuentra menos desarrollado al respecto de políticas y legislaciones favorables para el desarrollo de la actividad que otros tales como en Brasil e integrantes de la Unión Europea.

Se evaluaron diferentes alternativas de materiales, adoptando el uso de tecnologías disponibles desarrolladas de plásticos PHA provistos por la empresa brasilera Braskem, ya testeados en el mercado.

Dadas las características de la Argentina, es propicio el crecimiento de la producción de bioplásticos a nivel local para abastecer las industriales nacionales de inyección plástica. Contar con la estructura necesaria para incorporar este tipo de materiales de manera anticipada podrá incurrir en una ventaja competitiva respecto a los competidores del sector.

El retiro de los Estados Unidos del Tratado de París incurre en un freno para el desarrollo de los bioplásticos, siendo un jugador clave como consumidor y productor de plásticos a nivel mundial.

3.3 Los bioplásticos y la Argentina

Si bien Argentina en la actualidad cuenta con diversas iniciativas para el estudio y desarrollo de bioplásticos, aún no se han validado aplicaciones en diferentes rubros de la actividad plástica tales como el packaging.

El mercado argentino se encuentra poco concientizado respecto al consumo de productos ecológicos que otros países vecinos tales como Brasil. Según el estudio de Wharton School, se deberá trabajar en conjunto con los clientes en aspectos ligados al marketing para poner en valor la ventaja competitiva de utilizar bioplásticos en sus productos finales.

Avanzar como usuarios de bioplásticos en el proceso productivo, podrá facilitar alianzas estratégicas con clientes, proveedores de materias primas y con el gobierno, al poder alentar el desarrollo de mejores acuerdos de precio de compra.

3.4 El mercado de los bioplásticos

Las perspectivas del mercado respecto al consumo de bioplásticos son alentadoras con un crecimiento proyectado anual del 19% sostenido al 2025 según el estudio de Smithers Rapra. Dentro de dicho crecimiento, el segmento del packaging cuenta con buenas perspectivas siendo el más favorecido en participación pasando del 39% al 42% anual proyectado 2025.

La capacidad ociosa promedio de producción de las empresas bajo estudio asciende al 30%, y puede absorber en el corto plazo aumentos en la demanda de productos asociados a la nueva línea de negocios de bioplásticos.

A modo de conclusión de la presente investigación, se observa una gran oportunidad en el lanzamiento de una línea de productos de bioplásticos en Argentina, dado un favorable marco internacional para su uso como complemento de tecnologías existentes, a su vez de representar una alternativa frente a escenarios de desabastecimiento o alzas de precios de materiales sintéticos. Su implementación implicará innovar y construir una ventaja competitiva que favorezca el desarrollo de una estrategia que aporte sustentabilidad para el negocio con atractivos márgenes de rentabilidad. En este sentido, las PYMES argentinas cuentan con buenas perspectivas por medio de sus capacidades técnicas y productivas para desarrollar el mercado local y convertirse en un referente para la región.

4. REFERENCIAS.

Ariosti, F. y. (3 de diciembre de 2016). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*. Obtenido de http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc39/inti6.php

Ashter, S. A. (2016). *Introduction to Bioplastics Engineering.* Londres: Elsevier.

Bioplastics, E. (20 de abril de 2017). *Bioplastics facts and figures*. Obtenido de www.european-bioplastics.org

Brand, C. (1 de mayo de 2017). *Tetrapack*. Obtenido de http://www.tetrapak.com/about/newsarchive/coca-cola-wins-top-brazilian-packaging-award

CAIP. (19 de diciembre de 2016). *Anuario estadístico CAIP*. Obtenido de http://caip.org.ar/2015/wp-content/uploads/2017/03/Anuario_CAIP_2016.pdf

Capriotti, P. (2009). *Branding Coporativo - fundamentos para la gestión estratégica de la Identidad Corporativa.* Santiago de Chile: EBS Consulting Group.

CEPAL. (15 de junio de 2017). *CEPAL en línea*. Obtenido de https://www.cepal.org/es/comunicados/brasil-argentina-y-colombia-lideran-produccion-de-biocombustibles-en-la-region

Dupont. (1 de mayo de 2017). *Plásticos sustentables*. Obtenido de http://www.dupont.com/products-and services/plastics-polymers-resins/bio-based-polymers/articles/renewable-biopolymers.html

INTI. (3 de diciembre de 2016). *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*. Obtenido de http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc39/inti6.php

Institute Nova. (20 de marzo de 2017). *Building Blocks and Polymers, Global Capacities and Trends*. Obtenido de http://bio-based.eu/media/edd/2017/03/17-02-Bio based-Building-Blocks-and-Polymers-short-version.pdf

Kazmer, D. (2009). *Plastics Manufacturing Systems Engineering. A Systems Approach.* Munich: Hanser Publishers.

Kim, C. (2005). *La estrategia del océano azul.* Boston: Harvard Business Publishing.

Minzberg, H. (1983). *Diseño de organizaciones eficientes.* New Jersey: Prentice-Hall.

Porter, M. (1998). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.* New York: Free Press.

Rapra, S. (15 de marzo de 2017). *The Future of Global Bioplastics 2021*. Obtenido de http://www.smithersrapra.com/market-reports/plastics-industry-market reports/the-future-of-global-bioplastics

Verzotti, M. (1 de diciembre de 2016). *Valor Zoja*. Obtenido de http://www.valorsoja.com/2016/12/01/adios petroleo-en-la-argentina-esta-todo-listo-para-comenzar-a-fabricar-plasticos-a-partir-de-insumos elaborados-con-soja-y-maiz/#.WMSVsdI1_iw

Desarrollo de productos empleando enfoque lean y conceptos de agilismo en una empresa metal mecánica.

Rodolfo Saul Cohen

Universidad Nacional de Misiones | Argentina.
saul.cohen@fio.unam.edu.ar

RESUMEN

El propósito del presente artículo es mostrar un ejemplo de cómo una pequeña empresa metal mecánica puede hacer que su desarrollo de productos sea más ágil, flexible y generador de valor empleando Lean. Se presentael proceso genérico de desarrollo de productos, el proceso de desarrollo tradicional en el sector de metal mecánico en la provincia de Misiones, el sistema Toyota de desarrollo de productos y el nuevo sistema de desarrollo en la empresa estudiada, el cual contiene un enfoque Lean y conceptos de agilismo. Se inicia con la investigación de mercado de las demandas de los clientes en referencia a necesidades, demandas y funciones de valor del producto, que permitirá poder trasladar a los requisitos de la organización y así poder lograr la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes. En la siguiente fase se definen los requisitos finales de los componentes del producto y es cuando el concepto de agilidad interviene, realizándose procesos iterativos que mejoran los requisitos del cliente. También permite un producto adaptable a los cambios al subdividirlo en pequeños avances, trabajando de manera conjunta con el cliente se logra un diseño flexible y mejorado. Seguidamente se utiliza los datos obtenidos en la primera matriz de calidad (FVD) con el agregado del enfoque Lean, con lo cual se priorizan determina funciones y características técnicas que aporten valor producto.

Palabras Claves: Desarrollo de productos – Lean - Valor - Agilidad organizacional.

ABSTRACT

The purpose of this article is to show an example of how a small metalworking company can make your product development more agile, flexible and value generating using Lean. Presents itself the generic product development process, the traditional development process in the industry of mechanical metal in the province of Misiones, the Toyota product development system and the new development system in the company studied, which contains a Lean approach and agility concepts. It begins with market research of customer demands in reference to needs, demands and value functions of the product, which will allow to transfer to the requirements of the organization and thus be able to achieve the satisfaction of customer needs and expectations. . In the next phase, the final requirements of the product components are defined and this is when the concept of agility intervenes, carrying out iterative processes that improve the customer's requirements. It also allows a product adaptable to changes by subdividing it into small advances, working together with the client to achieve a flexible and improved design. Next, the data obtained in the first quality matrix (FVD) is used with the addition of the Lean approach, with which functions and technical characteristics that provide product value are prioritized.

Keywords: Design of products - Lean – Value - Organizational agility.

1. INTRODUCCIÓN

Vivimos un momento crítico en el desarrollo de las empresas porque generalmente las seguimos administrando como en el pasado, cuando las necesidades y los productos ahora son totalmente diferentes. Las empresas que actualmente siguen siendo lentas para entregar sus productos o servicios, con calidad inconsistente, constantes quejas y rechazos, precios y costos altos y comunicación deficiente están desapareciendo [1].

En pequeñas empresas este punto se vuelve aún más complicado. Ofrecer solamente el producto ya no atrae al consumidor, ya que busca servicios agregados al producto que pueden traerle más ventajas para toma de decisiones de compra.

La adaptabilidad y la flexibilidad son capacidades muy valoradas en estos tiempos y forman parte de la pre condición necesaria y clave para afrontar los cambios que traen el futuro del trabajo y los contextos VICA (Volátil, Incierto, Complejo y Ambiguo). El mundo hoy requiere de nosotros, de nuestra capacidad para dar respuestas adaptativas, rápidas y eficaces.

Las metáforas organizacionales actuales nos indican que las empresas se parecen más a seres vivos (sistemas complejos e interconectados) que en maquinarias (sistemas complicados formados por engranajes intercambiables). En las organizaciones, la mente es la encargada de las estrategias y es el principal responsable de la generación de valor [2].

Nos encontramos en un momento en que el mercado se encuentra cada vez más competitivo y el consumidor, más exigente. Es necesario, por lo tanto, que las empresas sepan cómo atender y monitorear las expectativas de sus clientes mediante las metodologías ágiles (Ágile) surgen en los años 90 como respuesta a las crecientes necesidades de los usuarios de ordenadores que demandaban softwares cada vez más rápidos y de buena calidad, y, por tanto, flexibles a los cambios.

La agilidad organizacional es la capacidad de entregar resultados continuos a través de los productos y servicios brindados la cliente, y la habilidad de mantenerse aprendiendo, cambiando y reinventándose, de manera que esos resultados sean sostenibles [2].

En el presente trabajo se estudian los principales fundamentos del desarrollo de productos con el objetivo de mejorar la competitividad en el mundo negocio, que cada vez es más fuerte. El número de competidores aumenta cada día y su fidelización se hace cada vez más difícil.

La realidad empresarial e industrial actual está signado por una creciente exigencia por parte de los clientes sobre los requisitos de calidad que deben cumplir los productos y los servicios. Las medianas y pequeñas empresas (Pymes) exhiben problemas en relación a sus métodos de desarrollo de productos e investigación de mercado, lo cual conduce a proponer mejoras con base en las priorizaciones teniendo en cuenta la opinión de los clientes en sus aspectos de manufactura, en base a una mirada del pensamiento ágil (Lean Thinking) y gestión del cambio “Agile”.

Mediante la investigación comercial y del producto, entre otros aspectos, se identifican las necesidades de los clientes, las oportunidades de nuevos productos y los segmentos del mercado. También se ocupa de la comunicación entre la empresa u organización y sus clientes, establece los precios, los canales de comercialización, y del lanzamiento y promoción del producto por lo cual se aplican estos conceptos en conjunto con el plan de Marketing, análisis de los canales de distribución y logística inversa diseñando los servicios de post venta [3].

El proceso para el desarrollo de un producto se describe [4] como un conjunto de disciplinas en él que se destaca la concurrencia del Diseño, el Marketing y la Manufactura, junto con otras funciones de negocios. De manera similar, [5] se destacan las mismas disciplinas clave y el trabajo interdisciplinario en un entorno de IC, junto con otras funciones de la empresa.

Por lo tanto, el proceso de desarrollo del producto comienza con las expectativas del cliente y concluye con la salida hacia el mercado del producto terminado [6]. Entonces, el proceso consiste en traducir las expectativas del cliente en especificaciones internas de la empresa y transmitir fielmente dichas especificaciones a las distintas funciones implicadas.

Otro de los esquemas posibles se plantea a continuación [7]: en primer lugar, deben determinarse las especificaciones generales del producto; en segundo lugar, realizar un análisis de viabilidad, si el producto se demuestra viable entonces tiene sentido hacer un diseño preliminar, para después continuar con el diseño detallado. Al mismo tiempo debe planificarse el diseño del proceso, que sería la siguiente etapa.

2.FLUJOS DEL PROCESO DE DESARROLLO DEL PRODUCTO

Por lo general, el proceso de desarrollo del producto sigue un flujo estructurado de actividades e información. Esto nos permite trazar diagramas de flujo de un proceso que ilustren el proceso, como se muestra en la figura 1. Un diagrama genérico de flujo de proceso a) describe el proceso empleado para desarrollar productos influenciados por el mercado, impulsados por tecnología, de plataforma, de proceso intensivo, personalizados y de alto riesgo. Cada una de las fases (o etapas) de desarrollo del producto es seguida por una revisión (o paso de control) para confirmar que la fase se ha completado y para determinar si el proyecto continúa.

Los productos de rápida elaboración hacen posible un proceso de desarrollo del producto en espiral b) conforme al cual las actividades de diseño de detalles, construcción de prototipos y pruebas se repiten varias veces (es uno de los casos más utilizados en la industria metalmecánica, donde se realizan correcciones a pedido del cliente).

El diagrama de flujo del proceso para desarrollo de sistemas complejos c) muestra el desglose en etapas paralelas de trabajo de los muchos subsistemas y componentes [3].

Una vez que el proceso de desarrollo del producto se haya establecido dentro de una organización o empresa en este caso metal mecánica, el diagrama de flujo de proceso se emplea para explicar el proceso a todos los miembros del equipo.

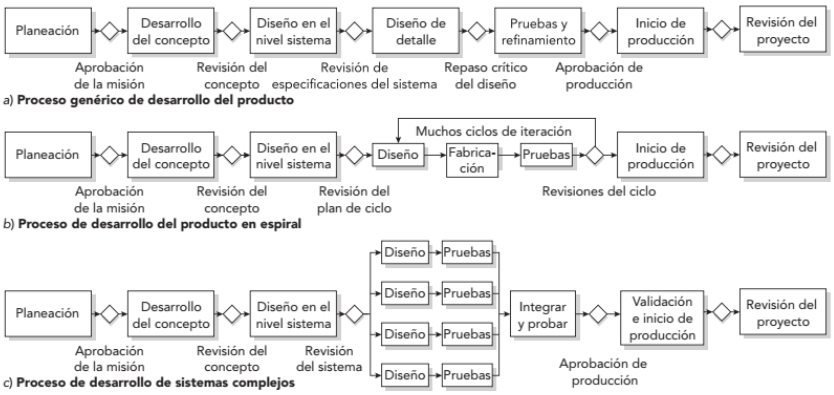


Fig. 1. Diagramas de flujo de proceso para tres procesos de desarrollo del producto [3].

El propósito del presente artículo es mostrar un ejemplo de cómo una Pymes o pequeñas empresas pueden hacer que su desarrollo de productos sea más ágil, flexible y generador de valor empleando Lean.

Se entiende por Lean Manufacturing, a la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio o muda de aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar [8].

Lean Manufacturing se define como una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos [9].

El valor, tal como lo definen el cliente, es la base del pensamiento Lean, así el desarrollo no proporciona ningún valor a menos que cumpla con las expectativas de estas partes interesadas [10].

2.1 Valor y Desarrollo de Producto con enfoque Lean.

El “análisis de valor”, consiste en un esfuerzo sistemático para reducir el costo o mejorar el desempeño de los productos o servicios, ya sea comprados o producidos, realizando un análisis intensivo de los servicios, materiales, procesos, sistemas de información y flujos de materiales que intervienen en la producción de un servicio o artículo. Entre sus ventajas figuran la reducción de los costos de operativos (producción, materiales y distribución); mejora en los márgenes de utilidad y un incremento en la satisfacción del cliente. Puesto que los equipos integrados por los distintos procesos de la empresa: estratégicos, de producción y de apoyo (definidos en el mapa de procesos) como de sus principales proveedores, desempeñan un papel clave en el análisis de valor, otro posible beneficio es que eleva la moral de los empleados [11].

Enfocarse en valor es ofrecer un análisis completo acerca de cómo se estructura el proceso de desarrollo de nuevos productos, cómo hacer más eficiente el proceso para maximizar el valor para el cliente y cómo se corresponde en el proceso, y determinar qué actividades generan valor y cuáles no.

De acuerdo a [10] afirman lo siguiente: el valor, tal como lo definen el cliente y el usuario del producto, es la base del pensamiento Lean, así el desarrollo no proporciona ningún valor a menos que cumpla con las expectativas de estas partes interesadas. Este valor, sin embargo, debe traducirse a funciones medibles y parámetros funcionales con funciones de estima (medibles en forma cualitativa), que pueden ser diseñados, producidos y verificados.

2.2 Aporte de las Metodologías Ágiles

Las metodologías ágiles son flexibles, sus proyectos son subdivididos en proyectos más pequeños, incluyen comunicación constante con el cliente, son altamente colaborativos y se adaptan mejor a los cambios. En 2001 se crea el Manifiesto por el desarrollo ágil de software, documento en el que se acuerdan cuatro principios básicos para el desarrollo de software, que establece prioridades y marca diferencias de fondo frente a los sistemas tradicionales: individuos e interacciones, por encima de procesos y herramientas; software funcionando, por encima de documentación extensiva; colaboración con el cliente, por encima de negociación contractual; y respuesta ante el cambio, por encima de seguir un plan [12].

En las metodologías tradicionales se concibe un solo proyecto, de grandes dimensiones y estructura definida; se sigue un proceso secuencial o también llamado de waterfall approach (modelo en cascada), en una sola dirección y sin marcha atrás; el proceso es rígido y no cambia; los requerimientos son acordados de una vez y para todo el proyecto. Uno de los grandes problemas de este modelo de desarrollo en cascada es, como hemos visto, la imposibilidad de revisar el producto durante el proceso productivo, muy similar a los procesos de desarrollo de productos tradicional.

Por lo que, una vez testado el software o producto/servicio en cuestión, los requisitos demandados varíen; teniendo así que repetir el proceso entero: rediseñar, volver a desarrollar y a probar el software o producto con el consiguiente crecimiento de costes y tiempo de puesta en producción.

La desventaja del modelo de cascada es superada por la metodología ágil, gracias a la continua comunicación enlazada con el cliente para averiguar los requisitos y las especialidades del producto o servicio, y al desglose del proyecto en pequeños trozos (en forma iterativa) que aportan agilidad, visibilidad y constante feedback al mismo.

De forma paralela, introducir un cambio a lo largo del proyecto es posible debido a las múltiples reuniones que se celebran con todos los involucrados en las que se establecen las prioridades del proyecto de trabajo. Mientras que, en el modelo de cascada, la participación del cliente en el proceso es nula ya que se limita a recibir el producto una vez está terminado [13].

Pese a lo anterior, no todas las organizaciones funcionan bajo la metodología ágil, sobre todo aquellas que necesitan tener una especificación concreta. Cuando trabajemos en procesos operativos que no cambian en el tiempo del proyecto, es más eficiente utilizar la metodología en cascada.

Estos procesos ágiles se relacionan con la investigación del mercado y la primera matriz de la metodología QFD, donde se determinan las características de calidad, a partir de las necesidades de los clientes. Estos deben tener un continuo contacto y desarrollar estos procesos iterativos hasta lograr cumplir con las necesidades con valor de sus clientes.

2.3 El desarrollo de producto de Toyota

El desarrollo de producto de Toyota, conocido como Lean Product Development System (LPDS, sistema de desarrollo de producto Lean), promueve la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero jefe.

De acuerdo a [14] el desarrollo de producto de Toyota, conocido como LPDS, promueve la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero jefe. El LPDS tiene como principal misión asegurar que el producto final cumpla con las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente entregándole lo que este realmente valora.

Según presenta el estudio realizado por [14] en una microempresa de Cali de productos textiles llamado “Equilibra”, en la cual se aplicó esta técnica para que el desarrollo de productos sea más

ágil, flexible y generador de valor empleando Lean y a la vez también busca ayudar a los individuos y organizaciones a proyectar la imagen personal que desean, de manera que esta les permita transmitir adecuadamente su estilo personal e institucional, mejorar el servicio al cliente, las relaciones públicas, el clima laboral y la autoestima.

El estudio que se llevó a cabo busca mejorar el proceso de desarrollo para que la empresa pueda volver a ofrecer productos ajustados a las necesidades de sus clientes, personalizadas a las características de su hogar, brindándoles un servicio de asistencia y garantía.

3. PROCESO GENÉRICO DE DESARROLLO DE UN PRODUCTO VS. FORMA TRADICIONAL DE EMPRESAS METALÚRGICAS.

En la primera columna de la izquierda (Figura 1) se observa el proceso genérico de desarrollo de productos propuesto por [3], el cual tiene en cuenta todo el ciclo de vida del producto, además de emplear un enfoque multidisciplinario. En dicho proceso genérico se encuentra la planeación general, en la cual se define el mercado objetivo y el concepto básico del producto, con una amplia participación del área de mercadeo.

Posteriormente se desarrolla el concepto, especificando los detalles de este mediante un trabajo multidisciplinario. Luego los diferentes sistemas que forman el producto o servicio son diseñados y desarrollados por especialistas que intercambian conocimiento para asegurar la integridad final del sistema y su viabilidad. Acto seguido se realizan pruebas parciales y pilotos para llegar a la versión definitiva, la cual es producida en pequeña escala para afinar los aspectos finales.

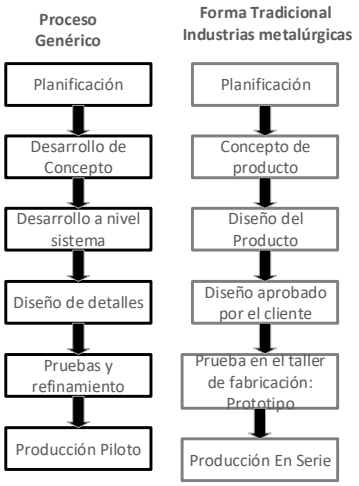


Figura 1. Proceso Genérico vs. Forma Tradicional de empresas metalúrgicas.

3.1 Proceso de desarrollo tradicional en el sector de las industrias metalúrgicas

La industria metalmecánica en Misiones se encuentra en pleno crecimiento, debido a la gran flexibilidad de las empresas de la provincia y financiado y con la ayuda de los sectores complementarios. Hoy el sector cuenta con una Cámara Misionera de Industriales Metalúrgicos (CAMIM), la cual se ha constituido en un ámbito de gran trabajo en el ámbito sectorial, que potencia la industria local y provincial, trabajando en conjunto, con el ministerio de industria de la Provincia de Misiones, con los municipios, y con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Por otra parte, se encuentra en pleno desarrollo a nivel regional diferentes clústeres metalúrgicos impulsados conformados por empresas, academias y estado, con el fin de crear sinergias para el aumento de la competitividad del sector.

Comparando el proceso genérico con el de las empresas metalúrgicas representada en la segunda columna de la Figura 1, donde se muestra el proceso de desarrollo tradicional en el sector de las empresas industriales metal mecánicas de corte por plasma, campanas industriales para cocinas industriales, cortinas de aire y fabricación y montaje de conductos de ventilación y de equipos centrales de aire acondicionado.

En este proceso de desarrollo en las empresas metal mecánicas de la zona, se parte de una planeación general en la cual se ha definido básicamente un mercado objetivo, para luego definir un concepto de producto mediante bocetos, planos (Autocad), diseños en 3D (Solidworks).

Después se realiza la muestra física con la presentación y aprobación del cliente, la cual es se modifica en base a sugerencias de que surgen de la entrevista comúnmente realizada por el diseñador. Luego se realiza el presupuesto por el personal de mercadeo y/o del área comercial y si se aprueba el presupuesto y forma de pago, se pacta las fechas de entrega del producto o lote de productos.

En algunas empresas se realizan ensayos preliminares de producción, mientras que otras pasan directamente a la producción en serie. En este método tradicional el desarrollo tiende a ser bastante lineal y no se promueve mucho la interacción entre las distintas disciplinas desde estadios tempranos del proceso.

3.2 Empresa en Estudio

En la primera columna de la Figura 2 se observa el antiguo sistema de la empresa bajo estudio (Aire Confort S.A.), bastante similar en esencia al tradicional del sector de industrias metal mecánicas, para pasar al nuevo sistema adoptado para el desarrollo de productos con enfoque Lean, siendo la principal diferencia el hecho de que los productos no son producidos en serie, sino que el cliente mezcla a su gusto o modifica elementos (por sugerencias de profesionales relacionados al diseño del departamento o vivienda) como ser especificaciones, color, dimensiones o diseño preestablecido y la producción se lleva a cabo sobre pedido.

En la última columna de la Figura 2 se muestra el sistema de desarrollo de la empresa japonesa (Desarrollo de producto de Toyota, LPDS), caracterizado por promover la interacción constante entre las diferentes disciplinas y áreas mediante la coordinación del ingeniero jefe, quien es el directo responsable del desarrollo del vehículo y toma todas las decisiones críticas con respecto a este.

El ingeniero en jefe tiene como principal misión asegurar que el producto final cumpla con las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente entregándole lo que este realmente valora, de acuerdo con lo expuesto por [14].

Una vez establecido las funciones y necesidades de valor y traducidos a los requisitos dentro de la organización mediante el nuevo sistema adoptado por la empresa con enfoque lean, el siguiente paso es pasar al LPDS Toyota donde el mismo se caracteriza porque no es un proceso lineal sino iterativo, lo cual permite detectar y corregir errores más rápidamente, lo cual permitirá estar más cerca del cliente adaptándose a cambios en forma rápida y flexible para mantener a los clientes y superar sus expectativas actuales y futuras.

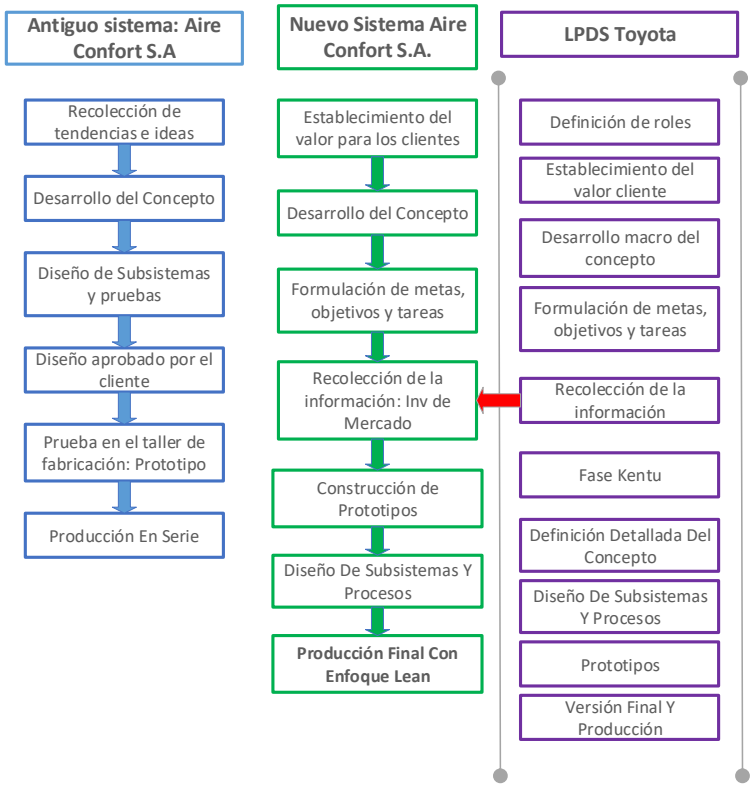


Figura 2. Comparación de Procesos de desarrollo: empresa sistema antiguo y nuevo vs. PPDS Toyota [14].

Otro aspecto primordial a tener en cuenta para el desarrollo de productos es el cuidado del medio ambiente para ello son especialmente útiles los conceptos de eco diseño, los cuales ayudan a reducir los impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

Después de la revisión de los diferentes autores, se adopta como modelo para el proceso de desarrollo de productos Lean Product Development System (LPDS) como base para el nuevo sistema (ver la última columna de la Figura 2), debido a se incluye conceptos de ingeniería concurrente, inversa y ecodiseño en conjunción con la metodología QFD permite que se detecte lo que el cliente valora y además ser una empresa ágil, con un enfoque en cuidar los desperdicios.

3.3 Metodología para la mejora en el diseño de nuevos productos

A continuación, se presenta el sistema de desarrollo de productos diseñado para la empresa estudiada como se aplica el nuevo sistema, la forma en que el proceso de diseño funcionará como un ciclo de mejoramiento continuo y finalmente se presenta una visión crítica de las características, ventajas y desventajas del nuevo sistema.

3.4 En qué consiste y cómo funciona el nuevo sistema de la empresa PPDS Toyota

i. Establecimiento del valor para los clientes.
El ingeniero jefe (IJ) y el proyectista o diseñador industrial establecen lo que el cliente define como valioso mediante: información de campo, investigación de mercados, análisis de la competencia, entrevistas con personas del mercado objetivo, uso de productos similares y características del estilo de vida del mercado objetivo.

ii. Desarrollo del concepto del producto.
El Ingeniero Jefe del proyecto en conjunto con los representantes de todos los departamentos involucrados define la visión global en el documento, en conjunto con el diseñador industrial, el jefe de producción recursos humanos, administrativos, vendedores, técnicos, instaladores etc. y el proveedor de las partes de la campana extractora y tomando como base la información recolectada en la etapa anterior.

iii. Formulación de metas, objetivos y tareas.
El Ingeniero en jefe y la alta gerencia, definen las metas y objetivos globales de desempeño del nuevo producto y asigna tareas a los demás participantes del desarrollo, que fueron enumerados en la etapa anterior.

iv. Recolección de información.
El diseñador industrial y proyectistas en conjunto con los proveedores de la campana extractora recolectan y analizan la información que requieren para llevar a cabo sus labores e inician la etapa de estudio empleando el análisis de diversas alternativas de manera simultánea.
El diseño de bocetos preliminares y planos está cargo del proyectista y el diseñador industrial.
El diseño de subsistemas está a cargo del ingeniero industrial y el gerente de la empresa, con la ayuda puntual de los proveedores principales.
La selección de bocetos y subsistemas es realizada por el Ingeniero industrial. Los resultados finales son desplegados presentados por el grupo de diseño en un lugar de reunión donde se presentará el prototipo o partes de los nuevos subsistemas o componentes del producto.
El diseñador y el jefe de proyectos llevan a cabo reuniones de retroalimentación con los clientes y toman sus pedidos.
El Ingeniero en jefe define y comunica los planos de conjunto y de las partes del producto con sus especificaciones documentadas a los demás integrantes del proceso de desarrollo, los cuales diseñan subsistemas, realizan un prototipo y pruebas que se exponen en un lugar privado y se discuten los temas para lograr integrar todos los puntos de vista.

v. Diseño de los subsistemas y procesos.
Paralelamente al diseño de subsistemas se realiza el diseño de los procesos de manufactura y venta, liderado por el Ingeniero en jefe y realizado con los proveedores. También se realiza un análisis global de ciclo de vida del producto.

vi. Construcción de los prototipos.
El diseñador industrial, el proyectista y el Ingeniero en jefe realizan prototipos integrando los subsistemas y probando los procesos de manufactura y venta de manera que esté todo listo para atender a los clientes.

vii. Producción Final con enfoque Lean.
Los prototipos finales se exhiben en un lugar de reunión que se conecta al blog (página web) de la empresa y se replica en el producto en los distintos puntos de venta.
A partir de este momento se produce lo que los clientes soliciten dentro de los modelos que puede desarrollar la empresa y se empieza a trabajar en nuevos modelos.

3.5 El nuevo proceso de desarrollo como Ciclo Deming (PHVA)

Todas las empresas y organizaciones, desde su creación, se diseñan, definen su forma de medición, implementan sus sistemas de trabajo, miden y analizan su desempeño y empiezan a solucionar problemas, en lo que llamamos ciclos de mejora y ciclos de adecuación para el control.

Una empresa en desarrollo es aquella que realiza constantemente ciclos de adecuación para el control y resuelve problemas, además de aplicar acciones preventivas. Las empresas fiables no solo hacen ciclos de adecuación, sino que comienzan con ciclos de mejora e innovación [1].

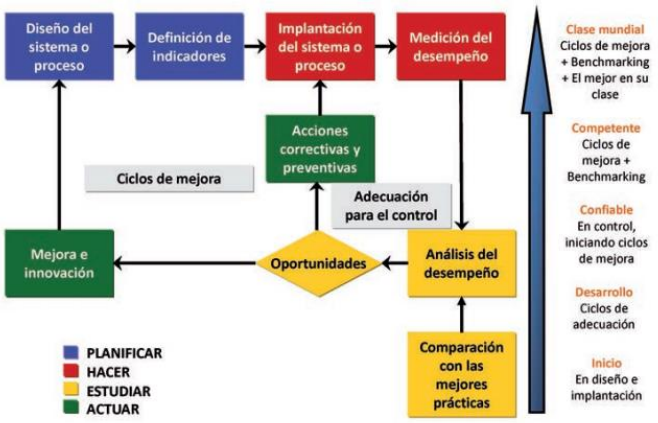


Figura 3. Ciclo PHVA de mejora de un sistema o Proceso [15].

El formato final del nuevo sistema de desarrollo de producto de la empresa Aire Confort S.A. se muestra en la Tabla 1 y es la adaptación de los elementos planteados por es la adaptación de los elementos planteados por [16] para la implementación de un sistema Lean de desarrollo, con compatibilidad con otros sistemas como la Norma de Calidad de ISO 9001:2015 y la Norma Ambiental de ISO 14001:2015.

Dentro del sistema que se muestra en la Tabla 1, las etapas de desarrollo que se observa en la Figura 2, hacen parte de la de la sección denominada “Hacer” y son representadas con la palabra “Etapas” resaltada en negrilla.

Tabla 1. Nuevo proceso de desarrollo como Ciclo Deming [14].

PLANEAR		**HACER**	**VERIFICAR**	**ACTUAR**
Políticas	**Planeación**	**Implementación y operación**	**Análisis de Desempeño**	**Mejora**
Política. -Principios -Aspectos claves del sistema. -Política de compra de los componentes. -Pautas de diseño. -Tipos de diseño y distribución del tiempo. -Pautas para manejo de imprevistos.	**Alcance* ** Identificación de requerimientos legales, de las partes interesadas.* **Mapa de valor actual y futuro.* **Objetivos.* **Identificación y evaluación de aspectos, impactos y riesgos.* **Estructura*: Eventos de integración, subsistema, sistema del ingeniero jefe. Ciclo de vida del producto **Roles, responsabilidad y autoridad.* **Plan de contingencia.*	****Etapas*** ***-Procesos y documentación*** ***-Afiliación*** ***-Venta*** ***-Atención*** ***- Cálculo de precio de venta*** ***-Documentación técnica*** ***-Compras*** ***-Producción*** ***-Entrega*** ***-Distribución*** ***-Personas.*** ***-Estructura.*** ***-Competencias y Perfiles.*** ***-Capacitación*** ***-Herramientas y tecnología*** ***Comunicación*** ***Aprendizaje Organizacional***	-Manejo de los recursos Control de la operación. -Monitoreo y medición de metas, objetivos, requisitos legales y otros requisitos. -Indicadores clave. -Evaluación del cumplimiento. -Auditoría interna. -Manejo de no conformidades.	- Revisión por la Dirección. -Acción correctiva, preventiva y de mejora. -Sistema de acción Integral.

3.6. Características, ventajas y desventajas.

El nuevo sistema de desarrollo posee las siguientes características y ventajas:

- *Disminución de impactos ambientales:* se utiliza el inventario de ciclo de vida para identificar los principales impactos y sus causas para luego plantear acciones que reduzcan dichos impactos y verificarlas.
- *Aumento en la capacidad de aprendizaje organizacional:* para mejorar la capacidad de aprendizaje, mediante el conocimiento compartido mediante mutuo aprendizaje. La persona (interna o externa) que desarrolle algún tipo de conocimiento nuevo, relacionado con desarrollo del nuevo producto lo documenta de forma escrita o por medio de videos breves, que incluyan las razones por las cuales se hace algo de una determinada manera. Luego publica la información en una carpeta compartida en un servicio gratuito de almacenamiento en la nube para que pueda ser usada por los demás miembros del sistema de desarrollo.
- *Mejora de procesos empleando tecnologías de información y comunicación:* se realiza una actualización y mejora de un análisis organizacional previo, el cual es útil para definir las necesidades tecnológicas y parametrizar los sistemas de información.
- *Creación de sinergias con los proveedores y la empresa:* se jerarquiza a los proveedores, y únicamente los proveedores clave hacen parte directa del desarrollo. Se empieza a construir una relación de amistad la cuales la base para establecer alianzas más estrechas, con participación conjunta en ferias y ruedas de negocios, convenios para compartir espacios físicos, entrenamiento cruzado en temas de gestión o técnicos, inversiones conjuntas y participación como asesor externo en la toma de decisiones.

4. METODOLOGÍA

4.1. Investigación del mercado con un enfoque Lean

El caso en estudio se refiere a una pequeña empresa metal mecánica ubicado en la ciudad de Posadas, Misiones, la cual elabora productos de referidos a la industria metal mecánica, cortes con CNC por plasma apara piezas mecánicas, cartelería metálica y además fabrica y realiza montajes de conductos en chapa galvanizada, para instalaciones de aire acondicionado y ventilación.

Se detectan necesidades en lo referente a ventilación mecánica mediante campanas de extracción para cocinas tanto domiciliarias como así industriales (cocinas de hoteles y hospitales etc.).

El desarrollo del producto se inició con la identificación de un problema, detectado a partir de necesidades mal atendidas en el mercado. El caso el producto que se analiza, es un extractor de cocina de acero inoxidable, utilizados en departamentos y viviendas familiares.

Se localizaron los segmentos del mercado objetivo en la provincia de Misiones. Los principales resultados que se obtuvieron en la investigación de mercado cuyo enfoque Lean coincide con lo citado anteriormente por el desarrollo PPDS, citado en el punto i) como el establecimiento del valor para los clientes, detectando las necesidades actuales y futuras de los clientes y las funciones de valor del producto.

En cuanto a los resultados de la investigación de mercado-producto que se refieren a las características del producto fueron:
- De un total de 77 personas encuestadas, el 92% se encuentran dentro de la provincia de Misiones (la cual es nuestra región objetivo) y el resto en las provincias de Corrientes, Chaco y otras.

- En cuanto al tipo de vivienda en la región analizada el 33,3% habita en una casa grande, el 30,7% en casas pequeñas y departamentos de varios ambientes y en departamentos mono ambientes el 5,3%.

- En cuanto a la intención de compra del producto, el 46,7% de los encuestados se tiene una respuesta positiva, el 17,3% negativa y el porcentaje restante tal vez adquiriría el producto un 36%.

- En cuanto a la intención de compra del producto, el 46,7% de los encuestados se tiene una respuesta positiva, el 17,3% negativa y el porcentaje restante tal vez adquiriría el producto un 36%.

- Las dimensiones de la campana que se obtiene con mayor aceptación fueron de 600x600x450 (mm) un 59,2% seguido de 550x500x350 con un 18,3% y las menos aceptadas del 12,7% (350x500x350) y el 7% (900x600x500) y otras opciones con valores muy pequeños.

- De los materiales consultados, se concluye que la campana de acero inoxidable es la que mejor aceptación tiene entre los encuestados con un valor de respuestas del 81,3% (por lo tanto, es el material que se utilizará para el diseño y fabricación de las campanas extractoras) seguido de una campana innovadora de vidrio templado con el 14,7% y el resto de chapa esmaltada.

Funciones que agregan valor:

En cuanto a los resultados de la investigación con respecto a las funciones adicionales que agregan valor, se obtuvo los siguientes resultados:

- ¿Te interesa que la Campana Extractora tenga la función mediante control remoto y pueda programarse la velocidad y tiempo de acuerdo al tipo de comida? Se observa en los gráficos que el 62,2% acepta la propuesta, un 27,6% contesta tal vez y el restante 9,2% no le interesa.

- En cuanto a la forma de recibir el producto si armado/desarmado las respuestas fueron de entrega totalmente armado del 60,5% de respuestas, indistinto el 34,2% (en partes) y el resto de las respuestas desarmado.

- ¿Te interesa que la Campana Extractora tenga la función adicional de poder aromatizar la cocina?. De los encuestados se obtiene los siguientes datos: lo consideran muy importante un 7%, importante en un 36%, poco importante un 32% y un 23% nada importante, por lo cual esta discutida su aporte.

-¿Te interesa que la Campana Extractora sea flexible y se puede configurar el color con el diseño de la cocina?. Se resalta que lo siguiente: contestan afirmativamente un 58,1%, 27,5% tal vez y no le interesa un 16,2%, por lo que podemos comentar que es un punto importante a tener en cuenta para adecuarnos a las necesidades del cliente.

- ¿Te interesa que se brinde servicio de post venta y post consumo?. El servicio de post venta y post consumo se concluye que los encuestados manifiestan una gran aceptación con un 80,3% y el resto no le interesa o tal vez lo considere.

-¿Prefiere que tenga partes intercambiables, como para poder reparar o realizar un mantenimiento?. Se determina que el 92% de los clientes manifiesta un gran interés por esta opción en el producto.

- ¿Prefiere que tenga Servicio de instalación y de entrega del producto en forma particular sin cargo, como un agregado al producto?. De los datos se obtiene que el 85,5% manifiesta un gran interés en que se ofrezca el producto con servicio de instalación.

4.2 Utilización de la Matriz de valor (FVD)

La técnica de Función Calidad de Valor (FVD) de acuerdo a [10] es una adaptación del Despliegue de la Función Calidad (QFD), en la cual se aplica los principios Lean basados en la creación de valor y la reducción de desperdicios, introduciendo una matriz adicional, teniendo en cuenta las demandas de funciones que agreguen valor.

Cada demanda de los clientes debe ser medido y cuantificado de forma específica, basado en factores técnicos medibles y cuantificables. Se busca traducir los que´s de los clientes en los como´s, es aquí donde aplicamos la metodología “ágile” realizando las iteraciones necesarias con los clientes de manera de determinar la cumplir las expectativas del cliente, quien indica el valor que le aporta cada requisito del proyecto. Otros de las características del concepto de agilidad es la participación activa del cliente; simplicidad; equipos de desarrollo motivados y auto organizados; comunicación efectiva; auto inspecciones; y adaptación a los posibles cambios.

A partir de lo antes expuesto se procede al armado de la Primera Matriz FVD de Valor.

Para el armado, se utiliza parte de la 1ra. matriz FVD, donde relacionamos las demandas del cliente y las demandas de valor del cliente (que´s) IDvi*, con las características de calidad desarrolladas en la empresa (IQj*) que son los Como´s o características de calidad a desarrollar dentro de la empresa.

En la Tabla 1, se aprecia que los ítems de “características técnicas de valor” a desarrollar en la empresa, cobra importancia los servicios como ser: técnicos de instalación, repuestos de las partes de la campana, el taller de atención de post venta y post consumo, una camioneta para realizar estos servicios que acompañan al producto con el agregado de repuestos como ser: plaqueta electrónica, control remoto, luces de leds y los filtros de metal y de carbón activo.

Tabla 1. 1ra. Matriz de Valor demandas de valor vs. Requisitos Técnicos de valor.

Matriz de Valor	Requisitos técnicos (Como´s) del producto														Req. de Valor (Servicios)				*IDi* Importancia: I.M.
1ra. Matriz FVD	Ac.Inox. SAE 304. Dim. : 2x1 mts. E=0,5	Dim. campana: 60x60x45 cm.	Motor: Q= 1000 m3/h, 3 vel.. 55 db..400	Kits plaqueta electrónica, 220/12v.	Transformador 220/12 volt	Control remoto y plaqueta receptora	Luces de leds: 5 w, Di= 50 mm	Filtros met. 520x520 mm, esp.= 12 mm.	Filtro activo de carbón	Guía para porta flitros y colgar utensilios .	Cubre cond. de ac. inox.: de 20cmx20cm	Cond.salida: flex met de d= 15 cm	Diseño ergonómico (escala: 1-10).	Diseño estético (escala: 1-10).	Repuestos (y herramientas) de los	Tec. instaladores de garantias	Atención de post venta y post consumo	Camionetas para instalación y garantía	
Prod. armado.	3	9	9	9		9	6	6	6	3	3	3			6	9	3	9	0,8
Dis. y color flex.	9	9	6	6	6	6		6	6	6	6	6	9	9	9	3	3	3	0,7
Camp. ccolores	9	9	9	9	6	6		6	3	3	6	9	9	9	9	3	3	3	0,9
Bajo consumo			9	6	6	9	6								9	6	6		0,7
Progr. y c.rem.			9	9	9	9	6								9	9	9	9	0,7
Aromatizar			9	6	6	9									3	3	3	3	0,5
Post venta-cons.			9	9	9	9	9	9	9						6	9	9	9	0,8
Partes interc.			9	9	9	9	9	9	9	3	3	3			6	9	9	9	0,9
Garantía Extendida			9	9				9	9	3	3	3			9	9	6	9	0,8
Servicio instal.			9	9	9	9	9	9	9	3	3	3			6	9	6	9	0,9
Serv. deentrega			9	9	9	9	9	9	9	3	3	3			6	9	6	9	0,9
Importancia técnica (IQj)	17	21	73	70	53	64	44	52	49	19	22	25	14	14	60	61	49	57	
Ev. dif. actuación (Dj)	1,0	1,0	1,0	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Ev. competitiva (Bj)	1,0	1,0	0,5	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Pr.(IQvj*) con valor	**17**	**21**	**52**	**140**	**80**	**128**	**88**	**104**	**99**	**19**	**22**	**25**	**14**	**14**	**120**	**122**	**98**	**114**	

5. CONCLUSIONES

El sistema continúa basando gran parte del proceso de desarrollo en proveedores externos, pues no se cuenta con los recursos económicos para hacerlo de otra manera; pero dada la informalidad y la falta de disciplina que caracteriza a las pequeñas empresas del sector metal mecánico y metalúrgico.

Es muy difícil lograr el cambio cultural requerido en ellos para que trabajar bajo los nuevos estándares, con la esperanza que no sea una prueba de unos meses, sino la nueva manera de operar, con principios de mejora continua, basados en el enfoque Lean.

A la espera de resultados positivos de esta implementación en la empresa para lograr de cambios que paulatinamente se esperan, como ser: aumento de la agilidad para responder a las necesidades del mercado, la búsqueda de ideas innovadoras, incremento de la flexibilidad en los modelos, colores y materiales de las campanas extractoras adaptándose a las necesidades del cliente y agregando valor con los servicios de instalación y canales de post venta y post consumo.

Por último, un aspecto muy importante es la mejora de la capacidad de generar valor, mediante estudios de voz del cliente, que permitirán obtener cambios en las necesidades, expectativas y requerimientos de los clientes actuales y futuros; sus preferencias en cuanto a productos y servicios; su perfil demográfico; clasificación según lo que valoran y cómo se relacionan con la empresa, y estadísticas acerca de la satisfacción con los productos y servicios (mediante encuestas de satisfacción y con página web).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Socconini Pérez Gómez, L. V. (2019). Lean Company: más allá de la manufactura. Barcelona, Marge Books. Recuperado de: https://elibro.net/es/ereader/elibrounam/117565?page=16.

[2] Zarbo Pablo y Gonzalez, Diego I. (2021). Agilidad organizacional. Cómo Transformar Organizaciones, con propósito e impacto. 1ra. Edición. Editorial Dunken. Ciudad autónoma de Buenos Aires.

[3] Ulrich, K. T.; Eppinger, S. D. (2013). Diseño y desarrollo de productos. Quinta edición. Mcgraw-Hill. México.

[4] Ulrich, Karl & Eppinger, S. (2015). “Product Design and Development”. México. Sexta Edición. Mc Graw Hill, Education.

[5] Pahl, G.; Beitz, W; Feldhusen, J.; Grote, K. H. (2007). Engineering design: a systematic approach. Tercera edición. Springer. Londres, Inglaterra.

[6] Cuatrecasas, L. (2010). Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación. España. Profit. Barcelona, España.

[7] Garcia, J. P. (2005). Tema 2 Diseño del Producto. Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. Recuperado de: http://personales.upv.es/jpgarcia/linkeddocuments/2disennodeproducto.pdf.

[8] Carreras, M. R., y García, J. L. S. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. España, Madrid. Editorial: E. D. de Santos.

[9] Hernández Matías, J. y Vizán Idoipe, Antonio. (2013). Lean manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid. España. Editorial: Fundación EOI.

[10] Pessôa, M.V.P., y Trabasso, L.G. (2017). The Lean Product Design and Development Journey. A Practical. Londres, Inglaterra. Editorial: Springer.

[11] Krajewski, Lee J, Ritzman, Larry P.& Malhotra, Manoj K. (2013). Administración de operaciones. Procesos y cadena de suministro. Madrid. España. Editorial: Pearson.

[12] Alcaide Marzal, J.; Diego Más, J. A.; Artacho Ramírez, Miguel A. (2004). Diseño de producto: métodos y técnicas. Alfaomega. México.

[13] Grech, T. (2015). The intersection of agile and waterfall. Industrial Engineer: IE,47 (8), 49.

[14] Maldonado Barón, Diana I. y Cadavid Rivera, Leonardo. (2014). Cómo una microempresa logró un desarrollo de productos ágil y generador de valor empleando Lean. Revista Estudios Gerenciales, Vol. 30 (130), 40-47.

[15] Socconini Pérez Gómez, L. V. (2014). Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios. 1.ª edición. Lean Six Sigma Institute, SC.

[16] Morgan, J. y Liker, J. (2006). The Toyota Product Development System. New York: Productivity Press.

Área F

La Educación en la Ingeniería Industrial

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área F
Experiencias de implementación de aula espejo	CO22-F01
Desarrollo de competencias actitudinales mediante la vinculación con emprendedores	CO22-F02
Las materias básicas y su relación con los proyectos finales de carrera en la formación por competencias del ingeniero industrial	CO22-F03
Sistemas de comunicación gráfica para ingenieros, para superar el Dibujo Técnico, como disciplina de base	CO22-F05
e-actividades aplicadas a las prácticas experimentales en la enseñanza de la química con estudiantes de primer año de la UNNE	CO22-F06
Un aporte al desarrollo de “soft skills” en Ingeniería Industrial. Experiencia en Análisis Numérico y Cálculo Avanzado	CO22-F07
Diseñar una propuesta académica e-blended para la carrera ingeniería industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competencias	CO22-F09
Análisis del Test diagnóstico para la implementación de actividades de matemática para estudiantes ingresantes	CO22-F11
Transformaciones, habilidades y competencias docentes	CO22-F12
Inteligencia emocional y liderazgo en estudiantes de Ingeniería Industrial	CO22-F13
Detección de causas de deserción y desgranamiento en la carrera de ingeniería industrial en la Facultad Regional Trenque Lauquen UTN	CO22-F14
Análisis del aprendizaje en formación por competencias de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora a través de un proyecto integrador por medio del diseño y construcción de un prototipo vehicular tipo “Fórmula SAE”.	CO22-F15
La evaluación auténtica como puente entre la enseñanza y el aprendizaje con casos	CO22-F16
Las tres “R” de la docencia universitaria en la nueva presencialidad: Replanteo, Rediseño y Reutilización	CO22-F18
Las decisiones por valores en la Dirección Científica. El aprendizaje empírico de la ética en la ingeniería industrial	CO22-F20
Percepciones en el desarrollo de competencias genéricas de egreso de ingeniería industrial	CO22-F21
La educación superior en el territorio de Rafaela Detección de nuevas necesidades de formación profesional en tecnología en el rubro metalmecánico	CO22-F23

F - La Educación en la Ingeniería Industrial

Prólogo del Eje por:
María Victoria D´Onofrio y Mauricio Mackenzie

Esta área comprende variados trabajos que abarcan diferentes aspectos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje en la carrera. Las experiencias en el aula con herramientas para el desarrollo de competencias en los estudiantes son los temas que aborda la mayoría de los trabajos presentados en esta oportunidad, pero hay otros que nos hacen reflexionar sobre el rol del docente en la enseñanza universitaria, así como también en la búsqueda de técnicas que permitan evaluar la permanencia y las causas de deserción en la carrera.

En el caso del desarrollo de competencias, se cuenta con el trabajo denominado “Desarrollo de competencias actitudinales mediante la vinculación con emprendedores”, de Mohamad y Colombo, que presenta la experiencia de las actividades realizadas por estudiantes de quinto año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Argentina en un proyecto colaborativo de vinculación con el medio. Busca asegurar una enseñanza y aprendizaje que contemple los descriptores y desarrolle competencias profesionales y actitudinales establecidas por el CONFEDI. Como resultado, los estudiantes asumen un compromiso social vinculando sus conocimientos y habilidades a problemas reales que favorecen un desarrollo social y económico equitativo.

Los autores Faks, Luna, Pascal, Ferrari, y Deanes presentan el artículo “Análisis del aprendizaje en formación por competencias de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora a través de un proyecto integrador por medio del diseño y construcción de un prototipo vehicular tipo Fórmula SAE” que analiza el proceso de aprendizaje por competencias de los estudiantes en las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, a través de la resolución de problemas ingenieriles que se irán presentando desde la concepción hasta la puesta en marcha del prototipo vehicular tipo “Fórmula SAE”. La participación activa de becarios y estudiantes en distintas etapas del proyecto busca formar jóvenes investigadores en áreas tecnológicas.

El trabajo “Percepciones en el desarrollo de competencias genéricas de egreso”, de Brottier, Caliguli y Nallimde, pone de manifiesto la relevancia de analizar y establecer los niveles de adquisición de competencias sociales, políticas y actitudinales que se desarrollan a lo largo de las carreras de ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo y establecer si hubo correlato con estrategias didácticas implementadas en el proceso de aprendizaje. Considera dos vertientes para el relevamiento de la información de trabajo: la evaluación de las competencias requeridas relevadas y la evaluación de las competencias adquiridas en la carrera de ingeniería. Los resultados evidencian un desfasaje entre las necesidades del ámbito profesional con las competencias actuales de egreso, principalmente en temas tecnológicos.

En el campo del desarrollo de las competencias emocionales, los autores D´Onofrio y Morcela, presentan el artículo “Inteligencia emocional y liderazgo en estudiantes de Ingeniería Industrial” en el que se evalúan las competencias de estudiantes del último año de la carrera en la Universidad Nacional de Mar del Plata y se estudian las correlaciones existentes entre ellas, obteniendo puntos de encuentro que pueden traducirse en el grado de importancia que adquiere la inteligencia emocional y el liderazgo en un contexto organizacional.

En otro trabajo, se abordan las competencias y habilidades blandas en general. Se denomina “Un aporte al desarrollo de *soft skills* en Ingeniería Industrial. Experiencia en Análisis Numérico y Cálculo Avanzado”. Sus autores, Rodríguez, Caligaris, Laugero y Depaoli, hacen hincapié en que la formación académica en carreras de ingeniería debe ir mucho más allá de la formación técnica y la capacitación tecnológica. Adicionalmente, debe incluir habilidades vinculadas a la comunicación eficaz, al trabajo en equipo, entre otras. Es por ello que presentan la experiencia en el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, asignatura de tercer año del plan de estudios de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás - UTN, donde, a los contenidos específicos de la materia, se les sumó el desarrollo de algunas habilidades blandas, en particular, las relacionadas con la comunicación, tanto oral como escrita. Se comparten los resultados obtenidos y se dan a conocer las opiniones de los alumnos sobre la realización de este tipo de actividades en “materias duras” de la carrera.

Desde la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Perú los autores Cachay, Acevedo y Linares, presentan el artículo “Las decisiones por valores en la Dirección Científica. El aprendizaje empírico de la ética en la ingeniería industrial” que tiene por objetivo plantear las diferencias en el

aprendizaje de valores para decisión racional y para decisión ética, en el ambiente de los ingenieros industriales. En la empresa, los futuros profesionales se enfrentarán a situaciones problemáticas sociotécnicas, con decisiones en el manejo de recursos y dirección de personas, donde el criterio racional sistemático estructurado resulta insuficiente para resolver la elevada complejidad de los problemas. Allí es donde surge la necesidad de asumir nuevas perspectivas de análisis y resolución con criterios emocionales más difusos y blandos, que se aprenden empíricamente por conducta o experiencia o meméticamente, mediante observación, imitación y transmisión de unidades de información. Los resultados muestran la influencia del contexto en el modo de aprendizaje de los valores, como así también la importancia del aprendizaje sistemático académico de valores y conductas éticas.

Para que el estudiante pueda desarrollar las competencias establecidas en el perfil del ingeniero, debe enfrentarse a situaciones similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión. En el trabajo “La evaluación auténtica como puente entre la enseñanza y el aprendizaje con casos” (Moya y Vallés) se presenta la experiencia en la asignatura Química Industrial de 4to. año de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Austral, dónde los alumnos resuelven casos en equipo sobre situaciones reales y actuales que, además, implican conocimientos previos. El caso tiene consignas de respuestas cerradas y abiertas de investigación, análisis e interpretación. La metodología de trabajo comprende tres instancias: resolución en equipo, autocorrección/corrección entre pares y autoevaluación individual de aprendizajes. Luego de analizar el proceso desarrollado, los resultados obtenidos y las respuestas de los alumnos en la rutina de pensamiento orientada a la autoevaluación de aprendizajes, se detectan las siguientes notas distintivas: sentido retador, valor de la colaboración, retroalimentación sobre el desempeño, carácter formativo continuo y transferencia de conocimientos a la práctica. El modo de trabajo y de evaluación desarrollados con los casos se encuadra en la llamada evaluación auténtica.

El trabajo presentado por Alonso, Viera, Greco y Cofone denominado “Sistemas de comunicación gráfica para ingeniería, para superar el Dibujo Técnico, como disciplina de base de la Universidad de Buenos Aires”, comparte la experiencia del dictado del curso extracurricular “Sistemas de Comunicación Gráfica para Ingeniería” en el año 2022. Fue liderado por un equipo docente variado y con una impronta teórico práctica basada en la metodología de aula invertida. Se diseñó como un curso innovador en medios y sistemas de representación para tecnologías e ingeniería, superador respecto a la enseñanza tradicional de dibujo técnico complementando con sistemas digitales de dibujo. Se buscó introducir a los alumnos en el mundo de herramientas de comunicación gráfica de todo tipo en su ambiente profesional, sin importar cuán diverso resulte su ambiente de desempeño. Se concluyó que la experiencia resultó muy positiva tanto para los alumnos como para los docentes. Se destaca que posteriormente la Universidad Tecnológica Nacional solicitó este nuevo modelo de enseñanza como referencia para implementar en una de sus casas de estudio y además se lanzó la segunda edición, que en menos de 36 horas obtuvo más de 120 solicitudes de inscripción, no solo de estudiantes de Ingeniería Industrial, sino también de de otras carreras de ingeniería.

Con carácter regional se presenta el artículo “La educación superior en el territorio de Rafaela. Detección de nuevas necesidades de formación profesional en tecnología en el rubro metalmecánico” de Monier y Fornari, que pretende conocer y definir necesidades de la educación superior en la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional, a través de la indagación al empresariado del rubro metalmecánico de la zona sobre qué necesita para seguir siendo competitivo en el mercado globalizado a corto y mediano plazo. El objetivo es generar círculos virtuosos donde el sector educativo forme profesionales con una rápida salida laboral que aporten soluciones en las empresas, que se generen disciplinas renovadas y que el desarrollo profesional mejore nuevamente. Se concluye que se necesitan nuevas carreras a corto y mediano plazo, que deben ser analizadas de acuerdo a las competencias faltantes relevadas y, por supuesto, incluir a las actuales en ese análisis.

El artículo “Las materias básicas y su relación con los proyectos finales de carrera en la formación por competencias del ingeniero industrial” de autoría de Tucci, Ambrosini, Rodríguez y Pereyra, fue realizado en el marco de un proyecto de investigación vigente de la Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional. Estudia la relación de los contenidos de las materias básicas y los proyectos finales de carrera. Pretende avanzar sobre tres competencias genéricas: el saber, el saber hacer y el saber ser del ingeniero industrial; focalizando el análisis en tres aspectos: ¿qué aportan?, ¿qué no aportan? y ¿qué se podría proponer? para la adecuación de las distintas asignaturas con respecto a las citadas competencias. Partiendo de lineamientos conceptuales del proceso de enseñanza y aprendizaje bajo el enfoque de formación por competencias, se reproducen las entrevistas a directores de cada Unidad Docente Básica o áreas, docentes de Proyecto Final de Carrera y autoridades del Departamento de Ingeniería Industrial. Como resultado del análisis, se espera contribuir con un conjunto de propuestas que faciliten a los docentes del departamento de

Materias Básicas, la adecuación de sus planificaciones con los requerimientos del nuevo currículo basado en competencias.

Relacionado con el de bloque las Ciencias Básicas se encuentra el artículo Comoglio, Minnaard, Serra, y Torres presentan el artículo “Análisis del Test diagnóstico para la implementación de actividades de matemática para estudiantes ingresantes”. A partir de que la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ha implementado los Planes de Estudio por competencias en todas sus carreras, se realizó un desplazamiento de asignaturas que se cursaban en el primer y segundo cuatrimestre al tercero, como es el caso de Matemática I. Es por ello que los estudiantes de la escuela media deben tener disponibles contenidos de matemática que son necesarios para la comprensión de los temas. Como resultado, se diseñaron talleres de cinco unidades temáticas: Números reales, Ecuaciones, Funciones, Polinomios y Trigonometría y los estudiantes son asignados a cada taller a través un Test diagnóstico. En el trabajo se muestran los resultados del test, así como también el diseño de los talleres y su implementación.

A partir de la pandemia del COVID-19 se presentaron importantes cambios en distintos ámbitos y aspectos en todo el mundo. La educación fue una de las áreas más afectadas por el impedimento de realizar encuentros y clases presenciales. Surgió así la necesidad de recurrir a recursos tecnológicos que, en algunos casos, estaban en un segundo plano y/o eran considerados como complementarios. Las plataformas virtuales y las conferencias en línea rápidamente se transformaron en elementos habituales e imprescindibles. Esto generó cambios de paradigmas y un replanteamiento en los métodos pedagógicos que deben emplear los docentes. La posibilidad de realizar actividades atractivas y accesibles para el alumnado se facilita por la aparición y consolidación de una diversidad de herramientas digitales para manejar contenidos, de plataformas de enseñanza-aprendizaje, de nuevas formas de comunicación, el acceso a la información, y la explosión de las redes sociales. Todo esto, además, ha favorecido el surgimiento y uso de diversas metodologías activas de enseñanza-aprendizaje como las clases Espejo. En el artículo “Experiencia de implementación de clases espejo” los autores Vecchi y Baldiris Corrales, presentan el caso del vínculo establecido entre las asignaturas de Introducción a la Agroindustria de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, perteneciente a la Universidad del Sinú de Colombia, e Introducción a la Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina. El objetivo es dar a conocer la realización de clases espejo y brindar herramientas, recomendaciones y sugerencias para aquellos colegas docentes que se interesen en experimentar con esta metodología y, con ello, posibilitar una experiencia más satisfactoria.

Ya en el marco de la post pandemia, en el trabajo “E-actividades aplicadas a las prácticas experimentales en la enseñanza de la química con estudiantes de primer año de la UNNE” cuyo autor es José Martín Glavas, se describen nuevas estrategias didácticas utilizadas al regreso del cursado presencial, para la enseñanza en los trabajos prácticos de laboratorio de Química General e Inorgánica del primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional del Nordeste. La enseñanza a distancia implementada durante la pandemia, requirió el diseño y elaboración de nuevos materiales didácticos con e-actividades, basados en las guías de laboratorio destinadas a la práctica experimental presencial. Estas actividades permitieron repensar y replantear nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje centradas en el estudiante. Las e-actividades consistieron en materiales audiovisuales de micro-experiencias de laboratorio, filmados y editados por los docentes en el laboratorio de la Facultad; y cuestionarios de autoevaluación *online* en la plataforma Moodle. Previo al desarrollo del trabajo práctico experimental, se puso a disposición de los estudiantes: videos de las micro-experiencias a realizar en el laboratorio, guías con la técnica operatoria y actividades de aplicación. Luego de la actividad experimental con la guía y acompañamiento docente, se les solicitó a los estudiantes resolver cuestionarios y entregar los informes en línea. Esta estrategia de aula invertida centrada en el estudiante propició su trabajo autónomo y la apropiación de habilidades, destrezas y saberes necesarios para el desarrollo adecuado y seguro de prácticas experimentales de laboratorio de química.

En un sentido más abarcativo y capitalizando la experiencia de la pandemia se encuentra el trabajo “Diseñar una propuesta académica *e-blended* para la carrera Ingeniería Industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competencias”, autoría de Carrizo, Abet, Cinalli, Gallegos y Rissetto, fue desarrollado en el marco de un proyecto de investigación de la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional, que se encuentra revisando la malla curricular, pero no desde el esquema que habitualmente se hace, sino desde un enfoque totalmente distinto e innovador. Tiene por objetivo evaluar la factibilidad de desarrollar una propuesta *e-blended* para la carrera Ingeniería Industrial de la UTN, basada en un análisis del diseño curricular a nivel general y de las asignaturas electivas en particular. Este cambio repercute en el diseño curricular actual y lo confronta con un nuevo modelo de aprendizaje “centrado en el estudiante” que lo incorpora al proceso de aprendizaje en forma activa y auténtica.

En el campo específico de la docencia Gómez, Gallegos, Cerrano y Hetze, presentan el artículo "Transformaciones, habilidades y competencias docentes", en el cual un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario y Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás, se preguntaron qué habilidades y competencias deberían tener y/o perfeccionar los docentes para hacer frente a las transformación digital y al actual proceso de socialización de la sociedad, dado que serán los facilitadores del desarrollo de las capacidades que requieren los estudiantes. En este trabajo, se indaga sobre estas nuevas habilidades que, en alguna medida, se pusieron en práctica en la pandemia y ahora muchas de ellas se requieren en modo continuo. Los resultados iniciales señalan que los docentes poseen habilidades técnicas y didácticas, personales y del ejercicio profesional, metodológicas y de extensión social, que son requeridas para hacer frente al objetivo pretendido en contextos altamente cambiantes y globales.

El trabajo "Las tres "R de la docencia universitaria en la nueva presencialidad: Replanteo, Rediseño y Reutilización" también aborda el regreso a la presencialidad y la necesidad de rediseñar clases reutilizando conocimientos y experiencias adquiridas durante la virtualidad para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. El artículo presenta los resultados del replanteo y adaptación a la nueva presencialidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje, con la colaboración de docentes de asignaturas de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Salta, quienes compartieron sus experiencias y aprendizajes alcanzados durante la educación virtual en pandemia. A través de esta experiencia se concluye que las 3R de la docencia universitaria en la nueva presencialidad ofrecen una propuesta eficaz para ser aplicada por las cátedras de cualquier carrera que busque la mejora continua de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sus autores son: Villanueva, Vivas, Romero Dondiz, Pistán y Arciénaga Morales

Para finalizar, los autores Xodo, Matassa, y Splendiani presentan el trabajo "Ponderación de causas de deserción y demoras en la carrera de Ingeniería Industrial en UTN FRTL", propone indagar los factores que inciden en los elevados índices de deserción y desgranamiento, que en la educación superior constituyen un grave problema tanto a nivel nacional como en la gestión de las universidades. El procedimiento comprende la realización de encuestas a alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional Trenque Lauquen de la Universidad Tecnológica Nacional, análisis y determinación posterior de la incidencia y proporcionalidad en la afectación de las variables elegidas sobre el fenómeno analizado. La metodología propuesta incluye la complementación de técnicas de Probabilidad y Estadística con herramientas Lógica Difusa. Las nuevas técnicas de estudio abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que modifican o cuantifican las posibilidades de optimizar o disminuir las demoras o deserciones temporales en la carrera. El análisis de los resultados obtenidos permitirá dirigir los esfuerzos en las áreas que representan la mayor dificultad o demora en la aprobación o incluso la posible deserción.

En resumen, los trabajos presentados abordan diversas temáticas relacionadas con el desarrollo de competencias en estudiantes de Ingeniería Industrial, la importancia de las habilidades blandas, la implementación de nuevas metodologías de enseñanza, la adaptación a la educación virtual y la identificación de causas de deserción en la carrera. Se destaca la importancia de formar profesionales competentes y adaptados a las demandas del mercado laboral, así como la necesidad de mejorar continuamente los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito universitario.

EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DE CLASES ESPEJO

Vecchi, Carlos Adrián[a]; Baldiris Corrales, José Alberto[b]

a Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste Argentina; b Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad del Sinú Colombia
carlos.vecchi@comunidad.unne.edu.ar; Ingagroindustrial@unisinucartagena.edu.co

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es dar a conocer una experiencia de realización de clases espejo, buscando brindar herramientas, recomendaciones y sugerencias para aquellos colegas docentes que se interesen en experimentar con esta metodología, y con ello posibilitar una experiencia más satisfactoria. Se presenta el caso del vínculo establecido entre las asignaturas de *Introducción a la Agroindustria* de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial perteneciente a la Universidad del Sinú de Colombia, e Introducción a la Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina. Siendo así también un ejemplo de la internacionalización de los programas y de cómo se logra mejorar el desarrollo de competencias en los estudiantes participantes a través de la interacción tanto de docentes como de estudiantes de diferentes países buscando mejores logros académicos. El trabajo explica los pasos seguidos para el contacto, planeación, y ejecución de clases espejo, y brinda sencillas recomendaciones de aspectos operativos que deben ser considerados para lograr una experiencia satisfactoria.

Palabras Claves: Clases espejo; internacionalización; introducción ingeniería.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present an experience of mirror classes, seeking to provide tools, recommendations and suggestions for those teaching colleagues who are interested in experimenting with this methodology, and thus enable a more satisfactory experience. The case of the connection established between the subjects of *Introduction to Agroindustry* of the Escuela de Ingeniería Agroindustrial of the Universidad del Sinú, Colombia, and *Introduction to Industrial Engineering* of the Facultad de Ciencias Agrarias of the Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, is presented. It is also an example of the internationalization of the programs and how to improve the development of competencies in the participating students through the interaction of both teachers and students from different countries in search of better academic achievements. The paper explains the steps followed for the contact, planning, and execution of mirror classes, and provides simple recommendations of operational aspects that should be considered to achieve a satisfactory experience.

Keywords: Mirror classes; internationalization; introduction engineering.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la pandemia que ha generado el covid-19, se presentaron y se están viviendo importantes cambios en distintos ámbitos y aspectos en todo el mundo, donde de un momento a otro se impusieron una serie de cuarentenas, siendo la educación una de las áreas más afectadas por el impedimento de realizar encuentros y clases presenciales. Surge así la necesidad de recurrir a recursos tecnológicos que en algunos casos estaban en un segundo plano y/o eran considerados como complementarios. Plataformas virtuales y de conferencias en línea rápidamente se transforman en elementos habituales e imprescindibles, ocasionando cambios de paradigmas en la manera como se ejecutan y planifican las clases tanto virtuales como presenciales ocasionando un replanteamiento en los métodos pedagógicos que deben emplear los docentes (Guerrero,2021).

La posibilidad de realizar actividades atractivas y accesibles para el alumnado se facilita por la aparición y consolidación de una diversidad de herramientas digitales para manejar contenidos, de plataformas de enseñanza-aprendizaje, de nuevas formas de comunicación, el acceso a la información, y la explosión de las redes sociales. Todo esto además ha favorecido el surgimiento y uso de diversas metodologías activas de enseñanza-aprendizaje como la “Clases Espejo”, basada en la metodología COIL (Collaborative Online International Learning) (Gaytán-Oyarzun et al, 2022).

Siendo Clases Espejo un recurso en el que de manera digital profesores y estudiantes de dos o más instituciones comparten de manera sincrónica o asincrónica un curso completo o sesiones del curso, y Collaborative Online International Learning una metodología en la que se aprovechan las herramientas digitales para ofrecer un aprendizaje global impartiendo un curso o módulo de manera simultánea con un colega internacional promoviendo el trabajo en equipo por parte de los estudiantes. Conformando así aulas compartidas, a través de herramientas tecnológicas para la impartición de un curso, las que posibilitan la interacción de docentes y alumnos de diferentes instituciones, agilizando la ejecución de una estrategia de internacionalización pedagógica, que fortalece de este modo las competencias personales y académicas de los estudiantes de ambas instituciones (Universidad Católica de San Pablo, 2021).

A pesar de estos conceptos y referencias generales, en la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, y en particular en la cátedra de Introducción a la Ingeniería Industrial no existían antecedentes en la implementación de una experiencia internacional de clases espejo.

De manera similar, para el caso de la escuela de ingeniería Agroindustrial de la Universidad del Sinú, tampoco existían antecedentes del uso de estas estrategias, lo cual generó la necesidad para los docentes de ambas instituciones de investigar sobre las diferentes teorías aplicadas al uso de las tecnologías y herramientas de la información enmarcadas en la interacción de conocimientos a través de procesos remotos, esto con el fin de que garantizaran de manera eficiente el poder transmitir conceptos básicos aplicados a la ingeniería que permitieran lograr el desarrollo de competencias, partiendo de la condición de que eran estudiantes de primer semestre de ingenierías. Es por esto que es necesario implementar estas estrategias colaborativas con la finalidad de generar en los estudiantes la capacidad de socializar con otras culturas, entendiendo el concepto de que el conocimiento es universal por lo que permite a los actores de estos procesos adquirir habilidades técnicas con repercusiones positivas en el ethos del conocimiento.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, y los aportes de diversas instituciones con experiencia, se reconocen los siguientes pasos o etapas básicas para ejecutar proyectos de Clases Espejo y COIL

Paso 1: Contacto inicial. Identificar y generar vínculo con uno o varios socios en las áreas de trabajo deseadas. Pueden ser de universidades con las que se tenga comunicación o convenios. Importante considerar a docentes con los que tengan experiencias previas de trabajo conjunto.

Paso 2: Planeación. Este trabajo conjunto se debe realizar para determinar los objetivos, proyectos u actividades, diseño de contenidos, evaluación, etc. La planeación será de acuerdo al proyecto, Clases Espejo basada en la metodología COIL.

Paso 3: Desarrollo. Ejecución de las Clases Espejo en las fechas y formatos planificados.

Paso 4: Evaluación. De acuerdo con la planeación se evaluará el trabajo de los estudiantes. Es importante tener en cuenta que esta evaluación puede ser conjunta o cada docente puede evaluar a sus estudiantes (UCSP, 2021)

2. DESARROLLO.

2.1. Contacto Inicial

Esta experiencia se inicia en el mes de marzo del año 2022, a partir de una comunicación de la oficina central de Cooperación Internacional de la Universidad del Nordeste (UNNE) al área de Cooperación Internacional de la Facultad de Ciencias Agrarias. En la misma se informaba que se encontraba abierta la convocatoria de la UNISINÚ para presentar propuestas de clases espejo, a realizarse durante el primer semestre del 2022, y de un catálogo de actividades con las que podrían proponerse dichas clases.

El área de Cooperación Internacional de la Facultad identificó que una de las ofertas correspondía a la escuela de Ingeniería Agroindustrial, la cual ofrecía temáticas vinculadas con la “Introducción a la Agroindustria” (Ver Figura 1), y consideró que dicha oferta podría ser compatible con la asignatura "Introducción a la Ingeniería Industrial" de la carrera de grado Ingeniería Industrial que se dicta en la Facultad. En función a esto, se contactó al profesor responsable de la cátedra para informarle sobre la oferta recibida.

MATRIZ DE RELACIONAMIENTO ACADÉMICO DIRECTO CON ALIADOS NACIONAES E INTERNACIONALES DEL PROGRAMA

INGENIERÍAS

ESCUELA	TEMÁTICA	EJECUCIÓN	DOCENTE/LIDER	CORREO
Ing. AGROINDUSTRIAL	INTRODUCCIÓN A LA AGROINDUSTRIA - Tratamientos térmicos. - Formas de transmisión de calor. - Métodos de producción de calor.	Marzo - Mayo	JOSE ALBERTO BALDIRIS CORRALES	ingagroindustrial@unisinucartagena.edu.co
Ing. AGROINDUSTRIAL	INTRODUCCIÓN A LA AGROINDUSTRIA Conceptos generales, de las operaciones unitarias aplicadas a la agroindustria.	Marzo - Mayo	JOSE ALBERTO BALDIRIS CORRALES	ingagroindustrial@unisinucartagena.edu.co
Ing. AGROINDUSTRIAL	INTRODUCCIÓN A LA AGROINDUSTRIA Técnica métodos de aplicación de calor, evaporación, pasteurización, esterilización, deshidratación, congelación, irradiación, conceptos generales, importancia industrial, equipos	Marzo - Mayo	JOSE ALBERTO BALDIRIS CORRALES	ingagroindustrial@unisinucartagena.edu.co

Figura 1 Propuesta UNISINU de temas vinculados a la ingeniería.

Con la confirmación del interés de la cátedra de la UNNE de realizar la experiencia, mediante un mensaje por correo electrónico desde la UNNE al Docente/Líder de la UNISINÚ se coordinó una reunión virtual entre ambos docentes por plataforma Zoom para la planificación de las actividades conjuntas.

2.2 Planeación.

La reunión de planeación se realizó mediante plataforma Zoom y participaron los docentes autores de este trabajo y la Subsecretaria Académica de la facultad de Ciencias Agrarias quien vinculó a las partes. En este encuentro, luego de las presentaciones y comentarios iniciales se analizaron y definieron los siguientes aspectos:

a) Temática: se verificó que los temas y contenidos sean compatibles a lo que cada asignatura desarrolla dentro de su programa establecido en su planificación anual aprobada. Por lo que luego de este análisis se acuerdan las siguientes temáticas y responsables de ejecución (ver Tabla 1). Estos temas deben propiciar de manera inicial la adquisición de las siguientes competencias genéricas de egreso:

   Competencias tecnológicas: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, y utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.

Competencias sociales, políticas y actitudinales: Actuar con espíritu emprendedor (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI, 2018).

Tabla 1 Temas y responsables de desarrollo acordados.

RESPONSABLE	TEMÁTICA	UNIVERSIDAD
JOSE BALDIRIS CORRALES	Tratamientos térmicos. Formas de transmisión de calor. Métodos de producción de calor.	UNIVERSIDAD DEL SINÚ DE COLOMBIA
JOSE BALDIRIS CORRALES	Conceptos generales de las operaciones unitarias aplicadas a la agroindustria.	UNIVERSIDAD DEL SINÚ DE COLOMBIA
JOSE BALDIRIS CORRALES	Técnica métodos de aplicación de calor, evaporación, pasteurización, esterilización, deshidratación, congelación, irradiación, conceptos generales, importancia industrial, equipos	UNIVERSIDAD DEL SINÚ DE COLOMBIA
CARLOS VECCHI	La empresa como un sistema diseñado por el hombre. La empresa como una serie de procesos.	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE DE ARGENTINA
CARLOS VECCHI	EMPRENDEDURISMO: Espíritu empresarial. El proceso empresarial. Etapas y componentes para el establecimiento de la empresa.	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE DE ARGENTINA

b) Tiempo de duración: considerando los temas por desarrollar, la atención del alumno y las disponibilidades horarias.

Se definió que cada encuentro tendría una duración de 1,5 horas como máximo.

c) Días y hora de ejecución: fue preciso coordinar calendarios de ejecución de las clases espejo considerando como restricciones: los días de clase establecidos para cada asignatura, los días (y horas) disponibles por parte de docentes y alumnos considerando las otras asignaturas y actividades, los calendarios académicos de cada institución, la diferencia horaria entre los países, etc.

Se acordó la ejecución desarrollarlas en las siguientes fechas:

- Miércoles 4 de mayo de 2022. De 9 a 10:30 hs. de Argentina (de 7 a 8:30 hs. de Colombia).
- Martes 10 de mayo de 2022. De 17 a 18:30 hs. de Argentina. (de 15 a 16:30 hs. de Colombia).
- Miércoles 11 de mayo de 2022. De 9 a 10:30 hs. de Argentina (de 7 a 8:30 hs. de Colombia).

- Martes 17 de mayo de 2022. De 17 a 18:30 hs. de Argentina. (de 15 a 16:30 hs. de Colombia).
- Martes 31 de mayo de 2022. De 17 a 18:30 hs. de Argentina. (de 15 a 16:30 hs. de Colombia).

d) Modalidad del dictado: inicialmente se acuerda que todas las clases se desarrollen de manera virtual considerando la disponibilidad de internet y la libertad del alumno para participar de las clases.

Todos estos acuerdos quedaron reflejados en sendas Actas realizadas para cada Universidad, y firmadas por los participantes.

2.3 Ejecución de las clases.

Las clases espejo fueron desarrolladas en gran medida de acuerdo con lo establecido en la planeación realizada por ambas instituciones, para esto se dividieron las temáticas en cinco sesiones sincrónicas. Utilizando la plataforma Webex para las clases dictadas desde Colombia y plataforma Zoom para las dictadas desde Argentina.

Los dictaron los temas relacionados con tratamientos térmicos, técnicas y métodos de transferencia de calor, operaciones unitarias en ingeniería, así como generalidades de la empresa y el emprendedurismo de acuerdo con lo establecido.

Para los alumnos de Introducción a la Ingeniería Industrial, las clases que se realizaron los martes fueron tomadas en la Facultad de Ciencias Agrarias por ser un día habitual para la asignatura, no siendo requisito de asistencia presencial para las clases de los miércoles.

Cabe anotar que uno de los inconvenientes que se presentaron fueron las diferentes zonas horarias entre ambos países, de manera concertada entre estudiantes y docentes de ambas instituciones se logró trabajar en horarios extra-clases y así poder garantizar el desarrollo de las clases espejo.

La metodología de las clases fue aplicada a través de las cátedras de ambos docentes con la participación de los estudiantes de ambas instituciones, lo cual permitió dinamizar el desarrollo de estas.

Las presentaciones y el material de apoyo utilizado por cada profesor fué compartido, y se puso a disposición de los alumnos.

2.4 Evaluaciones.

Luego de las clases, los contenidos fueron evaluados mediante parciales, y trabajos prácticos de integración. Un aspecto para considerar en el futuro es la planeación de indicadores específicos propios y/o compartidos para la medición de resultados de las clases espejo.

2.5. Recomendaciones.

A partir de estas actividades se realizan algunas recomendaciones operativas que permitirán una mejor experiencia en el futuro.

- Intercambiar el material con anticipación, y verificar que los términos, conceptos, alcance y profundidad a desarrollar por el colega profesor coincida y/o se ajuste a lo planificado por cada cátedra.
- Asegurar con tiempo el registro, descarga e instalación de la plataforma a utilizar por parte de alumnos y de la institución, para evitar demoras o problemas de ingreso a la clase virtual.
- Verificar la conectividad a Internet de calidad.
- Realizar prueba de sonido y de imagen con tiempo, para evitar demoras en el inicio o inconvenientes para el seguimiento activo de la clase.
- Facilitar espacios de consultas y/o chat para preguntas e intercambios de experiencia.

3. CONCLUSIONES.

De acuerdo con el ejercicio de aplicación de clases espejo, se puede concluir que las tecnologías de la información y comunicación son herramientas que facilitan la conexión y comunicación de diferentes culturas, permitiendo la transmisión de conocimientos a partir de la planeación de actividades enmarcadas en conseguir el logro de los objetivos planteados. El seguimiento de las etapas recomendadas, la vigilancia de cuestiones de contenido, y la atención a los aspectos

operativos técnicos permitirán confirmar que las clases espejo son necesarias para desarrollar experiencias significativas en los procesos de aprendizaje de estudiantes de diferentes culturas, afirmando la universalidad del conocimiento.

4. REFERENCIAS.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI. (2018). Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la república argentina. Libro Rojo de CONFEDI, Editores: Giordano Lerena R.; Lozano Moncada C.

Gaytán-Oyarzun, J. C., Cravioto-Torres, R., Meza, E. Y. M., y Zarco, E. O. (2022). La implementación de la Metodología COIL como estrategia para potenciar el proceso de enseñanza aprendizaje y la movilidad académica y estudiantil en la modalidad virtual. Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes, 11(1), 141-149.

Guerrero, L. B. (2021). Clases espejo como estrategia para fortalecer la internacionalización. Mare Ingenii, 3(2), 36-42.

Universidad Católica de San Pablo UCSP (2021). Guía para realizar Clases Espejo. Obtenido de https://bit.ly/3Ck8IB1

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los estudiantes y autoridades de ambas instituciones que participaron y colaboraron activamente en la ejecución de estas actividades.

Desarrollo de competencias actitudinales mediante la vinculación con emprendedores

Mohamad, J. Alejandro; Colombo, Federico A.

Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina

alejandro_mohamad@uca.edu.ar; fcolombo@uca.edu.ar

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo mostrar el desarrollo de competencias actitudinales mediante un proyecto colaborativo de vinculación con el medio en una cátedra de 5° año de Ingeniería Industrial. En el Libro Rojo del CONFEDI se establece la competencia genérica: Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. Sobre esta competencia se planteó el Proyecto Emprende dentro de la materia Administración de Empresas, y se aplicó en los ciclos 2021 y 2022. En el curso 2021 se trabajó con 8 emprendedores del Servicio Jesuita a Migrantes, y en el 2022 se replicó con 7 emprendedoras de la asociación Fuerza Mujeres, las que constituyen nuestros Socios Comunitarios. En ambos casos el objetivo del Proyecto Emprende es: Generar un espacio de colaboración entre la cátedra Administración de Empresas y la organización Socio Comunitario, mediante el cual docentes y estudiantes desarrollen una actividad de capacitación, asesoramiento técnico y acompañamiento actitudinal hacia emprendedores sociales que participen de los programas de emprendimientos de sus organizaciones. El proyecto asegura una enseñanza y aprendizaje que contempla los descriptores y desarrolla competencias profesionales y actitudinales. Los estudiantes asumen un compromiso social vinculando sus conocimientos y habilidades a problemas reales que favorecen un desarrollo social y económico equitativo.

Palabras Claves: Competencias actitudinales. Proyectos de ingeniería. Extensión y Vinculación. Emprendedorismo.

ABSTRACT

This paper aims to show how to develop attitudinal skills through collaborative work in an undergraduate senior course in industrial engineering. The CONFEDI Red Book points out the social skill: Behave ethically, showing professional responsability and social commitment, taking into account the economic, social and envieronmental impact with a local and global focus. Project Emprende was developed to fullfil this skill. It was inserted in the Introduction to Management course during academic years 2021 and 2022. During 2021 the students worked with 8 entrepreneurs from the Servicio Jesuita a Migrantes (Jesuit Service to Migrants) organization, and at 2022 with 7 entrepreneurs from the Fuerza Mujeres (Women Force) assosiation. In both cases, these organitations took the role of Community Partners. Emprende Project defined as goal: Facilitate a collaborative space between the Introduction to Management course and the Community Partner in which students and teachers could provide professional training, technical advice and coaching towards social entrepreneurs. The project includes fullfil the learning procces of the course and develop social skills in the students. Students commit themselves to solve actual social issues, and to lead to a more equitable economic development.

Keywords: Attitudinal skills. Engineering projects. Extension university. Entrepreneurship.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar el desarrollo de competencias actitudinales mediante un proyecto colaborativo de extensión y vinculación con el medio, dentro de una cátedra de 5° año de la carrera Ingeniería Industrial. En el denominado "Libro Rojo" del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería), se establecen las Competencias Genéricas de egreso de las carreras de ingeniería, divididas en dos grupos: las tecnológicas, y las sociales, políticas y actitudinales. Entre estas últimas leemos: Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global. Por otro lado, la Resolución 1543/2021del Ministerio de Educación, en su Anexo I, indica que se desarrollará de manera transversal una formación relacionada con: Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local.

Tomando en cuenta esta Competencia, en la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Argentina, nos propusimos llevar adelante el Proyecto Emprende, con el apoyo de la Dirección de Compromiso Social y Extensión de la Universidad. Este proyecto se viene llevando a cabo en la materia Administración de Empresas, y hasta ahora se aplicó en dos ciclos académicos: 2021 y 2022. Durante el curso del año 2021 se trabajó colaborativamente con 8 emprendedores asociados a la organización Servicio Jesuita a Migrantes, y en ciclo académico 2022 se replicó con 7 emprendedoras del Programa Fuerza Emprendedora +40 de la asociación Fuerza Mujeres. Tanto el Servicio Jesuita a Migrantes como Fuerza Mujeres formaron parte de lo que denominamos Socio Comunitario.

En ambos casos el objetivo del Proyecto Emprende fue el mismo: Generar un espacio de colaboración entre la cátedra Administración de Empresas de Ingeniería Industrial de la UCA y la organización Socio Comunitario, mediante el cual los docentes y estudiantes de la cátedra desarrollen una actividad de capacitación, asesoramiento técnico y acompañamiento actitudinal hacia emprendedores sociales que participen de los programas de emprendimientos de sus respectivas organizaciones. El proyecto constituye un proceso de enseñanza y aprendizaje que asegura la incorporación de los descriptores de conocimiento, y a su vez permite desarrollar y evaluar competencias profesionales bien definidas. Logra que los estudiantes adquieran una real actitud de compromiso social desde una perspectiva profesional vinculando sus conocimientos y habilidades a problemáticas reales que favorecen un desarrollo social y económico equitativo.

2. MARCO TEÓRICO:

2.1. Modelo de Aprendizaje y Servicio Solidario

El marco teórico adoptado para encuadrar este proyecto de desarrollo de competencias actitudinales mediante la vinculación con emprendedores sociales es el del Aprendizaje-Servicio Solidario (AYSS). Para llegar a incorporar esta dimensión de la educación superior, partimos de los tres pilares tradicionales: docencia, investigación y extensión. Tomando como referencia a María Nieves Tapia, en su libro "El compromiso social en el currículo de la Educación Superior", nos presenta un modelo superador de estos tres pilares, integrándolos en la perspectiva del Aprendizaje-Servicio Solidario y reconociendo a las instituciones de educación superior como partes del conjunto de la comunidad:

> En este modelo las misiones se interconectan: la investigación se realiza orientada por las necesidades del territorio, la docencia se contextualiza y la extensión involucra a la investigación y a la docencia en un accionar participativo en redes territoriales. De este modo los futuros profesionales se forman participando activamente de la solución de las problemáticas comunitarias, participando de un proceso integrado con otros actores. (Tapia, 2018)

En este sentido, al incorporar el AYSS, las universidades, sus docentes y estudiantes, no solo realizan una efectiva transferencia de conocimientos y productos de sus investigaciones, sino que también se realimentan con la realidad compleja de su territorio a través de un trabajo colaborativo.

El Aprendizaje-Servicio Solidario constituye en sí mismo una experiencia de aprendizaje, que puede estar incluida en actividades curriculares obligatorias u optativas, que debe responder a contenidos y competencias bien definidos, pero que a su vez se vincula y se transfiere eficazmente para cubrir necesidades reales de una comunidad.

> Las actividades de aprendizaje-servicio no sólo permiten mejorar la calidad e inclusión educativa, sino que también empoderan a niños, adolescentes y jóvenes para ser protagonistas de mejoras significativas en la calidad de vida de sus comunidades, y desarrollar respuestas creativas y participativas a las problemáticas sociales y ambientales más urgentes, formando una ciudadanía activa y crítica desde muy temprana edad. (Tapia, 2018)

Es importante resaltar que este AYSS no está constituido por actividades de voluntariado universitario, sino que debe formar parte de la enseñanza profesional de la carrera. Desde las carreras de Ingeniería, estas prácticas de AYSS toman dimensiones tales como construcción para barrios vulnerables, saneamiento ambiental comunitario, desarrollo de software para ONGs, asesoramiento y consultoría para proyectos de emprendimientos sociales, y tantos otros posibles.

Otro aspecto importante a considerar es la metodología de evaluación. En este punto entendemos dos niveles: el de la institucionalización del AYSS en la Universidad; y el de la cátedra, que se aplicará a los estudiantes. En el nivel de institucionalización, siguiendo lo aportado por Andrew Furco en su trabajo “Rúbrica de autoevaluación para la institucionalización del aprendizaje-servicio en la Educación Superior”, la Universidad recorrió las cinco dimensiones de su rúbrica de autoevaluación: I. Filosofía y Misión del Aprendizaje-Servicio, II. Involucramiento y Apoyo de los Docentes en el Aprendizaje-Servicio, III. Involucramiento y Apoyo de los Estudiantes en el Aprendizaje-Servicio, IV. Participación y Asociación de los Socios Comunitarios (comunitaria), y V. Apoyo Institucional al Aprendizaje-Servicio. “Como una herramienta de autoevaluación, la Rúbrica está diseñada para facilitar la discusión entre académicos [y demás actores involucrados] en torno al estado de institucionalización del Aprendizaje-Servicio en la universidad” (Furco, 2011).

En el nivel de evaluación de la cátedra, se aplicó una rúbrica que toma en cuenta las Competencias Genéricas de Egreso de las carreras de Ingeniería, con el esquema siguiente:

Competencia:

1. Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo
   C11: Grado y orden en la participación propia
   C12: Respeto por las intervenciones ajenas
2. Comunicarse con efectividad
   C21: Claridad en la exposición
   C22: Manejo del recurso Tiempo
3. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería
   C31: Innovación de la propuesta de valor
   C32: Viabilidad y aporte de la propuesta de valor
   C33: Calidad de los Informes de avance e Informe final
   C34: Puntualidad en las entregas de los Informe de avance
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería
   C41: Justificaciones de las etapas parciales y finales en función del análisis previo
   C42: Aplicación de las herramientas (Porter, FODA, etc.)

Escala de la Evaluación:

1. No alcanza la Competencia

2. Se considera que está en procesos de alcanzar la Competencia

3. Alcanzó la Competencia a nivel básico

4. Alcanzó la Competencia a nivel estudiante avanzado

2.2. Experiencias Formativas Inclusivas (EFIs) de la Universidad Católica Argentina

A partir de la adopción de la metodología del AYSS, y en función del modelo de institucionalización, vamos a referirnos a su implementación en la Pontificia Universidad Católica Argentina. Dentro del capítulo Extensión y responsabilidad Social del Proyecto Institucional 2018-2022, encontramos la afirmación: “La extensión y la responsabilidad social es entendida como un compromiso en la transmisión de conocimientos, para que a través de encuentros se produzcan intercambios efectivos entre la Universidad y la sociedad”. (Pontificia Universidad Católica Argentina, 2018)

Una de las políticas y acciones implementadas para llevarlo a cabo es la creación de la Dirección de Compromiso Social y Extensión en la UCA. Esta Dirección redactó un documento de base titulado “Programa de Experiencias Formativas Inclusivas”, el cual vamos a tomar como referencia para el Proyecto de este trabajo.

En este documento se define a las Experiencias Formativas Inclusivas (EFI), como:

> Las EFI son una actividad académica con una consideración estrictamente práctica temporal que se da durante el cursado de una asignatura en el marco del dictado de la carrera mediante la cual el alumnado pone en práctica sus conocimientos en favor de la sociedad, complementando así la formación académica superior con su futura capacitación profesional. Para ello se constituye un espacio en donde ponen en práctica los conocimientos, competencias y habilidades que van adquiriendo durante el proceso de enseñanza y aprendizaje brindado por los docentes de las diferentes cátedras. (Pontificia Universidad Católica Argentina, 2021)

Estas Experiencias Formativas Inclusivas requieren una serie de pasos a seguir, que van desde el acuerdo de la cátedra, la selección del socio comunitario cuyas necesidades se adapten a los descriptores de conocimiento de esa cátedra, la carta acuerdo con dicho socio comunitario, el desarrollo, los espacios de reflexión y mejora, hasta la presentación de los proyectos, tanto para la evaluación de la cátedra como para su entrega a los socios comunitarios.

La visión estratégica de estas EFIs se orienta a la integración de las tres dimensiones del saber: El Saber cómo conocimiento, el Saber Hacer como competencia profesional para la acción, y el Saber Ser como desarrollo de valores y actitudes en los estudiantes que le faciliten su desarrollo profesional con un sólido marco de referencia ético, y comprometidos socialmente. Esto se engloba en lo que el Papa Francisco denomina la integración de cabeza, manos y corazón en la cultura del encuentro.

> Que un educando piense lo que siente y lo que hace, sienta lo que piensa y lo que hace, haga lo que siente y lo que piensa. Integración total. Al fomentar el aprendizaje de la cabeza, del corazón y de las manos, la educación intelectual y socioemocional, la transmisión de los valores y las virtudes individuales y sociales, la enseñanza de una ciudadanía comprometida y solidaria con la justicia, y al impartir las habilidades y el conocimiento que forman a los jóvenes para el mundo del trabajo y la sociedad, las familias, las escuelas y las instituciones se convierten en vehículos esenciales para el empoderamiento de la próxima generación. (Francisco, 2020)

3. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO

3.1. Selección de la cátedra

La cátedra Administración de Empresas se ubica curricularmente en el 1° Cuatrimestre del 5° Año de la carrera Ingeniería Industrial, y entre sus descriptores de conocimiento encontramos: la definición de la Propuesta de Valor de una empresa, la conceptualización de un Modelo de Negocios adecuado, la formulación de un Plan Estratégico en el mediano plazo, el diseño de su estructura a través de un organigrama, y la integración entre estrategia y control de gestión aplicando el Tablero de Comando.

La formación práctica de esta cátedra se centra en el desarrollo de un Proyecto de negocio en el cual los estudiantes, guiados por los docentes tutores, cumplen con 4 etapas: 1) Propuesta de Valor, 2) Análisis del Entorno, 3) Análisis de las capacidades y confección de la matriz FODA, 4) Definición de Visión y Misión, selección de la estrategia y confección del Plan estratégico estableciendo Objetivos y metas.

Estos contendidos se adaptan muy bien, y son pertinentes, para asociarlos a proyectos de emprendimientos reales en contextos de la economía social, de manera que los alumnos vayan incorporando técnicas y herramientas profesionales a medida que las aplican en los proyectos de negocio, logrando una formación práctica vinculada a la realidad social de nuestro país. A esto se le agrega el valor de desarrollar competencias sociales como el trabajo colaborativo en equipo y la comunicación con socios comunitarios diversos.

3.2. Proyecto Emprende

En base a lo expresado precedentemente, se formuló el Proyecto Emprende con el siguiente Objetivo:

Generar un espacio de colaboración entre la cátedra “Administración de Empresas” de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad Católica Argentina, y la respectiva institución Socio Comunitario, mediante el cual los docentes y estudiantes de la cátedra desarrollen una actividad de capacitación, asesoramiento técnico y acompañamiento actitudinal hacia grupos de emprendedores sociales que participen del programa de emprendimientos a través de sus respectivas organizaciones.

Como producto de este espacio de colaboración se presentarán los respectivos Modelos de Negocios en base al esquema de “Conceptualización” descripto más abajo, y utilizando, además, el denominado modelo “Canvas”, de reconocida utilidad en los procesos de emprendedorismo, el análisis de entorno competitivo y la definición de los objetivos adecuados para llevar adelante su negocio en el corto y mediano plazo, con los respectivos Costos asociados.

Mediante este espacio se busca desarrollar las siguientes competencias en los respectivos grupos sociales:

1) Emprendedores sociales:

- Definir claramente su modelo de negocio, especificando la mejor opción de su propuesta de valor, sus relaciones con clientes y proveedores, la selección de las tecnologías de producción y distribución, y el esquema de costos asociados.
- Desarrollar el espíritu emprendedor para entender su rol empresario y sobreponerse a las dificultades y obstáculos que este rol enfrenta en situaciones reales.
- Desempeñarse coordinadamente en equipos de trabajos y comunicarse de manera efectiva.

2) Estudiantes de la cátedra:

- Concebir, diseñar, gestionar y desarrollar proyectos de negocios utilizando de manera efectiva las técnicas y herramientas adecuadas.
- Desempeñarse de manera colaborativa en equipos de trabajo y comunicarse con efectividad.
- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.

Contenidos específicos del Proyecto:

1. Conceptualización del Negocio:
    a) Propuesta de Valor
    b) Clientes y mercados a atender

c) Tecnologías de producción
d) Tecnologías de distribución y comercialización
e) Modelo de Negocios “CANVAS”, tal como se muestra en la Figura 1.

2. Análisis del Entorno y del Sector del emprendimiento

a) Análisis del Macroentorno mediante el modelo PEST

b) Análisis del Sector mediante el modelo de las Cinco Fuerzas Competitivas de Porter

c) Análisis FODA

3. Definición de Visión, Misión, Objetivos Estratégicos y Plan de Acción

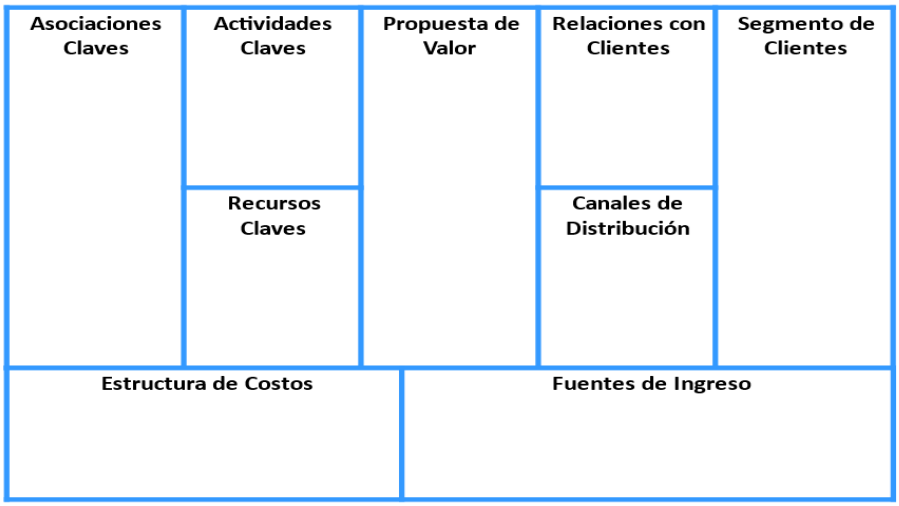


Figura 1: Modelo de Negocios CANVAS

3.3. Ciclo 2021

Durante el ciclo académico 2021, con la colaboración de la Dirección de Compromiso Social y Extensión de la UCA, se entabló una relación con la asociación Servicio Jesuita a Migrantes, en cuya misión se declara *“Acompañar personal y colectivamente los procesos de incorporación social de los migrantes”*. A través de ellos, contactamos a 8 emprendedores que participaban del Programa de emprendedorismo mediante capital semilla. El Servicio Jesuita a Migrantes y los 8 emprendedores pasaron a ser nuestros socios comunitarios. En estas circunstancias encuadramos el Proyecto Emprende cuyo principal objetivo es: *Generar un espacio de colaboración entre la cátedra “Administración de Empresas” de Ingeniería Industrial de la UCA, y el Área “Medios de Vida” de Servicio Jesuita a Migrantes, mediante el cual los docentes y estudiantes de la cátedra desarrollen una actividad de capacitación, asesoramiento técnico y acompañamiento actitudinal hacia emprendedores sociales que participen del programa de emprendimientos a través de capital semilla.* El grupo de los 8 emprendedores con quienes trabajamos colaborativamente en esta experiencia de aprendizaje servicio estaba conformado por migrantes de Venezuela y Colombia, quienes tenían conocimientos profesionales sobre distintas áreas de especialización, pero necesitaban complementar sus competencias en aspectos de gestión de los negocios.

Una vez acordados los términos del proyecto, se procedió a armar los equipos de alumnos y asignar cada equipo a un determinado emprendimiento. El curso tenía 38 estudiantes inscriptos, con los cuales se formaron 8 equipos de entre 4 y 5 alumnos cada uno.

La primera tarea asignada fueron las reuniones de cada equipo y su tutor con su emprendedor asignado, y posteriormente se delegó en los alumnos el continuar las reuniones siguientes que sean necesarias con los socios comunitarios. Desde el punto de vista de la programación y el manejo del tiempo, se armó un cronograma que intercalaba las clases teóricas con las clases prácticas en las que los tutores íbamos asistiendo a los equipos de manera de asegurarnos el avance correctamente de las actividades. En estas clases prácticas los equipos informaban acerca de las comunicaciones que habían tenido con cada emprendedor.

Finalmente se cerró el cuatrimestre de cursado con las entregas de sus proyectos a los socios comunitarios y las exposiciones públicas de los mismos.

En la Tabla 1 se pueden ver los nombres y los rubros de cada uno de estos ocho emprendimientos.

Tabla 1: Lista de Emprendimientos participantes del Proyecto Emprende 2021

Emprendimiento	**Rubro**
Eli Tech design	Diseño web
Lilian´s Carpintería	Carpintería
El Tarantín creativo	Educación artística
Paideia	Educación
Cotilandia	Repostería / cotillón
Holi publicidad	Marketing digital
Bita´s Cake, panes y tortas	Panadería y repostería
Magnetics	Capacitación/ desarrollo y marketing digital

3.4. Ciclo 2022

En el ciclo académico 2022, y con la experiencia del año anterior, decidimos replicar el modelo de aprendizaje servicio implementando una EFI en la misma cátedra de Administración de Empresas. En esta oportunidad nos vinculamos con la asociación civil “Fuerza Mujeres”, cuyo propósito es: *Acompañar a las mujeres desde los 40 años para que logren su reinserción laboral y promovemos el desarrollo personal y económico de las mismas. Para ello realizamos programas y talleres, en forma gratuita, tanto para el retorno al empleo en relación de dependencia como para crear un emprendimiento propio, en los que brindamos herramientas técnicas, emocionales y digitales que potencian la búsqueda o creación de empleo, incrementan la empleabilidad, generan redes de contacto y contención, revalorizan la experiencia y hacen más liviano este arduo proceso.*

Dentro de Fuerza Mujeres, trabajamos colaborativamente en su Programa Fuerza Emprendedora +40, dirigido a mujeres de más de 40 años que consideren su reinserción laboral a través de un emprendimiento.

Similarmente al curso de 2021, aplicamos la misma metodología. La comisión estuvo conformada por 26 estudiantes, quienes trabajaron en 7 equipos, cada uno asignado a una emprendedora y tutoreado por un docente de la cátedra.

Los nombres y rubros de los emprendimientos del ciclo 2022 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Lista de Emprendimientos participantes del Proyecto Emprende 2022

Emprendedora	**Rubro**
Patricia Eriksson	Velas de soja, home spray y difusores
María del C. Funaro	Joyería textil y accesorios
Natalia Halpin	Mobiliario a medida. Decoración
Natalia Ghiron	Fisioterapeuta con consultorio y productos afines
Liliana	Fabricación y venta de artículos de limpieza
Lucia Lisjak	Velas de soja con envases reutilizables
Verónica Bertuzzi	Diseño e impresión 3D

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del proyecto Emprende durante ambos ciclos fueron los siguientes:

1. Proyectos de cátedra: Modelo de negocios y plan estratégico de emprendimientos sociales vinculados a las asociaciones Servicio Jesuita a Migrantes y Fuerza Mujeres.

2. Cumplimiento de los objetivos y competencias académicas a desarrollar en la cátedra Administración de Empresas de Ingeniería Industrial.

3. Implementación de una experiencia de aprendizaje servicio en la cual los estudiantes aprovecharon la oportunidad de transferir sus conocimientos a sus socios comunitarios.

4. Aseguramiento de competencias sociales y actitudinales en los alumnos, tales como el trabajo en equipo, la comunicación para lograr sus resultados, la integración de la cátedra con la realidad social del país, todo lo cual fue muy gratificante, en palabras de los estudiantes.

Entre los desafíos que enfrentamos, se destacan la necesidad de integrar la comunicación entre docentes, alumnos y emprendedores compartiendo ideas y propuestas entre todos sin monopolizar posiciones individuales, y adaptarnos a salir de la comodidad de la cátedra para realizar un trabajo de campo con situaciones reales, y durante el ciclo 2021, la falta de posibilidad de contactos personales debido a las restricciones impuestas por la pandemia Covid-19.

Cabe destacar que, como cualquier otra actividad académica de cátedra, los resultados en cuanto a calidad de lo producido y consecuentemente a las calificaciones asignadas, hubo equipos con proyectos altamente destacables y algunos con un menor nivel de calidad, aunque todos aprobaron las evaluaciones y condiciones exigibles para el cursado de la materia.

5. CONCLUSIONES

Como conclusión de todo lo expuesto, podemos asegurar que los estudiantes adquirieron una actitud de compromiso social desde una perspectiva profesional vinculando sus conocimientos y habilidades a problemáticas reales que favorecen un desarrollo social y económico equitativo. Desde el punto de vista actitudinal (el Saber Ser), también adquirieron competencias sociales de comunicación en entornos diversos y con situaciones que necesitan de una alta empatía como es el trabajo con emprendedores sociales.

A continuación, transcribimos textualmente los comentarios hechos por los estudiantes a través de la encuesta de evaluación que se aplicó al finalizar el cursado:

1. *El hecho de ayudar a los demás con nuestro conocimiento, mientras aplicamos a medida que aprendemos los temas de la materia, es lo que más valoro*
2. *Ayudar un emprendimiento real, aplicar los conceptos teóricos en un plano ajeno a la universidad*
3. *Poner el conocimiento académico al servicio del otro*
4. *Creo que es una oportunidad muy valiosa para poder aplicar los conocimientos de la materia, generando un impacto real en el emprendimiento con el que trabajamos*
5. *Estuvo muy bueno poder bajar a la práctica los contenidos de la materia y poder poner los conocimientos adquiridos en hechos reales*
6. *El proyecto nos permitió estar más cerca de la realidad a una escala de un emprendimiento logrado con esfuerzo. De esta manera pudimos canalizar lo teórico de la materia con lo práctico de todos los días, y ver que la teoría y el trabajo en equipo son fundamentales para enfrentar un problema*
7. *Poder plasmar lo aprendido en un caso totalmente práctico*
8. *Empezar de cero con un proyecto que no conoces es un gran desafío*
9. *Hacer un trabajo que tiene importancia y afecta a alguien fuera de la universidad*
10. *Pone a la practica la carrera*
11. *Se lograron entender todos los puntos teóricos de la materia a través de un caso práctico, con nuestro grupo creemos que es mucho más sencilla esta forma de aprendizaje a través de estos casos reales y es mucho más enriquecedora*
12. *Ver los temas de la materia en un proyecto real, poder ayudar a alguien en su emprendimiento*
13. *Trabajar con proyectos reales*

6. REFERENCIAS

Francisco, P. (2020). *Vaticano.* Obtenido de https://www.vatican.va/content/francesco/es/speeches/2020/february/documents/papa-francesco_20200207_education-globalcompact.html

Furco, A. (2011). Rúbrica de autoevaluación para la institucionalización del aprendizaje-servicio en la Educación Superior. *Revista Internacional de Investigación en Educación Global y para el Desarrollo*, 77-88.

Pontificia Universidad Católica Argentina. (2018). *UCA Web Site.* Obtenido de https://issuu.com/univcatolicaargentina/docs/uca-proyecto-institucional-2018-2022

Pontificia Universidad Católica Argentina. (2021). *Vicerrectorado de Integración.* Obtenido de UCA Web Site: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://wadmin.uca.edu.ar/public/Compromiso%202022/Programa%20Experiencias%20Formativas%20Inclusivas.pdf

Tapia, M. N. (2018). *El compromiso social en el currículo de la Educación Superior.* Buenos Aires: Ediciones CLAYSS.

LAS MATERIAS BÁSICAS Y SU RELACIÓN CON LOS PROYECTOS FINALES DE CARRERA EN LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS DEL INGENIERO INDUSTRIAL

Tucci, Víctor C.; Ambrosini, Marcela S.; Rodriguez, M. Elvira; Pereyra, Diego O.

Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional
vtucci@frsf.utn.edu.ar; mambrosini@frsf.utn.edu.ar; mrodriguez@frsf.utn.edu.ar; dpereyra@frsf.utn.edu.ar

RESUMEN

La formación por competencias requiere de una serie de adecuaciones entre las que están comprendidas las planificaciones docentes, siendo el objetivo de este trabajo, brindar propuestas elaboradas en base a opiniones de informantes clave en actividades de gestión y docencia de la UTN FRSF.
En tal sentido y en el marco de un proyecto de investigación vigente sobre la relación de los contenidos de las materias básicas y los proyectos finales de carrera, se pretende avanzar sobre tres competencias genéricas: el saber, el saber hacer y el saber ser del ingeniero industrial; focalizando el análisis en tres aspectos: ¿qué aportan?, ¿qué no aportan? y ¿qué se podría proponer? para la adecuación de las distintas asignaturas del departamento que nos ocupa, con respecto a citadas competencias.
Partiendo de lineamientos conceptuales del proceso de enseñanza aprendizaje bajo el enfoque de formación por competencias, que proporcionan el marco general del escrito, el trabajo reproduce las entrevistas a directores de cada Unidad Docente Básica (UDB) o áreas (responsables de supervisar los programas de las asignaturas a su cargo), docentes de Proyecto Final de Carrera (con su mirada del estudiante ya formado) y autoridades del Departamento de Ingeniería Industrial (con la experiencia del trabajo que vienen realizando sobre la adecuación del nuevo currículo para la carrera).
Como resultado del análisis se espera contribuir con un conjunto de propuestas que faciliten a los docentes del departamento de Materias Básicas, la adecuación de sus planificaciones con los requerimientos del nuevo currículo basado en competencias.

Palabras Claves: Materias básicas – Adecuación planificaciones – Competencias

ABSTRACT
Competence-based training requires a set of adjustments, including teacher planning, the aim of this paper is to provide proposals based on opinions of key informants in UTN FRSF management and teaching activities.
In this way, and within the framework of a current research project on the relationship between the contents of the basic subjects and the final career projects, it is intended to advance on three generic competences: knowledge, know-how and knowledge of been an industrial engineer; focusing analysis on three aspects: what do they contribute? , what do they not contribute? and what could be proposed? in order to adapt different subjects from the involved department, with respect to mentioned competences.
Starting with conceptual guidelines of the teaching-learning process under the competence-based approach, which provides the general framework of the writing, this work reproduces interviews with directors of each Basic Teaching Unit or areas (responsible for overseeing the programs of the subjects under their charge), teachers of Career Final Project (with their view of students already formed) and authorities of the Industrial Engineering Department (with the experience of the work they have been doing on adapting the new curriculum for the career).
As a result of this analysis, it is expected to contribute with a set of proposals that facilitate the teachers of the Department of Basic Subjects, the adaptation of their planning with the requirements of the new curriculum based on competences.

Keywords: Basic subjects - Planning adequacy - Competences

1. LA FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

Las Ingenierías en nuestro país están atravesando una etapa de discusión sobre la propuesta de enseñanza y el modelo curricular. Por el momento, la tendencia más generalizada es la de un modelo de enseñanza tradicional que enfatiza la transmisión de conocimiento y donde las asignaturas dialogan poco o nada entre ellas.
Ante estos escenarios, las universidades a través de sus rectores construyeron algunas definiciones y afirmaciones que permiten llevar adelante políticas institucionales en función de un plan de mejora de la enseñanza aprendizaje, poniendo el foco en la enseñanza por competencias. La Universidad Tecnológica Nacional y la carrera de Ingeniería Industrial de la Regional Santa Fe (objeto de este trabajo) en particular se encuentran transitando este camino.
Para entrar en tema se citan algunas definiciones. Buena parte de quienes analizan el término competencia lo adscriben al mundo productivo (porque en él nacieron las competencias y se desarrollaron como doctrina formativa) y al desempeño de algún empleo o profesión (Spencer y Spencer, 1993 [1]; Mansfeld, 1996 [2]). Pero recalcan que hablar de competencias supone referirnos a un tipo de trabajo de un cierto nivel de complejidad, que lo distingue de las actividades que se desarrollan como mera ejecución de tareas predefinidas o del mero seguir las instrucciones otros. Este tipo de enfoques sobre competencias, válidos en principio, cuando se trata de procesos formativos muy vinculados a la formación profesional, presenta más dificultades cuando pretendemos utilizarlo en contextos de formación general. El empleo no puede ser nunca el referente exclusivo de la formación.
El autor español Parkes (1994) [3] refiere a la competencia como: “la capacidad de usar el conocimiento y las destrezas relacionadas con productos y procesos y, por consiguiente, de actuar eficazmente para alcanzar un objetivo”.
Según Tobón (2004) [4], “Las competencias son procesos de actuación frente a actividades y problemas de un determinado contexto, integrando actitudes, conocimientos y capacidades, y teniendo como base la excelencia en lo que se hace, con base en criterios de idoneidad establecidos de forma pública.”
Como se aprecia recorriendo diversos autores, son múltiples los enfoques y maneras de tratar de conceptualizar este término. De todas maneras, y dado que el documento de cabecera adoptado por la UTN es el Libro Rojo del CONFEDI (2018) [5], se enfatiza la definición que en este se expresa como “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales”.
El Libro Rojo también expresa que, las Ciencias Básicas de la Ingeniería (objeto de nuestro trabajo) abarcan las competencias y los descriptores de conocimiento básicos necesarios para las carreras de ingeniería, en función de los avances científicos y tecnológicos, a fin de asegurar una formación conceptual para el sustento de las disciplinas específicas.
Para que se facilite la comprensión del proceso de mejora por venir, se hace referencia a Zabalza (2007) [6], quién expresa que el ámbito de las competencias trata de orientarnos hacia un diseño de la formación en el que se afronten todas las dimensiones del desarrollo de las personas, y en el que las oportunidades de aprendizaje que se les ofrezcan permitan y obliguen no sólo a acumular informaciones, sino a proyectar esos conocimientos a aplicaciones prácticas, sea elaborando productos, sea resolviendo casos o problemas prácticos. Se pone el énfasis principalmente en el “saber hacer” y el “saber ser” partiendo del “saber”.
También expresa el autor que, para desarrollar y potenciar los usos e impactos de un sistema de formación por competencias, deben entenderse y aplicarse las siguientes cuestiones: a) El planteamiento curricular de la formación como condición previa, b) Encontrar otra forma de encarar el aprendizaje y c) Las operaciones didácticas a realizar en relación con las competencias.
Las competencias ayudan a resolver los siguientes problemas de la enseñanza-aprendizaje: orientar la enseñanza hacia la acción, integrar diversos componentes del aprendizaje, considerar procesos cognitivos distintos del mero aprendizaje asimilativo y actuar en situaciones complejas.
Actualmente en la biblioteca científica disponible se puede encontrar un conjunto de investigaciones que aportan al conocimiento respecto de las competencias tratadas en este escrito. Por ejemplo, se estudian las competencias adquiridas a partir del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria (Gil Galván, 2018) [7] o el desempeño de competencias genéricas a partir de proyectos de investigación en estudiantes de bachillerato (Castillo Zúñiga y otros, 2018) [8]. A nivel nacional se pueden mencionar los casos de estudio de competencias, tanto genéricas como específicas, en experiencias de mecánica utilizando el teléfono celular (Ramírez y otros, 2019) [9], como así también en el desarrollo de proyectos de investigación donde se evalúa el desarrollo de competencias en las carreras de ingeniería con el que se diseñan secuencias didácticas por competencias (Casco y otros, 2019) [10]. Localmente en la UTN Regional Santa Fe se han realizado investigaciones iniciales que deben ser profundizadas: son propuestas en base al uso de recursos digitales como herramientas

didácticas donde se analizan las competencias matemática, tecnológica y reflexiva desarrolladas en alumnos de Análisis Matemático I (Culzoni y otros, 2021) [11] y, por otro lado, se expone una miniunidad de aprendizaje para integrar competencias de Análisis Matemático I e Inglés (Cura y otros, 2021) [12].
El proceso de reformulación de propuesta académica en el formato por competencias en la que se encuentra inmersa actualmente la Universidad Tecnológica Nacional y la carrera de Ingeniería Industrial en particular, a través de la adecuación de su currículo pronto a aprobarse el corriente año, dará lugar a la necesidad de llevar a cabo un conjunto de acciones. Entre estas, la adecuación de asignaturas de materias básicas ocupa el interés del presente trabajo.
Cabe acotar que los autores de éste forman parte de un proyecto que trata sobre la vinculación entre conocimientos básicos y complementarios y su relación con la aplicación en los proyectos finales de carrera. Siguiendo esta línea, este escrito tiene por finalidad rescatar las opiniones de diversos actores, considerados informantes claves, de cuyo análisis se elabora un conjunto de propuestas que contribuirá a facilitar la adecuación, por parte de los docentes, de las planificaciones de las asignaturas de materias básicas que se dictan en Ingeniería Industrial.
Para este objetivo se seleccionaron como informantes claves a los directores de cada Unidad Docente Básica (UDB), los docentes de Proyecto Final de Carrera (PFC) de Ingeniería Industrial y a las autoridades (director y secretario) de la carrera.
El resultado del análisis de las entrevistas realizadas con tal fin aporta a los resultados y conclusiones que cierran esta presentación.

2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

Entre los objetivos del trabajo de investigación en ejecución, se estableció la necesidad de conocer la percepción de un grupo de informantes clave en referencia a ¿qué aportan? ¿qué no aportan? ¿qué podrían aportar? las asignaturas de materias básicas al conjunto de competencias enroladas en “el saber”, “el saber hacer” y en “el saber ser”. A tal fin se diseñaron tres cuestionarios para la realización de entrevistas de larga duración (diez en total), a tres subgrupos de informantes clave que se detallan a continuación:

2.1. Directores de Unidades Docentes Básicas (UDB)

1) En función al marco sobre el cual se va a modificar el currículo sobre la formación por competencias. ¿Pudo informarse o recibir algún tipo de capacitación?
2) En aspectos vinculados a generación de habilidades, aptitudes, las formas de relacionarse, de realización de una tarea, etc. ¿Cómo considera el aporte que realiza la asignatura bajo el área?
3) En las planificaciones de las asignaturas del área, ¿dónde se puede detectar / dónde se ve reflejado?
4) ¿A qué competencia cree que apunta a “satisfacer” este aporte?
5) ¿Qué cuestiones sugeriría modificar, adaptar o agregar en sus planificaciones vinculada a la formación por competencias?
6) ¿Recibió alguna consulta de los alumnos que están elaborando el PFC? ¿Qué tipo de consulta?

2.2. Profesores de Proyecto Final de Carrera (PFC) de la carrera Ingeniería Industrial

1) En función al marco sobre el cual se va a modificar el currículo sobre la formación por competencias: ¿pudo informarse o recibir algún tipo de capacitación?
2) Pensando en el saber, saber hacer y saber ser: ¿alguna predomina sobre las otras en el dictado de la materia? ¿De qué manera se lleva a cabo esto / como se plasma?
3) ¿En qué competencia percibe que los alumnos llegan más preparados, y en cuál menos?
4) Siguiendo con la formación por competencias, ¿qué aporte de materias básicas percibe son más utilizados en la elaboración de los PFC?

2.3. Director y Secretario de Departamento Ingeniería Industrial

1) En función al marco sobre el cual se va a modificar el currículo sobre la formación por competencias: ¿pudo informarse o recibir algún tipo de capacitación?
2) ¿Considera que, en la formación del perfil del Ingeniero Industrial, actualmente, se contemplan las competencias?
3) ¿En qué va a mejorar o modificar a su juicio la formación por competencias?

4) ¿Considera que hay alguna competencia que se le dé más importancia que a otras?
5) ¿Que considera que se puede mejorar del perfil actual del Ing. Industrial para dar mejores respuestas a la demanda laboral y a las necesidades de la sociedad?

En el apartado siguiente se expone un resumen de las entrevistas realizadas, en el cuarto se realiza un análisis de lo relevado, y en el quinto a partir de éste a modo de conclusión, se elaboran propuestas preliminares que contribuyan a facilitar la adecuación de las planificaciones docentes de las asignaturas de Materias Básicas a la formación basada en competencias.

3. ENTREVISTAS A INFORMANTES CLAVE

Tal como se indicara en el apartado precedente y con la finalidad de compartir opiniones respecto al proceso de enseñanza bajo el enfoque de formación por competencias en nuestra casa de estudios, se realizaron entrevistas de larga duración a las autoridades del Departamento de Ingeniería Industrial que están trabajando sobre la adecuación del nuevo currículo para la carrera; Directores de cada Unidad Docente Básica responsables de supervisar los programas de asignaturas a su cargo y docentes de Proyecto Final de Carrera con su mirada de estudiantes ya formados.
La primera de las preguntas, común a los tres grupos, hizo referencia a la información y/o capacitación recibida sobre la formación por competencias, siendo unánimes las respuestas afirmativas con algunos matices en cada caso en particular. El Director y Secretario del Departamento de Ing. Industrial realizaron reuniones y debates con pares para avanzar sobre la modificación del currículo y los cambios necesarios sobre planificaciones según nuevas normativas y, al igual que los restantes entrevistados, desde 2019 y según la experiencia previa de cada uno, hicieron cursos de introducción a la enseñanza por competencias, de evaluación por competencias y de hibridación de clases (presencial y virtual o intermediado por tecnología); capacitaciones ofrecidas por UTN y por la Facultad. Los cursos, abiertos a docentes de las diferentes ingenierías, se caracterizaron por tratar los conceptos clásicos (el saber, saber ser, saber hacer) y una importante carga práctica de pensar cómo serían las competencias para una carrera y asignatura en particular; en otras palabras, poner en discusión lo que pretendemos, incorporen nuestros egresados. Uno de los entrevistados refiriéndose a incluir las competencias como objetivos de una propuesta formativa, expresó que los diseños curriculares enfocados en las competencias tienen debilidades: al incluir un saber teórico, un saber hacer práctico y un saber relacional, por decirlo de un modo simple, contribuyen a una fragmentación en nuestro modo de construir conocimientos, de construir aprendizajes al generar una disociación (no se puede ser un excelente profesional, pero una mala persona). Sostiene además que, desde una matriz formativa, es grave readecuar diseños curriculares en la universidad cuándo no se sabe qué se está enseñado y aprendiendo en la educación secundaria.
Debido a que las restantes preguntas de las entrevistas fueron pensadas atendiendo al grupo consultado, a continuación se tratan en primer término, las realizadas a directores de UDB continuando por los profesores de Proyecto Final de Carrera y en tercer lugar, Director y Secretario del Departamento de Ingeniería Industrial.
En lo que respecta al grupo de directores de UDB, consultados sobre el aporte que realizan las asignaturas del área en generación de habilidades, aptitudes, formas de relacionarse, realización de tareas, etc., las respuestas son coincidentes en cuánto a la elaboración de trabajos en grupos y exposiciones ante un auditorio formado por sus compañeros. En el caso particular de inglés, el foco está en la comunicación escrita y oral, trabajando en elaboración de informes y exposiciones ante una audiencia, en miras al proyecto final y competencias de egreso. Sin dudas, la actividad se ve favorecida en los cursos más reducidos. En las asignaturas que se dictan en primer año, la gran cantidad de estudiantes dificulta este tipo de actividades debido a que los grupos que se forman para las actividades tienen muchos integrantes y la réplica de los TP y/o experiencias en laboratorios restan tiempo a la resolución de problemas o situaciones a tratar en los tiempos de clase, en consecuencia, se fortalecen algunos aspectos pero se debilitan otros. El caso de ciencias sociales, que comprende Ingeniería y Sociedad, Economía, Legislación y Ética Profesional, aporta no solo a lo denominado habitualmente “competencias blandas” (comunicación, trabajo en equipo, liderazgo) sino también al saber hacer y a la construcción del conocimiento. A modo de ejemplos: no se puede hacer ingeniería si se desconoce el sistema de organización política y económica de Argentina; o también, la calidad de las relaciones interpersonales de los que dependen los nuevos modos de producción a pensar. Las asignaturas del área aportan lo que se denomina escritura académica (escribir bajo ciertos parámetros, bajo ciertas formalidades), en comunicación y en conocimientos sobre la historia social, política y económica de nuestra región para saber desde dónde se ejercerá la vida profesional.

Consultados sobre las planificaciones de las asignaturas del área, la de química trabaja con actividades complementarias que se realizan fuera del cursado para alumnos que toman clases de TP y resolución de problemas en grupos y a partir de videos o material suministrado por la cátedra para interpretar una experiencia y con la finalidad de presentar un informe en el cuál, además, se integra con matemática y física y se realiza una coevaluación (un grupo evalúa a otro siguiendo una rúbrica).
En el caso del área de matemática si bien se realizan trabajos grupales con exposiciones orales, no está escrito de ese modo en las planificaciones. En lo que respecta al área de física, se está trabajando sobre las competencias, en especial las específicas para definir cómo implementarlas e incluirlas en las planificaciones. Se sostiene que la utilización de los temas (contenidos) posibilita desarrollar la mayoría de las competencias vinculadas con la tecnología.
Por su parte, desde el área de idiomas comentan que las planificaciones incluyen expresamente una presentación y exposición frente a la clase y se aprueba la parte oral con un trabajo en grupo el que trata un tema interesante y novedoso relacionado con la carrera. En ciencias sociales, se sostiene que debe pensarse de modo integral, a partir de los conceptos propuestos se orientan los modos de hacer y de ser, visto como una unidad.
Al preguntar sobre el tema vinculado a la competencia que se pretende satisfacer con los aportes, hay coincidencia en las respuestas en cuánto a los tres saberes, destacándose matices en las diferentes áreas: desde química se sostiene el saber ser y saber hacer, con foco en la racionalidad necesaria para la resolución de problemas; en matemática deberían reforzar un poco más el saber hacer, dando como ejemplo, la aplicación a problemas; en idiomas, la escucha de videos o lectura de artículos científicos y el trabajo en grupo como aporte a las habilidades sociales, materializando el saber hacer en la escritura correcta de un informe y expresión oral del resultado de un trabajo y, finalmente en ciencias sociales se busca satisfacer a las competencias genéricas y específicas como una unidad, pensado al estudiante y al docente como un ser social que sabe hacer porque tiene determinado conocimiento y porque tiene una percepción de la realidad lo más amplia posible; agudizar nuestra capacidad para diagnosticar del modo más adecuado posible cuáles son los problemas reales de nuestra sociedad y, desde lo tecnológico (en caso de las ingenierías) cómo puede estar al servicio de una sociedad justa; pensar el proceso formativo del modo más integral posible; más que de competencias, hablar de capacidades y habilidades que requerimos para poder desarrollarnos, desarrollar nuestro trabajo del mejor modo posible.
Sobre los cambios a realizar en las planificaciones derivadas de la formación por competencias, el área de física considera trabajar actividades dirigidas a la comunicación oral y escrita, interpretación de problemas que vinculen diferentes temas con otras asignaturas tecnológicas y reforzar la interacción de los equipos. En química se está trabajando en una transversalidad horizontal, pero se requiere insistir en la vertical: cómo vincular las materias básicas con las materias finales, requiriendo previamente de actividades conjuntas entre docentes de diferentes ingenierías. Desde matemática se sostiene que debería trabajarse más en aplicaciones y su evaluación, así como también, problemas; tal vez cambiar la forma de evaluar (resolución de problemas en grupos) pero es difícil modificar una estructura que lleva mucho tiempo de aplicación; la propuesta sería trabajando problemas enfocados a cada una de las ingenierías, manteniendo la misma base. En idiomas, proponen formar clúster de materias, es decir, grupos de asignaturas para acordar actividades conjuntas; por ejemplo, escribir el resumen en inglés en el proyecto final de carrera. En cuanto a ciencias sociales, el entrevistado sostuvo que es fundamental buscar a través de las competencias que se van a desarrollar cómo aportar a la formación integral de la persona que va a hacer ingeniería.
La última de las preguntas a este grupo versó sobre consultas que realizan los alumnos a docentes de materias básicas al momento de realizar el proyecto final. En tal sentido las respuestas son similares: reciben muy pocas consultas y refieren a un tema puntual, siendo en su mayoría alumnos de Ing. Mecánica o Eléctrica. En el área de sociales, también se reciben muy pocas consultas sobre una visión social, una ingeniería social (que después puede ser industrial, mecánica, civil pero primero, es social. Un caso especial es el de idiomas debido a que los estudiantes comienzan a percatarse que para todo trabajo solicitan resumen en inglés.
Continuando con el segundo grupo, se comparten las opiniones de los docentes de Proyecto Final de Carrera. Consultados sobre el predominio entre el saber, saber hacer y saber ser, coinciden en el saber hacer y saber ser ya que el saber, viene asumido y desarrollado con las asignaturas previas (tienen los conocimientos). Y, en cuanto a cómo llevarlo a cabo, dieron como ejemplos: el trabajo en grupo para resolver problemáticas o interactuar con otras personas al realizar el trabajo de campo presente en la gran mayoría de los proyectos. Valoran el saber hacer ya que el proyecto está orientado a solucionar problemas específicos de empresas u organizaciones.
Al preguntar si perciben que los alumnos llegan más preparados en alguna competencia respecto a otras, coinciden que, en general, vienen muy bien preparados en el saber. También en el saber ser cuando realizan las defensas orales: buenas y bien expresadas presentaciones; no obstante, se

evidencia falta de práctica en redacción de informes técnicos y metodología de investigación en la secuencia de pasos para desarrollar el proyecto. Debería reforzarse el saber hacer ya que detectan que les cuesta aplicar la metodología a una práctica específica por lo que desde la cátedra se trabaja en la etapa de diagnóstico: valoración o cuantificación de la situación para poder compararla con la propuesta. Si bien los alumnos plantean aspectos reales, lo hacen con enfoques predominantemente cualitativos y/o para comparar la situación sin y con proyecto. En términos de evaluación, resultaría más provechoso hacerlo en términos cuantitativos. Destacaron que desde hace tiempo, la facultad ofrece talleres y charlas optativos sobre expresión oral y escrita y liderazgo, convirtiéndose en una muy buena herramienta para reforzar estos aspectos.
La última de las preguntas formuladas a este grupo versó sobre cuál es el aporte de materias básicas más empleado en la elaboración de los proyectos. En general, matemática y física es lo más utilizado, aportando principalmente a la capacidad para razonar. Sugieren analizar la posibilidad que análisis matemático oriente la ejercitación a problemas puntuales presentes en el campo laboral y que se profundice el tema de análisis de datos, apoyado por un software.
Completando la información recabada en las entrevistas se plasman las respuestas del tercer grupo: Director y Secretario del Departamento de Ingeniería Industrial. En cuanto a considerar si actualmente en la formación del Ing. Industrial se contemplan las competencias coinciden en que hay un fuerte componente del enfoque práctico: en el dictado, en las actividades de trabajo en empresas, trabajos prácticos, etc. pero no están escritas en las planificaciones; tienen un enfoque de competencias, pero no definen los resultados de aprendizaje ni cómo obtenerlos; por eso no se puede medir o controlar el impacto. Se trabaja en un nuevo diseño que especifique la metodología en esos aprendizajes pero sin tantos cambios en la esencia porque, al menos en ingeniería (e industrial en particular) siempre estuvo presente ese espíritu.
Consultados sobre qué aportaría o mejoraría la formación por competencias, tanto el Director como el Secretario sostienen que el desempeño profesional se asocia con obtener resultados que no es la aplicación de un conjunto de herramientas ni la definición o la repetición en forma teórica sino entender cuál es el problema, saber plantear, saber entender esos resultados y saber viabilizarlos. No importa con aplicación de qué materia se logra sino, qué se resuelva. Por eso hay que trabajar en definir la construcción gradual de competencias a lo largo de todo el trayecto de formación, posibilitando mayor articulación entre materias básicas y la especialidad.
También se consultó acerca de su parecer respecto a la mayor importancia que actualmente se está dando a una competencia sobre otra durante la formación. Mientras el Director se inclinó por las tecnológicas en la especialidad y las específicas de básicas en Materias Básicas, es necesario continuar trabajando para lograr una mirada más integrada entre ambas; el Secretario sostuvo que considerando el proceso completo, incluyendo el de evaluación, es el “saber”, la función teórica de la temática; pero si bien se llevan a la práctica los conceptos que se desarrollan, al momento de la evaluación se continúa con preguntas clásicas. En algunas asignaturas se realiza un seguimiento directo durante el proceso (más allá de los resultados que el alumno obtuvo, como fueron los caminos, las decisiones que tomó, qué concepto aplicó, etc.) pero resulta difícil en cursos muy numerosos. Es necesario seguir trabajando para una coherencia integral en la cátedra y en la carrera respecto a qué competencias se está formando y cómo evaluar esos resultados. Ambos consideran, además, que debe avanzarse en etapas, aplicando diferentes competencias distribuidas en todas las asignaturas para lograr la formación integral.
Para cerrar la entrevista a las autoridades del Departamento, se consultó qué mejorar del perfil actual del Ingeniero Industrial para dar respuestas a la demanda laboral y a las necesidades de la sociedad. En palabras del Director, actualizar y repensar la propuesta de materias electivas que posibilitan mayor flexibilidad, incorporar nuevas dinámicas, innovaciones, herramientas de gestión. Por su parte, el Secretario sostiene que es necesaria la formación de base para que el individuo se inserte en el mercado y luego se perfeccione y actualice en función del contexto. Considera que es un riesgo seguir una tendencia derivada de estadísticas sobre las áreas en las que están trabajando los alumnos ya que apuntar a modificar el currículo a ese sector productivo, se perdería la esencia de la amplitud de la mirada de la carrera. Todo profesional, necesariamente, deberá continuar su formación en función del camino de ejercicio profesional en el que se desempeñe.

4. ANÁLISIS DE LAS ENTREVISTAS – CONCEPTOS RELEVANTES

Con base en las entrevistas realizadas a los tres grupos de informantes clave, este apartado avanza a modo de síntesis en las consideraciones más relevantes de los diferentes aspectos abordados: opiniones, actividades realizadas y en proceso, aportes, desafíos, dificultades y mejoras en el proceso de enseñanza aprendizaje bajo el enfoque de la formación por competencias.

4.1. Respuestas en General

Al analizar las respuestas en general de los tres grupos, se destaca lo siguiente:
La realización de capacitaciones es general y diversificada (introducción, evaluación, hibridación, etc.) pero, hasta el momento, focalizadas en los aspectos clásicos. Se manifiesta el interés de la mayoría de los entrevistados en incrementar y profundizar la ya recibidas.
En mayor o menor medida, de forma explícita o implícita, se trabaja formando en competencias, pero se remarca la necesidad de abordar la formación con una mirada integral, con interacción entre cátedras; profundizando las vinculadas al saber hacer y saber ser.
Hay coincidencia en todos los entrevistados en que la competencia del saber está muy bien cubierta por las asignaturas de la carrera.
Si bien está presente en la gran mayoría de las asignaturas de la carrera la realización de trabajos en grupo; no se relevó en las entrevistas el qué significa, cómo hacerlo, qué beneficios brinda, cuáles son las mayores dificultades, etc.; aspectos que se contemplan solo en algunas de las planificaciones. Similares consideraciones también se aplican a las exposiciones orales, resolución de problemas, etc. fuertemente asociadas al saber hacer y saber ser.
De las dificultades a sortear, la inquietud principal es cómo implementar las actividades en cursos numerosos, sin soslayar la dificultad que se presenta al momento de evaluar los resultados de los aprendizajes.
Sin dudas, poner en práctica un proceso de enseñanza que introduce cambios significativos respecto al empleado durante muchos años, genera incertidumbres que, como en todo proceso, se despejarán progresivamente en la medida que se vayan obteniendo mejores resultados. Es el gran desafío que se está comenzando a abordar.

4.2. Respuestas Directores UDB

En lo que refiere a consultas a docentes de materias básicas por parte de los alumnos que están realizando su proyecto final de carrera, con excepción de idiomas (en muchos PFC se realiza un resumen en inglés) el resto de los directores responde que son nulas o casi nulas.
Cuando se pone el foco en las respuestas de cada uno de los directores de UDB, se puede resaltar lo siguiente:

4.2.1. UDB Idiomas

En el área de **idiomas,** el foco está en la comunicación escrita y oral, en la elaboración de informes y exposiciones ante una audiencia, en miras al proyecto final y competencias de egreso. Todo queda explícitamente expresado en las planificaciones. La escucha de videos, lectura de artículos científicos y el trabajo en grupo aporta al saber ser, mientras el saber hacer se materializa en la escritura correcta de un informe y expresión oral del resultado de un trabajo. Se propone formar grupos de asignaturas para acordar actividades conjuntas; por ejemplo, escribir el resumen en inglés en el proyecto final de carrera.

4.2.2. UDB Ciencias Sociales

En **ciencias sociales**, el aporte no solo se da en las “competencias blandas” (comunicación, trabajo en equipo, liderazgo) sino también al saber hacer y a la construcción del conocimiento. Se sostiene que a partir de los conceptos propuestos se orientan los modos de hacer y de ser, visto como una unidad. Se piensa al estudiante y al docente como un ser social que sabe hacer porque tiene determinado conocimiento y porque tiene una percepción de la realidad lo más amplia posible. Se sostiene que es fundamental buscar a través de las competencias que se van a desarrollar cómo aportar a la formación integral de la persona que va a hacer ingeniería

4.2.3. UDB Química

En el área de **química** se promueven actividades complementarias que se realizan fuera del horario de cursado, donde se fomenta el trabajo en grupo, la interpretación de experiencias, la elaboración de informes, la coevaluación e integración con física y matemática. Se hace foco en el saber hacer y saber ser desde la racionalidad necesaria para la resolución de problemas. Si bien se viene trabajando en una transversalidad horizontal, se insiste en la necesidad de avanzar sobre la vertical vinculando las materias básicas con las materias finales, requiriendo previamente de actividades conjuntas entre docentes de diferentes ingenierías

4.2.4. UDB Matemática

En el área de **matemática** se realizan trabajos grupales con exposiciones orales, aunque no figura explícito en las planificaciones. Se sostiene que debería trabajarse más en aplicaciones y su evaluación, así como también, problemas; tal vez cambiando la forma de evaluar (resolución de problemas en grupos), la propuesta sería trabajando problemas enfocados a cada una de las ingenierías, manteniendo la misma base.

4.2.5. UDB Física

En **física**, se está trabajando sobre las competencias, en especial las específicas para definir cómo implementarlas e incluirlas en las planificaciones. Se sostiene que la utilización de los temas (contenidos) posibilita desarrollar la mayoría de las competencias vinculadas con la tecnología. Se considera realizar actividades dirigidas a la comunicación oral y escrita, interpretación de problemas que vinculen diferentes temas con otras asignaturas tecnológicas y reforzar la interacción de los equipos

4.3. Docentes de Proyecto Final de Carrera

Los docentes de PFC destacan que los alumnos vienen muy bien preparados en el saber y el saber ser, esto último lo ponen de manifiesto en las defensas orales. No obstante, relacionado al saber hacer, se marcan falencias en lo referido a la redacción de informes técnicos, metodología de la investigación y aplicación de la metodología del desarrollo del proyecto a una práctica específica. Sostienen que en general el mayor aporte de materias básicas lo notan en matemáticas y física en su contribución a la capacidad de razonar. Se sugiere que análisis matemático oriente la ejercitación a problemas puntuales del ámbito laboral, además de profundizar en análisis de datos con apoyo de software.

4.4. Autoridades Departamento Ingeniería Industrial

Se coincide en líneas generales en que hay un fuerte componente del enfoque práctico: en el dictado, en las actividades de trabajo en empresas, trabajos prácticos, etc. pero no están escritas en las planificaciones. Se tiene un enfoque de competencias pero no se definen los resultados de aprendizaje ni cómo obtenerlos; por eso no se puede medir o controlar el impacto. También en que el desempeño profesional se asocia con obtener resultados, entender cuál es el problema, saber plantear, saber entender esos resultados y saber viabilizarlos. Para esto se debe trabajar en definir la construcción gradual de competencias a lo largo de todo el trayecto de formación, posibilitando mayor articulación entre materias básicas y la especialidad. Se enfatiza en que resulta necesario seguir trabajando para una coherencia integral en la cátedra y en la carrera respecto a qué competencias se está formando y cómo evaluar esos resultados. Se considera además, que debe avanzarse en etapas, aplicando diferentes competencias distribuidas en todas las asignaturas para lograr la formación integral.

5. PROPUESTAS PRELIMINARES COMO RESULTADOS ALCANZADOS

En este apartado, a modo de resultado expresado en la finalidad de este trabajo, se elabora un conjunto de propuestas/sugerencias con el objeto de que contribuyan a allanar el abordaje del proceso de enseñanza aprendizaje en la formación por competencias y faciliten la adecuación de las planificaciones de las UDB que componen Materias Básicas. En virtud de lo recabado en las entrevistas a los informantes claves ya detalladas y analizadas, se mencionan las siguientes:

- Se propone planificar una serie de capacitaciones para todo el personal docente del área, con foco en la formación por competencias, metodologías de evaluación para estos trayectos formativos, el armado y funcionamiento de grupos de trabajos y metodologías de resolución de problemas entre los principales tópicos.
- En consonancia con lo anterior, se sugiere explicitar en las planificaciones de las distintas asignaturas actividades a realizar por los estudiantes referidas a: trabajo en grupo, comunicación oral y escrita, interpretación y resolución de problemas que vinculen diferentes temas con otras asignaturas, entre las más mencionadas. No solo en modo enunciativo sino y en la medida de lo posible, otorgando algunas herramientas que contribuyan a la adquisición de las citadas competencias por parte de los alumnos.
- Se recomienda reflejar explícitamente en las planificaciones la interacción entre cátedras tanto en sentido horizontal como vertical, con un monitoreo periódico de los avances y logros por

parte de los directores de área. Particularmente para la UDB Idiomas, la formación de grupos de asignaturas que acuerden actividades conjuntas como, por ejemplo, escribir el resumen en inglés en el proyecto final de carrera.
- Se recomienda sumar aplicaciones para el dictado de las asignaturas (particularmente en la UDB Matemáticas), trabajando con problemas enfocados a las competencias específicas de la carrera (Ingeniería Industrial en el caso que nos ocupa), promoviendo la resolución de los citados problemas en grupos de estudiantes.
- Se sugiere, dada la complejidad de trabajar en formación con grupos muy grandes en lo que coinciden todos los entrevistados, y en la medida de lo posible armar comisiones no muy numerosas, en un rango de 30 a 40 alumnos como primera aproximación, al menos en las asignaturas de materias básicas en una primera etapa. Seguramente por estructura va a resultar bastante más difícil de implementar en las asignaturas de la especialidad.

Ante los desafíos que supone un cambio sustantivo en el proceso de enseñanza aprendizaje, continúan los debates, reuniones y capacitaciones de los diferentes actores involucrados, para transitar los primeros pasos de un largo camino que redundará en beneficio de todos.

6. REFERENCIAS.

[1] Spencer, L.M. y Spencer, S.M. (1993). Competence at Work, New York, John Wiley and Sons
[2] Mansfeld, R.S. (1996). Building competency models: Ap - proaches for HR professionals. Human Resource Ma - nagement, 35 (1), 7-18.
[3] Parkes, D. (1994): «Competencia y contexto», en Formación Profesional, nº 1. Berlín: CEDEFOP
[4] Tobón, S. (2004). Formación basada en competencias: pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Bogotá: Ecoe Ediciones.
[5] Libro Rojo de CONFEDI (2018), Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina - Aprobado por la Asamblea del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina Rosario - 1 de junio de 2018.
[6] Zabalza Beraza, Miguel A. (2007), El trabajo por competencias en la enseñanza universitaria, Santiago de Compostela.
[7] Gil Galván, Rosario. (2018). “El uso del aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria.” Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE. 23, 76, PP. 73-93. México.
[8] Castillo Zúñiga, Ma. Silvia; Samaniego-Gaxiola, José Alfredo; Chew Madinaveitia, Yasmín; Gaytán Mascorro, Arturo; Rodríguez Díaz, Dora Acela; Lizárraga Avalos, Héctor Mariano. (2018). “Desempeño de las competencias genéricas a partir de proyectos de investigación en estudiantes de bachilleratos tecnológicos agropecuarios en Coahuila”. Revista Mexicana de Investigación Educativa RMIE. 23, 79, PP. 1217-1234. México.
[9] Ramirez, Sandra; Casco, Eva; Scagnetti, Olga; Rodriguez; Elvira. (2019). “Propuesta de valoración de herramienta digital como recurso didáctico en Análisis Matemático I”. Jornadas de Ciencias Básicas 2019. Santa Fe, Argentina.
[10] Casco, Eva; B. de Gamarci, Mirta; Tibaldo, Aldana; Rodriguez, Elvira. (2019). “Creación de un objeto a partir de una mini unidad de aprendizaje para integrar competencias de análisis matemático e inglés”. Jornadas de Ciencias Básicas 2019. Santa Fe, Argentina.
[11] Culzoni, Cecilia; Alegre, Laura; Farías, Marisol; Cinat, Paula. (2021). “Competencias en experiencias de mecánica utilizando un teléfono celular”. VIII Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería. Santa Fe, Argentina.
[12] Cura, Rafael Omar; Girón, Pablo; Krumrick, Ezequiel; Marinsalta, Ma. Mercedes; Sacco, Lucía. (2021). “Evaluación del desarrollo de competencias en carreras de Ingeniería (UTN FRBB-FRN-FRSN)”. VIII Jornadas de Enseñanza de la Ingeniería. Santa Fe, Argentina.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a los estudiantes Lilen Floriani y Nicolás Scandella por su colaboración en el armado y realización de las entrevistas a los informantes clave. Como así también a los informantes clave que tan gentilmente respondieron los cuestionarios.

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN GRÁFICA PARA INGENIERÍA, PARA SUPERAR EL DIBUJO TÉCNICO, COMO DISCIPLINA DE BASE

Alonso, Andrés [a]; Viera, Daniela [a]
Turco Greco, Teresa [a]; Cofone, Anibal [b]

[a] *Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Cátedra de Diseño de Producto. Instituto de Desarrollo e Innovación Industrial (INSDIN)*
[b] *Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ingeniería. Director Carrera de Ingeniería Industrial. Director del Instituto de Desarrollo e Innovación Industrial (INSDIN). Profesor de Trabajo Profesional.*

RESUMEN

El curso “Sistemas de Comunicación Gráfica para Ingeniería” se dictó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires desde abril a agosto de 2022, con 16 clases de 4 horas cada una, 3 de las cuales se dictaron de manera virtual para facilitar el uso de herramientas digitales.

Liderado por un equipo docente variado y con una impronta teórico práctica basada en la metodología de aula invertida, esta actividad extracurricular se diseñó como un curso innovador en medios y sistemas de representación para tecnologías e ingeniería, superador respecto a la enseñanza tradicional de dibujo técnico complementando con sistemas digitales de dibujo.

El curso introduce al alumno en el dibujo mano alzada, croquis y dibujo técnico tradicional como medio de representación, pero también propone nuevos lenguajes digitales, con características gráficas-técnicas, que es la base para el marco conceptual y normativo que le permitirá comunicarse en ambientes profesionales interdisciplinarios.

Si bien se incluyen los componentes tradicionales de representación de objetos y espacios a través del uso de croquis y planos en dos dimensiones; se desarrollan en el curso otros aspectos fundamentales de la representación de objetos, ideas y resultados, atento a los requerimientos del desarrollo de la profesión, tales como: informes, gráficos, infografías y modelos 3D digitales. Se propone desarrollar que el estudiante pueda partir de un objeto físico y representarlo, pero también que pueda crearlos.

Quienes se desempeñarán como profesionales en la industria o en otros sectores deben poder producir y saber interpretar los requerimientos y especificaciones de un producto, proceso, conjuntos y ensamblajes, planta o cualquier elemento que deba ser conceptualizado, diseñado, desarrollado y finalmente construido, distribuido y vendido. Sin embargo, también deben estar preparados para comunicar conceptos gráficamente y producir reportes gráficos para la toma de decisiones a partir de información de base teniendo en cuenta datos, objetivo, usuario y destinatario.

Fundamentalmente, buscó introducir a los alumnos en el mundo de herramientas de comunicación gráfica de todo tipo en su ambiente profesional, sin importar cuán diverso resulte su ambiente de desempeño.

Palabras Claves: Dibujo, medios de representación, comunicación gráfica, herramientas digitales, aula invertida.

ABSTRACT

The course "Graphic Communication Systems for Engineering" was taught at the Faculty of Engineering of the University of Buenos Aires from April to August 2022, with 16 classes of 4 hours each, 3 of which were taught virtually to facilitate the use of digital tools.

Led by a varied teaching team and with a theoretical-practical imprint based on the flipped classroom methodology, this extracurricular activity was designed as an innovative course in media and representation systems for technologies and engineering, surpassing the traditional teaching of technical drawing, complementing it with digital drawing systems.

The course introduces the student to freehand drawing, sketches and traditional technical drawing as a means of representation, but also proposes new digital languages, with graphic-technical characteristics, which is the basis for the conceptual and normative framework that will allow them to communicate in professional interdisciplinary environments.

Although it presents traditional components of representation of objects and spaces through the use of sketches and plans in two dimensions; engineers today use other means of representation such as: reports, graphs, infographics and digital and physical 3D models. All these aspects of the representation of reality will be developed in the course with the aim that students incorporate the fundamentals.

Those who will work as professionals in the industry or in other sectors must be able to produce and know how to interpret the requirements and specifications of a product, process, sets and assemblies, plant or any element that must be conceptualized, designed, developed and finally built, distributed and sold. However, they must also be prepared to use graphical tools to transmit concepts and produce graphical reports for decision-making based on information, taking into account datasources, objective, recipient and consumer.

Fundamentally, it seeks to introduce students to the world of graphic communication tools of all kinds for them to use in their professional environment, however diverse it may be.

Keywords: Sketching, means of representation, graphic communication, digital tools, flipped classroom.

1. INTRODUCCIÓN

Sistemas de Comunicación Gráfica para Ingeniería (SCGI) es una actividad extracurricular diseñada como un curso innovador en medios y sistemas de representación para tecnologías e ingeniería, superador respecto a la enseñanza tradicional de dibujo técnico complementando con sistemas digitales de dibujo.

El curso introduce al alumno en el dibujo técnico como medio de representación e idioma técnico, así como a los nuevos lenguajes digitales, con características gráficas-técnicas, que es la base y el marco conceptual y normativo que le permitirá comunicarse en ambientes de tecnología e ingeniería.

Si bien presenta componentes tradicionales de representación de objetos y espacios a través del uso de croquis y planos en dos dimensiones; los ingenieros hoy utilizan otros medios de representación como: informes, gráficos, infografías y modelos 3D digitales y también físicos. Estos aspectos de la representación de la realidad se desarrollan en el curso y, como elemento adicional por sobre los cursos tradicionales de dibujo técnico y medios de representación, se incorporan herramientas de expresión, representación y comunicación de los datos y los resultados cuanti - cualitativos de información, que incluye: gráficos, infografías e informes que se conforman a partir de datos e información.

El enfoque del curso apunta a darle al estudiante conceptos y herramientas para poder afrontar no sólo las demandas de mercados laborales actuales, sino también que cuente con las capacidades básicas que le permitan luego continuar aprendiendo o aprender otras nuevas a lo largo de su vida profesional. Para ello, se utilizaron en todos los casos softwares de uso libre, o con licencias gratuitas para estudiantes. El énfasis aquí no es sobre un programa o sistema en particular, sino en brindar los fundamentos que permitan que cada estudiante tenga los elementos para luego aprender el sistema que más se ajuste a sus necesidades o a los requerimientos de su trabajo.

La metodología utilizada para SCGI tiene una carga fuertemente práctica, apoyándose en la metodología de aula invertida, y proponiendo que el estudiante incorpore capacidades para exponer su trabajo y criterio para evaluar su propio trabajo y el de sus pares.

SCGI propone un enfoque multidimensional de sistemas de representación y reflexionar sobre la manera que el dibujo técnico se enseña a estudiantes de ingeniería, y su importancia relativa entre otras herramientas.

El principal desafío que presenta es el de requerir un grupo docente variado capaz de trabajar en formatos de aula-taller. Al mismo tiempo, la fuerte carga de producción de trabajos de los estudiantes con su correspondiente corrección y devolución presenta un reto en cuanto al escalado para comisiones con mayor cantidad de estudiantes. Finalmente, este curso se beneficia de tener acceso a computadoras para los últimos tres módulos. La capacidad de tener trabajo en el aula depende del acceso a un centro de cómputos o a que los alumnos tengan laptops personales que puedan llevar al aula. Esto es sin dudas, un elemento a tener en cuenta para la programación del curso.

2. METODOLOGÍA Y PROGRAMA

2.1. Capacidad y Habilidades

Este curso, a diferencia de un curso habitual de medios de representación tradicional, busca crear capacidades de comunicación en los estudiantes a través de ayudas o complementos gráficos.

Somos conscientes que los profesionales de la ingeniería necesitan siempre poder comunicar y defender los resultados de sus trabajos, sean de diseño, investigación, desarrollo y cualquier tipo de conclusión del trabajo que se le solicite.

En este curso damos la oportunidad a los participantes de usar y practicar las herramientas de comunicación gráfica y oral exponiendo resultados y recibiendo retroalimentación en forma continua y sistemática.

2.2 Metodología de dictado

El curso “Sistemas de Comunicación Gráfica para Ingeniería” se dictó en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (Sede Las Heras) desde el 19 de abril al 2 de agosto de 2022,

con 16 clases de 4 horas cada una, 3 de las cuales se dictaron de manera virtual para facilitar el uso de herramientas digitales.

El curso comenzó con 36 alumnos de distintos años de la carrera y finalizaron 31. De los 36 alumnos, 18 habían regularizado la asignatura de Dibujo Técnico. Todos los alumnos que finalizaron el curso pertenecen a la carrera de Ingeniería Industrial.

El equipo docente estable estuvo compuesto por 2 ingenieros industriales, un ingeniero electrónico y una diseñadora industrial. Se contó con dos docentes invitados durante el dictado, un ingeniero mecánico y un ingeniero agrimensor. El primero, convocado por su vasta experiencia en el diseño de envases en una gran empresa de bienes de consumo, el segundo, para mostrar a los cursantes algunas herramientas de medición que se utilizan para grandes distancias y dimensiones, siendo esto último el contrapunto de los instrumentos de medición que se enseñaron para representar gráficamente (escalímetro, cinta métrica, calibre, medidor de distancia infrarrojo).

SCGI fue desarrollado con un enfoque teórico-práctico donde en todas las clases los alumnos realizaron trabajos prácticos y recibieron en forma sistemática feedback por parte del equipo docente y también de sus propios compañeros. Se puso énfasis, además, en alentar la participación en clase y desarrollar en los estudiantes la capacidad de presentar y exponer sus trabajos.

Se incorporó metodología de aula invertida para brindar más tiempo de práctica en el aula e incorporar material didáctico disponible de manera gratuita en internet.

Se realizó evaluación permanente revisando la evolución de todos los trabajos en las diferentes áreas de conocimiento. Todos los trabajos realizados durante el trabajo en el aula se presentaron para su corrección, así como también dos trabajos integradores. El primer trabajo integrador reúne la aplicación de los conceptos incorporados en los primeros dos módulos, mientras que el segundo trabajo integrador pretende realizar una aplicación de todo el contenido.

2.3. Programa

El programa se basó en cuatro módulos o ejes. El primero y más extenso, de **dibujo a mano alzada y dibujo técnico**, incorporó la importancia del trazado a mano alzada como medio indispensable para la realización de tareas técnicas. Este incluye el relevamiento de información y medición de la pieza a representar. En cuanto al contenido, este módulo es el más semejante a lo que actualmente se imparte en las materias tradicionales de dibujo técnico o medios de representación.

Se enfatizan aquí conceptos básicos para entender las proporciones de los objetos o piezas y el uso de figuras geométricas para la composición. Se muestran fundamentos de dibujo, perspectiva de uno, dos y tres puntos, directrices y generatrices.

Se atraviesa las normas IRAM de dibujo técnico, con especial atención a las tres dimensiones de un objeto, sus seis vistas principales y sistemas de abatimiento; interpretación de cuerpos a partir de sus vistas; perspectiva isométrica; cortes; caligrafía según la norma; leyendas; líneas fundamentales y líneas auxiliares; líneas visibles, invisibles, de eje, de cota, de referencia, de rayado, de proyección, de sección y cortes; acotación; rotulación y escalas.

En este módulo se comienza a incorporar la metrología y el uso de herramientas de medición como: regla, calibre o vernier y micrómetros para piezas pequeñas y cintas métrica y medidores de distancia láser. Estas prácticas y herramientas se utilizan en los siguientes dos módulos.

El segundo módulo, de **diseño asistido por computadora en 2D (CAD 2D)**, incluye la creación, modificación y control de planos bidimensionales de ingeniería. Incluye desde piezas mecánicas, máquinas, productos de todo tipo de características y también todo tipo de edificios.

Documentación de proyectos presentando los lineamientos básicos para confeccionar o modificar: planos de plantas, equipos o productos, diagramas de flujo, planos de cañerías e instrumentos, lista de equipos y componentes, planos de conjunto, de fabricación y de montaje. Se muestran diferentes funciones y comandos del sistema que son comunes a diversas herramientas CAD tales como:

limits, snap, grillas, coordenadas cartesianas, polilíneas, uso de capas, textos, cotas, trim, extend, mirror.

En esta primera cohorte se utilizó el software de AutoCAD Autodesk, por tener versión de uso gratuito y ser la herramienta más popular para este uso. Sin embargo, se puede utilizar aquí otro software de diseño que la facultad defina en función de sus convenios.

En este módulo se aplicó el concepto de aula invertida, buscando que los estudiantes aprendan los conceptos y herramientas esenciales del diseño asistido por computadora a través de una serie de videos de youtube que presentaron los siguientes temas:

1. AutoCAD para principiantes, dónde se presentan nociones básicas de dibujo con autocad, configuraciones iniciales, espacios de trabajo e impresión, herramientas básicas, visualizaciones.
2. Tipos de Líneas, se presentan tipos de líneas, configuración, propiedades. Visualización en espacio de dibujo (*model*) y de Impresión (layout). Colores, grosores, tipos, etc.
3. Capas (*layers*) . Concepto de layer, creación, configuración de propiedades, usos, codificaciones, shortcuts.
4. Imprimir en Autocad. Uso de CTB Plumillas, Escala, PDF, Layout, espacio papel escala ventana viewport, etc.
5. Como Acotación: estilos, concepto de escalas anotativas, modificación, tamaños, cotas acumuladas, cotas de replanteo, etc.
6. Bloques: creación de bloques para rótulos, Bloques dinámicos, uso de atributos de campo (*fields*), Uso de tablas, estilos, texto anotativo, extracción de datos de bloques dinámicos.
7. Escalas anotativas, definición, uso y ejemplos.
8. Plantillas (*Template*). Crear, guardar, insertar, configurar y cargar.

La propuesta práctica para este módulo se desarrolló con una serie de trabajos prácticos en los cuáles el alumno comenzaba su producción en el aula y la finaliza en su casa.

La primera práctica consistió en un trabajo de observación, medición y dibujo de las vistas principales de herramientas de mano que se dieron a los alumnos. Entre estas herramientas había: destornilladores, pinzas, martillos, alicates, escuadras, llaves, etc. La propuesta didáctica propone que el estudiante, a partir de los conocimientos adquiridos en los módulos previos, observe, mida y represente en 2 dimensiones a través del diseño asistido por computadora. En este trabajo el alumno se enfrenta a decisiones que necesita tomar antes de comenzar con el dibujo: dimensiones, escalas, layers, cotas, tipos de cotas, colores, detalles a presentar. Los resultados de este trabajo fueron muy diversos debido a la dificultad de las piezas, decisiones de dibujo y configuración inicial, etc. Si bien los resultados de los trabajos no fueron dibujos o planos que permiten fabricar esas piezas, fueron un gran ejercicio para poder entender todo lo que implica empezar a realizar un plano para representar una pieza mecánica real.

La segunda práctica consistió en un trabajo 100% domiciliario, en el que se solicitó a cada alumno que realizara un plano de planta de su habitación. Este trabajo buscó, en primera instancia que el estudiante pueda realizar el relevamiento de un espacio de una planta existente. En esta experiencia práctica se incluyeron conceptos de dibujo de plantas como las líneas, las polilíneas, el offset, el sombreado o hatch, las escalas, las cotas, la impresión de planos. En este caso los alumnos realizaron producciones gráficas que sirvieron como punto de partida para el trabajo práctico de relevamiento de plantas que realizaron en grupos durante la siguiente clase.

El siguiente trabajo consistió en el relevamiento y dibujo de una planta y una elevación de un ambiente de la propia facultad de ingeniería que los docentes designaron a cada grupo de alumnos. En cada producción gráfica los alumnos debían presentar como mínimo los muros y sus espesores, las carpinterías del ambiente y el mobiliario y equipamiento. Además se solicitó que incorporen al menos una elevación mostrando los niveles, las carpinterías y otros detalles de interés. Cada grupo se compuso por 4 integrantes y el primer trabajo que realizaron fue relevamiento de las áreas que a cada uno le tocó. Al realizar el relevamiento volcaron las dimensiones medidas en croquis a mano alzada y luego planificaron y dividieron las tareas para realizar el plano en Autocad. La entrega solicitada fue de un Plano de planta y vistas (elevaciones) de un espacio de Las Heras realizado

según los aprendizajes que obtuvieron hasta el momento: tipos de líneas y grosores, layers, cotas, escalas, formatos, rótulos, impresiones viewports, etc.

El último trabajo de clases de dibujo 2D consistió en el Diseño de un dispositivo de apoyo de teléfono celular. Se propuso pensar el diseño de un producto, para esto se realiza el estudio y definición de usuarios, investigación de antecedentes, etc. Luego se plantea un brief de diseño, y se realiza el diseño a mano mano alzada del porta-Celular. Finalmente, sobre la base del diseño, la consigna solicitada fue la de dibujar en Autocad las vistas y una perspectiva isométrica en formato normalizado con todas las cotas necesarias, considerando que esa información va a ser utilizada por alguien que realizará el primer prototipo o maqueta de estudio. Este trabajo se utilizó posteriormente durante el siguiente módulo de herramientas de diseño en 3D.

El tercer módulo es de **diseño asistido por computadora en 3D (CAD 3D)**. Aquí se incluye la creación, modificación y control de modelos de tres dimensiones para generar maquetas y prototipos digitales. En este sentido se trabaja con documentación de proyectos presentando los lineamientos básicos para confeccionar distintos modelos 3D a partir de planos de plantas de ciertos objetos. Se incluye un repaso sobre las formas de modelar, los software existentes, tipos de archivos, Interfaz, Configuración de Unidades, Importación, Vistas y movimientos, Herramientas de creación y edición de geometrías, Extrusión (Extrude), Revolución (Revolve), Fillet, Chamfer, Plane, Sweep, Loft, Shell, Linear Pattern, Circular Pattern, Mirror, Split, Delete Part, Ensamblajes y relaciones entre componentes.

En esta primera cohorte se utilizó el software de Onshape, por razones de accesibilidad similares a las de CAD 2D. Nuevamente, se recalca aquí que las operaciones son comunes a otros software CAD 3D y se espera que esto contribuya a una formación que permita que el estudiante luego incorpore otros software 3D según sus necesidades o vocación.

El cuarto y último módulo de **introducción a la visualización de datos e infografías**, incorpora conceptos de análisis de datos, diseño y desarrollo de gráficos e infografías.

Incluye fundamentos sobre los tipos de datos, la necesidad de entender los datos antes de analizarlos, y su limpieza y transformación en información para la toma de decisiones o para la comunicación.

El módulo se atraviesa a partir de un caso de estudio partiendo de un dataset de acceso libre, sobre el cual se trabaja desde la perspectiva de la visualización de datos, la interpretación de los mismos, y la comunicación de resultados mediante infografía,

Se muestran múltiples softwares habituales para representaciones gráficas y tableros gráficos de control teniendo, al igual que en los módulos anteriores, un abanico amplio de opciones. Sin embargo, se centra el análisis en el uso de software de planilla de cálculo, ya sea a través de Microsoft Excel o Google Sheets, entendiendo que el software de planilla de cálculo es una herramienta central en el desarrollo de la carrera y el ejercicio de la profesión.

Este módulo contribuye a insertar en esta etapa formativa inicial de la carrera ciertos fundamentos y criterios que son la base de especialidades en torno al análisis de datos que hoy atraviesan transversalmente el mercado laboral.

2.4 Presentación de los trabajos.

Todos los trabajos que se realizan dentro de este curso tienen como propósito generar documentos de comunicación gráfica. Estos elementos son necesarios, pero no suficientes, para comunicar ideas, ya que consideramos que los trabajos tienen que ser expuestos en forma oral a alguna audiencia para explicar una idea, enseñar algo o motivar hacia un curso de acción, entre otros desafíos habituales de la vida profesional de un ingeniero.

Con esto como punto de partida y en busca de desarrollar esta capacidad en los futuros profesionales de la ingeniería, encontramos que también podemos fomentar el desarrollo de estas habilidades de comunicación y cierto nivel de oratoria. Por ello, invitamos a los estudiantes a presentar pública y oralmente sus trabajos, convencidos de que esto les ayudará como cimiento a lo largo de su carrera universitaria y laboral.

Una primera forma de realizar la práctica de la comunicación oral, es comenzar todas las clases con una sección llamada “Previously On” (previamente en). En estos primeros minutos de clase, buscamos que diferentes alumnos expliquen a docentes y compañeros los temas que se vieron en la clase anterior. Con esto conseguimos refrescar o recordar los temas vistos en la clase anterior y comenzar a fomentar la participación en una situación con relativamente poca exposición o “riesgo” percibido. Adicionalmente se logra el compromiso de los alumnos en cada clase y con lo sucedido en estas.

Además de esta instancia, los alumnos realizan presentaciones de algunos de sus trabajos durante la clase, y además realizan la exposición pública de un trabajo integrador final.

2.5. Evaluación Continua

Se procuró instalar una dinámica de evaluación continua, donde todas las clases tenían un entregable, el cual se corregía y evaluaba, y en caso de ser necesario, se pedía la corrección y/o re-entrega al alumno. Esto sirve un doble propósito de hacer que el estudiante aspire a presentar el mejor trabajo que pueda hacer, sabiendo que si no alcanza cierto estándar, deberá volver a realizar el trabajo y, por otro lado, permite una medición continua del progreso de cada alumno y la detección temprana de los módulos en los que se debe reforzar la enseñanza.

Además de los trabajos regulares de todas las clases, se realizaron dos trabajos integradores, uno cerca de la mitad del programa, incluyendo los conocimientos de los primeros dos módulos; y uno final con componentes de todos los módulos que además debía ser presentado de manera oral a docentes y al resto de la clase.

Se pidió a todos los alumnos que calificaran todas las exposiciones finales, motivando a generar espíritu crítico y a ofrecer feedback sobre el trabajo de los pares. Adicionalmente, se utilizó la corrección entre pares para algunas correcciones realizadas durante la clase, experiencia que resultó muy favorable para que los estudiantes midan sus capacidades frente a la de sus compañeros.

3. APRENDIZAJES

Entre los aprendizajes de haber realizado este curso, se encuentra principalmente haber confirmado el valor y la necesidad de impartir este tipo de conocimientos y herramientas en los primeros años de ingreso a la Universidad. Las herramientas de comunicación gráfica más actualizadas fueron apreciadas por los estudiantes, a la vez que se balanceó la currícula con los contenidos clásicos de dibujo técnico. Lo anterior se comprueba a partir de la devolución de los alumnos en las encuestas anónimas finales, así como también en las más de 120 inscripciones recibidas en la primera semana de apertura del nuevo ciclo en agosto de 2022.

Un factor a mejorar sobre el dictado, es el de modificar la cantidad de trabajos prácticos entregables, ya que la carga de corrección fuera del aula es grande, y sumada a la carga de corrección y tutoría dentro la misma se torna difícil de sostener para el grupo docente.

Conectado con lo anterior, el dictado requiere de un grupo docente relativamente grande y variado, esto no se desea cambiar, pero sin duda es un factor a tener en cuenta para la continuidad y/o escalado del dictado.

4. REPERCUSIÓN Y DEVOLUCIÓN DE LOS ALUMNOS

Se realizaron encuestas de satisfacción anónimas semanales luego de cada clase, preguntando brevemente sobre puntos que resultaron buenos y malos desde el punto de vista de cada estudiante.

Al cierre del curso se realizó una encuesta anónima final, más amplia. En ella se preguntó acerca del parecer sobre cada uno de los módulos incorporados al curso.

La respuesta general fue muy positiva, también se valoró la dinámica práctica del curso y la interacción con los docentes. Incluso para los alumnos que, por su formación inicial de escuela técnica o por haber cursado la asignatura de Medios de Representación, ya tenían sólidos conocimientos de dibujo técnico, se destaca que

Algunos resultados de las 30 respuestas recibidas se vuelcan a continuación, en las Figuras 1 y 2.

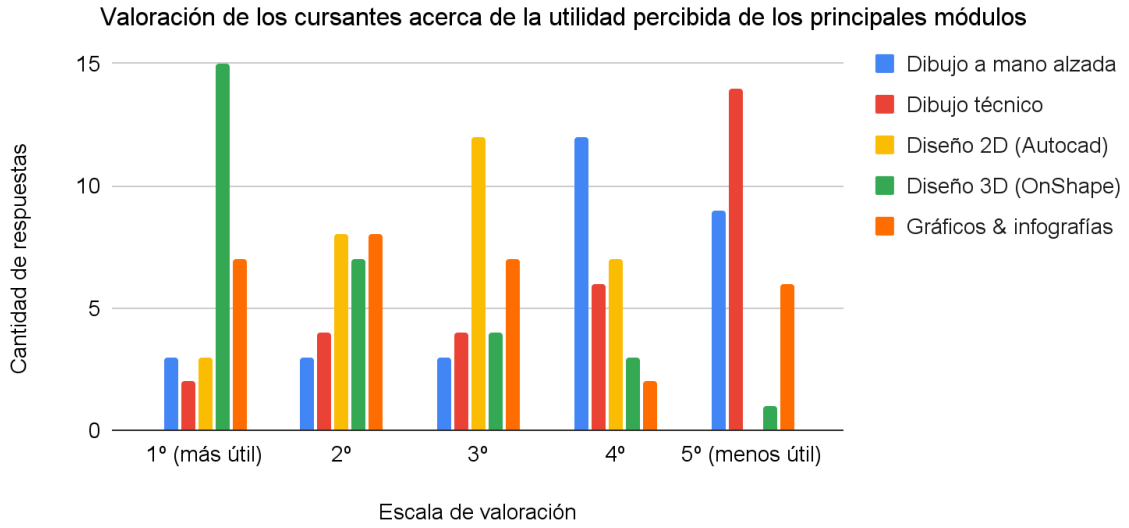


Figura 1 Devolución de los estudiantes acerca del orden de preferencia de los módulos del curso, en cuanto a su utilidad percibida. Fuente: encuesta de cierre de curso.

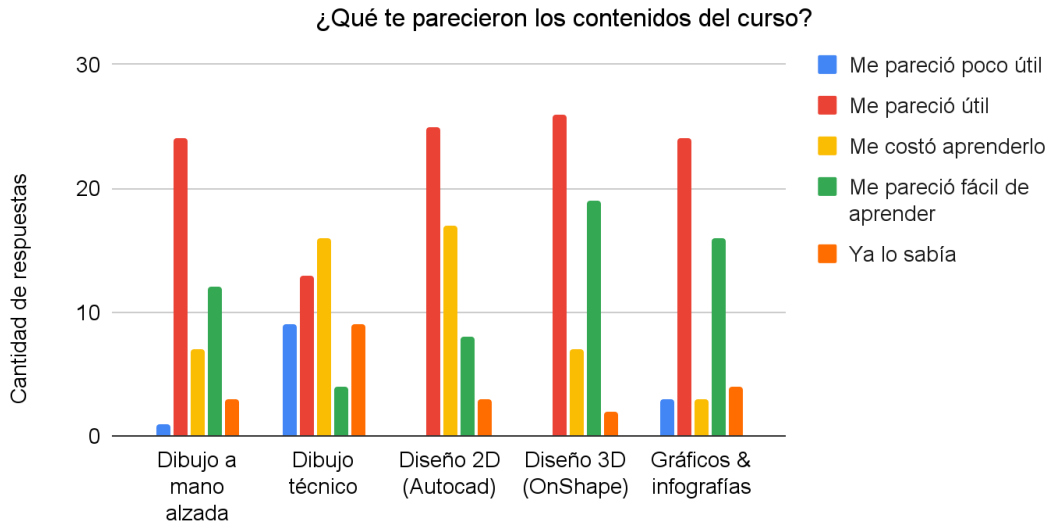


Figura 2 Devolución de los estudiantes acerca de su recepción a los contenidos de los módulos. Se permitió más de una respuesta por módulo, por encuesta. Fuente: encuesta de cierre de curso.

Se rescata de las mismas la valoración positiva de aprender herramientas de diseño por computadora 2D y 3D, incluso cuando hacerlo resultó ser una tarea con cierto grado de dificultad. En este sentido, a los estudiantes les pareció más fácil aprender CAD 3D, en comparación con 2D.

El dibujo técnico y el dibujo a mano alzada resultan, para los estudiantes, herramientas percibidas como no tan útiles, si bien sabemos son indispensables y los cimientos necesarios para los demás conocimientos.

5. CONCLUSIONES

Finalizada la primera experiencia de la actividad Extracurricular Sistemas de Comunicación Gráfica en Ingeniería, podemos concluir que la misma resultó muy positiva tanto para los alumnos como para docentes. Se creó y ejecutó un programa de enseñanza-aprendizaje muy innovador para las carreras de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires en el cual la evaluación de las competencias adquiridas por los alumnos superaron las expectativas planteadas.

Como puede observarse en las encuestas de cierre del curso, las opiniones de los alumnos fueron positivas en relación con los resultados de aprendizajes obtenidos. Vale destacar que las respuestas a muchas de las preguntas nos permitieron mejorar y ajustar en varios aspectos para la próxima edición de esta actividad.

Encontramos dos resultados no esperados que valen la pena destacar. Por un lado, fuimos contactados desde la Universidad Tecnológica Nacional para pedir este nuevo modelo de enseñanza como referencia para implementar en una de sus casas de estudio. Por otro lado, hacia finales del mes de agosto del año 2022, se lanzó la segunda edición de esta actividad en la facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos, y en menos de 36 horas, se obtuvieron más de 120 solicitudes de inscripción, no solo de estudiantes de Ingeniería Industrial, sino también de de otras carreras de ingeniería.

Sin duda, la popularidad del curso entre los propios estudiantes luego de solo una cohorte de prueba, resulta valiosa para confirmar la avidez de este tipo de oferta.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a los alumnos y alumnas que participaron en la primera edición de esta actividad y a los estudiantes y graduados de nuestra casa de estudios que en forma incansable nos proponen realizar actividades en pos de la mejora de las enseñanza Universitaria para capacitación de futuros ingenieros e ingenieras.

E-ACTIVIDADES APLICADAS A LAS PRÁCTICAS EXPERIMENTALES EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA CON ESTUDIANTES DE PRIMER AÑO DE LA UNNE

Capuano, Valeria P. [a]; Delgado Ortiz, María Eugenia [a]; Peyrano, Felicitas [a]; Cardozo, M. [a]

a. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste
valepau89@gmail.com, medelgadoortiz@gmail.com, felicitaspey@gmail.com, marinacardozo2212@yahoo.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se describen nuevas estrategias didácticas utilizadas al regreso del cursado presencial, para la enseñanza en los trabajos prácticos de laboratorio de Química General e Inorgánica de 1er año de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNNE.
La enseñanza a distancia implementada durante la pandemia COVID-19, requirió el diseño y elaboración de nuevos materiales didácticos con e-actividades, basados en las guías de laboratorio destinadas a la práctica experimental presencial. Los mismos permitieron repensar y replantear nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje centradas en el estudiante. Las e-actividades consistieron en materiales audiovisuales de micro-experiencias de laboratorio, filmados y editados por los docentes en el laboratorio de la Facultad; y cuestionarios de autoevaluación online en la plataforma Moodle. Previo al desarrollo del trabajo práctico experimental, se puso a disposición de los estudiantes: videos de las micro-experiencias a realizar en el laboratorio y guías con la técnica operatoria y actividades de aplicación. Luego de la actividad experimental con la guía y acompañamiento docente, se les solicitó a los estudiantes resolver cuestionarios y entrega de los informes en línea. Esta estrategia de aula invertida centrada en el estudiante propició su trabajo autónomo y la apropiación de habilidades, destrezas y saberes necesarios para el desarrollo adecuado y seguro de prácticas experimentales de laboratorio de química.

Palabras Claves: Aula Invertida, Autoaprendizaje, micro-experiencias, micro-clases.

ABSTRACT

In this paper we describe the new didactical strategies used to the return of classroom courses, for the teaching of practical laboratory work at the General and Inorganic Chemistry subject in the first year of the industrial engineering career at UNNE. Distance learning implemented during the COVID-19 pandemic, required the design and making of new didactical materials with e-activities, based on the laboratory guidelines destined to experimental practice in the classroom. They allowed rethinking and reframing new student-centered teaching and learning strategies. E-activities consisted of audiovisual materials of laboratory micro-experiences, filmed, and edited by the teachers in the laboratory of the faculty; and of online self-assessment questionnaires in the Moodle platform. Prior to the development of the experimental practical work, following materials were available to students: videos of the micro-experiences to be done in the laboratory and guidelines with the operative technique and application activities. After the experimental activity, with the guidance and accompaniment of the teacher, students were requested to solve questionnaires and deliver online reports. This student-centered flipped- classroom strategy facilitated its autonomous work and the appropriation of abilities, skills, and wisdoms, necessary for the proper and safe development of experimental chemistry laboratory practices.

Keywords: Flipped classroom, Self-study, micro-experiences, micro-classes.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la universidad se enfrenta a nuevas demandas de la sociedad que la obligan a innovar en metodologías de enseñanza, incorporar las nuevas tecnologías y formar en competencias y habilidades de aprendizaje estratégico y autónomo (Capelari, 2016).

Esto significa un punto de inflexión en la educación superior que plantea la necesidad de resignificar las concepciones de enseñanza y aprendizaje que fundamentan las prácticas educativas en el pasado (Sacchi el al, 2019). Sin embargo, en la educación en general, y particularmente en la educación en ingeniería, aún predominan modelos "tradicionales", centrados en el contenido disciplinar, promotores de actividades enfocadas en memorizar, retener, conocer y comprender contenidos de manera individual, en los que el docente es un transmisor de los conocimientos y protagonista del acto educativo y el estudiante tiene un rol mayormente pasivo (Hernández-Silva y Tecpan Flores, 2017).

En relación al aprendizaje, se trata de comenzar a entenderlo como una acción situada y distribuida, que resulta de los procesos de interacción entre los sujetos y la institución, porque el conocimiento y su adquisición tienen una naturaleza social y cultural (Sacchi et al, 2019).

La enseñanza comienza a concebirse como una "transformación y construcción social de significados y sentidos a través de experiencias educativas compartidas, con un currículum flexible y la inclusión de herramientas tecnológicas y nuevas modalidades de evaluación" (Capellari, 2016, p. 12).

Los nuevos paradigmas en la enseñanza se orientan a otorgar al estudiante un rol protagónico en su aprendizaje, donde se fomente el trabajo en equipo y el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior. Esto supone que los procesos de enseñanza y aprendizaje se ajusten a los nuevos requerimientos, es decir, una educación centrada en el estudiante, con actividades que potencien el desarrollo de habilidades más complejas y aquellas que puedan realizarse en ambientes colaborativos, fomentando el diálogo entre pares, de manera que adquieran nuevas competencias interpersonales.

Este cambio implica pasar de una educación centrada en la enseñanza a una educación basada en metodologías que promuevan el aprendizaje activo del estudiante. En el Aprendizaje Centrado en el Estudiante (ACE), el profesor es el guía que, a partir de su conocimiento y experiencia, como docente y experto de la disciplina, configura las estrategias y acciones necesarias para que el sujeto que aprende sea el que construya el conocimiento. Para Cukierman "este enfoque permite a los estudiantes alcanzar un aprendizaje más auténtico y de mayor significación y persistencia, a la vez que permite desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior" (Cukierman, 2018, p. 31).

Una forma de llevar a la práctica este enfoque en las aulas universitarias y, más específicamente, en las de ingeniería, es a través de la estrategia de Aula Invertida (AI) que propone, como expresan Hernández-Silva y Tecpan-Flores (2017): "invertir las actividades realizadas habitualmente en el aula para dar paso a otras que favorezcan el aprendizaje en entornos colaborativos" (p. 193-204) y, por su parte, dentro del aula, con la presencia, guía y experiencia del docente, potenciar y facilitar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos. Con la clase invertida se cambia el modelo de trabajo y se invierten los papeles de una clase tradicional gracias al apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). De esta manera, la exposición del docente se sustituye por una serie de materiales en línea, que pueden ser vídeos, guías, presentaciones, etc. que el alumno puede consultar y visualizar las veces que necesite y que pueden incluir el contenido teórico y procedimental de una materia. El tiempo de clase presencial con el docente como guía se dedica a la realización de tareas que requieren de mayor interacción y participación con los compañeros o del asesoramiento más personalizado por parte del docente/tutor (Sanchez-Rodriguez et al, 2014). Esta estrategia didáctica permite "actualizar y consolidar el actual modelo de formación de ingenieros" y "consolidar un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante", como se indica en la Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en Argentina (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería [CONFEDI], 2018). El foco de esta propuesta está en posibilitar que los estudiantes construyan sus conocimientos de manera significativa, situada y colaborativa y desarrollen competencias y habilidades académicas y profesionales en aras de mejorar la calidad educativa (Sacchi et al, 2019).

En el modelo de AI gran parte de la obtención del conocimiento ocurre mediante el aprendizaje autónomo, fuera del aula y la realización de actividades y prácticas se hacen con el apoyo de los compañeros y el docente, transfiriendo el control del aprendizaje al estudiante (Hernández-Silva y Tecpan Flores, 2017).

La selección y combinación de actividades didácticas propuestas por el docente, dentro y fuera del aula, son presentadas a los estudiantes para que las realicen en un espacio de mediación vía medios digitales en conectividad (entorno “e”), constituyen las “e-actividades”. Así, las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), representan una excelente oportunidad para la realización de las clases con este modelo ya que permiten que el alumno trabaje con mayor autonomía, constituyen herramientas que facilitan el intercambio de información entre el docente y los estudiantes y favorecen el desarrollo de habilidades digitales necesarias para la sociedad del conocimiento (Hernández-Silva y Tecpan Flores, 2017).

1.1. Desarrollo

La propuesta educativa estuvo dirigida a estudiantes de la asignatura Química General e Inorgánica del primer año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). El número de estudiantes que cursan la asignatura cada año asciende a 120 en promedio. En la estructura curricular de la carrera, la materia pertenece a la Ciencias Básicas de la Ingeniería. El equipo docente está integrado por una profesora titular, dos jefas de trabajos prácticos y una auxiliar docente de primera.

Esta materia está organizada en clases expositivas de teoría y clases prácticas, estas últimas se distribuyen entre prácticas experimentales de laboratorio y clases de resolución de problemas. Para las prácticas experimentales el equipo docente provee a los estudiantes de guías de laboratorio en las que se detallan las técnicas operatorias correspondientes a las diferentes experiencias a realizar, sus fundamentos y recomendaciones de seguridad para prácticas seguras.

La enseñanza a distancia implementada durante la pandemia COVID-19, requirió el diseño y elaboración de nuevos materiales didácticos con e-actividades basados en las guías de laboratorio y problemas destinados al cursado presencial. Los mismos consistieron en materiales audiovisuales de micro-experiencias de laboratorio y micro-clases de problemas, junto con cuestionarios de autoevaluación de entorno virtual de enseñanza aprendizaje (EVEA) Moodle con preguntas de opciones múltiples (POM). Se logró con esto reemplazar las explicaciones docentes de los encuentros presenciales por un recurso multimedial, haciendo provecho de la ubicuidad de las tecnologías y la posibilidad de acceso casi sin restricciones de tiempo ni espacio que ofrecen a los estudiantes, con la flexibilidad temporo-espacial que eso implica. En consecuencia, estos espacios virtuales les permitieron a los estudiantes aprender en cualquier momento y lugar, favoreciendo la adquisición de aprendizajes significativos y propiciando su autonomía.

En el año 2022, al regreso al cursado presencial, el equipo docente rediseñó la planificación de la asignatura incorporando e integrando los materiales didácticos digitales y las e-actividades producidos durante los años 2020 y 2021 a la propuesta formativa. De esta manera, se buscó la implementación de una innovación educativa que consistió esencialmente en una nueva propuesta formativa para la enseñanza de la química que combinó la enseñanza en línea y la educación presencial, con la implementación de determinadas estrategias de enseñanza, empleando el aula virtual como medio de unión del nuevo contexto virtual formulado.

Se emplearon las estrategias del Aula Invertida, exposición y discusión; y resolución de casos o análisis basado en problemas (ABP) en las clases prácticas de laboratorio y problemas, empleando los materiales audiovisuales y las e-actividades del Aula Virtual en el EVEA Moodle integrados a las clases prácticas presenciales. Se buscó la implementación de un modelo de Aprendizaje Centrado en el Estudiante de Ingeniería (ACEDI), basado en el desarrollo de competencias en coherencia con el cambio de paradigma para mejorar la formación de profesionales de la ingeniería.

En cuanto a los cuestionarios Moodle el diseño del tipo de pregunta se basaban en las preguntas de opciones múltiples (POM). “Las POM tienen un papel importante en medir los conocimientos, un papel limitado en medir destrezas y un papel creciente o naciente en medir algunos aspectos de las habilidades” (Haladyna et al, 2002). “El video con fines didácticos constituye una excelente vía para el logro de aprendizajes significativos, cuando está acompañado con una guía que oriente al aprendiz y al docente, en las distintas fases del proceso de enseñanza-aprendizaje” (García Matamoros, 2014).

Las innovaciones implementadas sirvieron para el desarrollo de las siguientes competencias genéricas de egreso (CONFEDI, 2018):

- Competencias tecnológicas

La naturaleza experimental de la asignatura aporta a la siguiente competencia genérica, pero en forma acotada:

(4) *Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la ingeniería:* se promueve el análisis crítico, la interpretación adecuada y la justificación de los resultados obtenidos.

· Competencias sociales, políticas y actitudinales

(6) *Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo:* la realización de los ensayos experimentales promueve la organización de los estudiantes en grupos de trabajo colaborativo. Reunidos explican, justifican, argumentan y consensuan sus puntos de vista y opiniones con sus compañeros. Asimismo, la ejecución de las experiencias de laboratorio les demanda la distribución de las tareas experimentales, siempre supervisadas por el docente.

(7) *Comunicarse con efectividad:* la redacción de los informes de laboratorio propicia el uso del vocabulario y la terminología específicos, la interpretación de los resultados de los ensayos con la incorporación de diagramas, gráficos y utilizando el lenguaje escrito y formal adecuado. Se enfatiza en la interpretación y justificación de lo observado en el laboratorio con los conceptos teóricos abordados.

(8) *Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social:* las prácticas experimentales en el laboratorio contribuyen a esta competencia ya que allí se estimula que los estudiantes comprendan la necesidad de actuar responsable y éticamente, cumpliendo con las normas de seguridad estipuladas en la manipulación de reactivos químicos y al realizar las operaciones de laboratorio. La incorporación de estas pautas de conducta garantiza la seguridad propia y de sus compañeros (Estrella y Almazán, 2019).

1.2. Materiales

A continuación, se describe todos los materiales digitales didácticos y e-actividades implementados durante el cursado 2022:

- Micro-experiencias de laboratorio: videos con el desarrollo de las técnicas de laboratorio de las diferentes guías de trabajos prácticos, acompañados con explicaciones. Los mismos fueron filmados y editados por el equipo docente durante el aislamiento 2021 en el laboratorio de la FCA.
- Micro-clases de problemas: videos explicativos cortos (5-7 min.) de determinados problemas tipo de la guía de seminario de problemas, desarrollados y explicados en el pizarrón como si estuvieran en una clase presencial. Los mismos fueron filmados y editados por el equipo docente durante el aislamiento 2020.
- Cuestionarios online: cuestionarios de autoevaluación a través del recurso actividades de Moodle, con preguntas de opciones múltiples (POM) (convencionales, arrastrar la palabra, verdadero-falso, emparejamiento, entre otros) para los laboratorios y problemas. Individuales y con la posibilidad de resolver hasta 3 veces.
- Problemas resueltos: archivos de texto con algunos problemas resueltos, con la explicación conceptual y desarrollo numérico.

1.3. Resultados

La propuesta formativa ha intervenido en las clases prácticas obligatorias. Las mismas se desarrollaron a través de la integración de actividades virtuales asincrónicas y actividades presenciales, usando como entorno virtual estructurante de la modalidad virtual el EVE-A Moodle

Se propició el trabajo grupal y colaborativo a través de la conformación de grupos pequeños de estudiantes con actividades grupales de resolución de problemas y discusión de resultados que propiciaron aprendizajes autodirigidos en espacios y tiempos dentro y fuera del aula. Cada tema se inició siguiendo la estrategia del aula invertida gracias al apoyo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), parte de la explicación del docente fue reemplazada por materiales en línea. El tiempo en el aula se destinó a facilitar procesos de adquisición del conocimiento como la discusión y autocorrección de las resoluciones halladas a los problemas propuestas en las guías, con la presencia y guía del docente.

2. CONCLUSIONES

La implementación de esta nueva propuesta formativa para la enseñanza de la química, que combina la enseñanza en línea y la educación presencial, con una gran variedad de recursos como materiales digitales didácticos y e-actividades, acompañaron el estudio independiente de los estudiantes brindando la posibilidad de aprender en cualquier momento y lugar, favoreciendo la adquisición de aprendizajes significativos y propiciando un trabajo con mayor autonomía por parte del sujeto que aprende.

Se destaca el rol activo individual y grupal alcanzado con esta propuesta formativa centrada en el estudiante. Estas actividades constituyen herramientas que facilitan el intercambio de información entre el docente y los estudiantes y favorecen el desarrollo de habilidades digitales necesarias para la sociedad del conocimiento.

Desarrollar una acción formativa en escenarios virtuales puede llegar a determinar nuevas formas de pensar el proceso de enseñanza, a partir del planteo de otras relaciones entre los sujetos, el sujeto y el conocimiento, docentes y estudiantes, los espacios y los tiempos, y constituyen una oportunidad para que los alumnos desarrollen competencias y habilidades académicas y profesionales que mejoran significativamente su calidad educativa.

3. REFERENCIAS

Capelari, M. (2016). *El rol del tutor en la universidad. Configuraciones, significados y prácticas*. Buenos Aires, Argentina. Ed. SB Editorial.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería - CONFEDI. (2018). *Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina*. Libro Rojo de CONFEDI, Editores: Giordano Lerena R.; Lozano Moncada C.

Cukierman. U.R. (2018). *Aprendizaje centrado en el estudiante: un enfoque imprescindible para la educación en ingeniería.* Buenos Aires, Argentina. FR Buenos Aires, Universidad Tecnológica Regional.

Estrella, M. B. y Almazán, M. L. (2019). La introducción de las TICs en la enseñanza de Química para Ingeniería y su influencia en la adquisición de competencias genéricas. En: Cukierman R. y Kalocai, G. (comp). *El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en ingeniería* (pp. 92-103). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ed. Edutecne.

García Matamoros, M. A. (2014). Uso Instruccional del video didáctico. *Revista de investigación*, 38(81), 43-68. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140396002.pdf

Gros, B. (2015). La caída de los muros del conocimiento en la sociedad digital y las pedagogías emergentes. *Education in the Knowledge Society (EKS)*.16(1), 58–68. https://doi.org/10.14201/eks20151615868

Haladyna, T., Haladyna, R., y Merino Soto, C. (2002). Preparación de preguntas de opciones múltiples para medir el aprendizaje de los estudiantes. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación*, 1-17. Recuperado de:

https://rieoei.org/historico/deloslectores/267Haladyna.PDF

Hernández-Silva, C. y Tecpan Flores, S. (2017). Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: un estudio de caso en la formación de profesores de física. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(3), 193-204. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052017000300011

Sacchi, D., Dusau, J. y Cazzola, G. (2019). La “clase invertida” y el desarrollo de competencias: una propuesta didáctica para introducir los espectros de frecuencia discretos. En: Cukierman R. y Kalocai, G. (comp). *El enfoque por competencias en las ciencias básicas: casos y ejemplos en educación en ingeniería* (pp. 430-441). Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Ed. Edutecne.

Sanchez-Rodriguez, J., Ruiz-Palmero, J. y Sánchez Vega, E. (julio de 2014). *Las clases invertidas: beneficios y estrategias para su puesta en práctica en la educación superior.* Ponencia presentada en el XIX Congreso Internacional de Tecnologías para la Educación y el Conocimiento - VI Congreso Pizarra Digital, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Málaga. Madrid, España.

UN APORTE AL DESARROLLO DE "SOFT SKILLS" EN INGENIERÍA INDUSTRIAL. EXPERIENCIA EN ANÁLISIS NUMÉRICO Y CÁLCULO AVANZADO

Georgina Rodríguez, Marta Caligaris, Lorena Laugero e Iván Depaoli

Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional
gie@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Cualidades como la creatividad, la originalidad, la inteligencia social y emocional son claves para las profesiones del futuro. La formación académica en carreras de ingeniería debe ir mucho más allá de la formación técnica y la capacitación tecnológica, debe incluir también habilidades vinculadas a la comunicación eficiente y al trabajo en equipo, entre otras.

En el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, asignatura de tercer año del plan de estudios de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, UTN, a partir de las competencias de egreso propuestas por el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería) se sumó a los contenidos específicos de la materia el desarrollo de algunas habilidades blandas. En particular, el desarrollo de actividades relacionadas con la comunicación, tanto oral como escrita.

En el ciclo lectivo 2022, se realizó una experiencia donde se les propuso a los estudiantes un trabajo práctico grupal donde debían elegir un problema ingenieril, preferentemente relacionado con la carrera, para ser resuelto con las técnicas numéricas aprendidas en la asignatura. Luego, debían hacer una exposición oral describiendo el proceso de resolución efectuado y mostrando las ventajas y desventajas de los métodos aplicados. Este trabajo tiene como objetivo mostrar la experiencia de cátedra realizada, presentar los resultados obtenidos y dar a conocer la opinión de los alumnos sobre la realización de este tipo de actividades en "materias duras" de la carrera.

Palabras Claves: competencias de egreso, habilidades blandas, comunicación oral, resolución de problemas, evaluación.

ABSTRACT

Qualities such as creativity, originality, social and emotional intelligence are key to the professions of the future. Academic training in engineering careers must go far beyond technological training, it must also include skills related to efficient communication and teamwork, among others.

In the Numerical Analysis and Advanced Calculus course, included in the third level of the Industrial Engineering curriculum of Facultad Regional San Nicolás, UTN, considering the graduation skills in engineering careers proposed by the CONFEDI (Federal Council of Deans of Engineering) the development of some soft skills was added to the specific contents of the subject. In particular, the development of activities related to verbal and written communication.

In 2022 an experience was carried out where students were proposed a practical group work where they had to choose an engineering problem, preferably related to the career, to be solved with the numerical techniques learned in the subject. Then, they had to make an oral presentation describing the resolution process carried out and showing the advantages and disadvantages of the applied methods. The aim of this work is to present the experience carried out, results obtained, and the opinion of the students about carrying out this type of activities in "hard subjects" of the career.

Keywords: graduation competencies, soft skills, oral communication, problem resolution, assessment

1. INTRODUCCIÓN

A mediados de mayo de 2021, por Resoluciones 1537 a 1566/2021 del Ministerio de Educación, se aprobaron los Contenidos Curriculares Básicos, Carga Horaria Mínima, Criterios de Intensidad de la Formación Práctica y Estándares para la Acreditación de las Carreras de Ingeniería. Los Contenidos Curriculares Básicos se clasifican conceptualmente en 4 bloques: Ciencias Básicas de la Ingeniería, Tecnologías Básicas, Tecnologías Aplicadas y Ciencias y Tecnologías Complementarias. En el curso de los distintos bloques, y de manera transversal de acuerdo con las decisiones de cada carrera, se debe desarrollar la formación relacionada con diferentes ejes: fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo, fundamentos para una comunicación efectiva, fundamentos para una actuación profesional ética y responsable, fundamentos para el aprendizaje continuo, entre otros. Cada institución determina qué estrategias utilizará para asegurar estas competencias de egreso, comunes a todas las carreras de ingeniería.

La evaluación de estas competencias debe suponer un proceso continuo que se hace a medida que se llevan a cabo las actividades de aprendizaje. De esta manera, no se evalúa al final, sino paralelamente a la realización de las actividades (Tobón Tobón et al., 2010).

Durante su vida universitaria, los estudiantes de ingeniería deben comenzar a desarrollar la capacidad de brindar soluciones originales y creativas a distintos problemas de la vida real. Las carreras tradicionales basadas en la tecnología, como las ingenierías, ahora enfrentan además el desafío de mejorar las habilidades multidisciplinarias, colaborativas y empresariales (Caten et al., 2019).

En el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, asignatura del tercer nivel de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, UTN, se empezó a trabajar en este sentido. En el ciclo lectivo 2022 se realizó una experiencia donde se les propuso a los estudiantes un trabajo práctico grupal donde se les pedía elegir un problema ingenieril, preferentemente relacionado con la carrera, para luego ser resuelto con las técnicas numéricas aprendidas en la asignatura. Finalmente, debían hacer una exposición oral describiendo el problema elegido, los métodos aplicados y las soluciones obtenidas junto con las ventajas y desventajas de cada uno.

Este trabajo tiene como objetivo mostrar la experiencia de cátedra realizada, presentar los resultados obtenidos y dar a conocer la opinión de los alumnos sobre la realización de este tipo de actividades en “materias duras” de la carrera.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La comunicación

La falta de conocimiento y organización en los estudios relacionados con la importancia de las habilidades blandas para los ingenieros está ligada al hecho de que generalmente se dan por sentadas. Entre las habilidades blandas más importantes en el ejercicio de la ingeniería se encuentra la comunicación, tanto oral como escrita.

Dado que los ingenieros están constantemente en contacto con otras personas, sean clientes, proveedores, consumidores, e incluso autoridades, así como con otros colegas de diferentes campos, la capacidad de expresarse de manera eficiente y clara es clave para ellos. Inclusive, el conocimiento de un segundo idioma es obviamente una ventaja para quienes trabajan en un entorno extranjero, ya sea en otro país o tratando con clientes de otras partes del mundo (de Campos et al., 2020).

La comunicación verbal facilita el diálogo y ayuda a desarrollar argumentos para enunciar o defender una idea. También ayuda en la orientación de nuevos colaboradores, la comunicación entre colegas y la información efectiva de los conceptos y alcances del proyecto a los clientes y/o gerentes. La capacidad de escuchar con atención y comunicarse sin ambigüedades, facilita la resolución de problemas de ingeniería.

2.2. Los métodos numéricos en la resolución de problemas ingenieriles

Debido a la gran dificultad para obtener soluciones analíticas de problemas ingenieriles, se ha recurrido, históricamente, al uso de modelos simplificados. Si bien la aplicación de este procedimiento ha dado muy buenos resultados y aún lo sigue haciendo, y es lo que constituye la denominada “ingeniería práctica”, es importante notar que se trata de una metodología que presenta algunas limitaciones en cuanto a las posibilidades de análisis, hecho que se hace más evidente si se consideran las posibilidades que presenta la tecnología moderna.

Por esta razón, es importante que los estudiantes de ingeniería aprendan métodos numéricos que permitan aproximar la solución de problemas cuya solución analítica no es posible obtener.

Por otra parte, tal como sostienen Hasanah y Surya (2017), la habilidad de la resolución de problemas en el aprendizaje de matemática estimula a los alumnos a realizar una autoevaluación de sus resultados de aprendizaje. Los estudiantes, al aplicar lo aprendido en la resolución de un problema de aplicación relacionado con la carrera se sienten satisfechos por haber encontrado la solución y, además, perciben la utilidad de lo aprendido.

2.3. El proceso de evaluación

Se evalúa para medir los aprendizajes de los alumnos. Una forma de hacerlo es mediante la determinación de resultados de aprendizaje, es decir, enunciados acerca de lo que se espera que el estudiante deba saber, comprender y / o ser capaz de demostrar al término de un período de aprendizaje (Gosling y Moon, 2001, citado en Kennedy, 2007). De los resultados de aprendizaje establecidos se desprenden criterios de evaluación, o sea, principios, ideas o normas de valoración en relación a los cuales se emite un juicio valorativo sobre el objeto evaluado (García Sánchez, 2010), Por medio de ellos, es posible entender qué conoce, comprende y sabe hacer el alumno, lo que exige una evaluación de sus conocimientos teóricos, su capacidad de resolución de problemas, sus habilidades orales y sociales, entre otros aspectos. Esta autora sugiere las siguientes recomendaciones para definir los criterios de evaluación:

- determinar, para cada contenido, qué competencias se espera desarrollar y establecerle un criterio de evaluación.
- especificar claramente el tipo y grado de aprendizaje que se pretende que el alumno alcance.
- establecer un aprendizaje mínimo y, a partir de él, fijar diferentes niveles para evaluar la diversidad de aprendizajes.

Una manera útil de organizar los criterios de evaluación, establecidos a partir de los resultados de aprendizaje, para la corrección, es mediante una rúbrica. Precisamente, una rúbrica es un registro evaluativo que posee ciertos criterios o dimensiones a evaluar y lo hace siguiendo ciertos niveles o gradaciones de calidad y tipificando los estándares de desempeño (Cano, 2015). Uno de los principales beneficios de su uso se basa en el valor formativo y formador que tienen. Tal como sostienen Torres y Perera (2010):

> La rúbrica tiene un doble valor en el uso que le damos cuando trabajamos con ella en nuestra práctica educativa. De una parte, es una herramienta de evaluación que debe entenderse en un contexto diferente al de la evaluación convencional. La rúbrica no sólo pretende evaluar los conocimientos del alumnado, sino que, además, debe servir como herramienta de reflexión que le permita tomar conciencia de lo aprendido. De otra parte, también sirve al alumnado como guía para cumplimentar las partes en las que se estructura una actividad. Precisamente, esta última función apoya la acción tutorial del docente (p. 148).

Mediante la publicación de la rúbrica, los estudiantes pueden conocer cómo van a ser evaluados sus trabajos y qué cuestiones deben tener en cuenta para mejorar los resultados en las distintas instancias evaluativas.

3. EXPERIENCIA DE CÁTEDRA

Dentro de los objetivos de la materia Análisis Numérico y Cálculo Avanzado, se encuentran la resolución de problemas de aplicación y el desarrollo y afianzamiento de aspectos vinculados a la comunicación, tanto oral como escrita. Con este fin, en las cartillas de actividades se incluyen por un lado, ejercicios conceptuales donde los estudiantes deben explicar, fundamentar, justificar, apelando al marco teórico, y por otro, problemas de aplicación en ingeniería. También se plantea la resolución de trabajos prácticos donde los alumnos deben proponer y/o resolver problemas además de poner en juego habilidades vinculadas a la comunicación.

En las siguientes secciones, se explicarán los aspectos más importantes de la actividad que se les planteó a los estudiantes como cierre del primer cuatrimestre de la materia.

3.1. Trabajo práctico propuesto

La Figura 1 muestra el trabajo práctico asignado a los alumnos.

1. Formar grupos de tres a cuatro integrantes.
2. Cada grupo deberá seleccionar algún problema ingenieril cuya modelización esté relacionada con alguno de los temas estudiados en la asignatura durante el primer cuatrimestre:
   - Ecuaciones no lineales
   - Sistemas de ecuaciones lineales
   - Integración Numérica
   - Interpolación y ajuste de curvas.

   Luego deberá resolverlo aplicando todos los métodos numéricos estudiados posibles.
3. Cada grupo deberá exponer en forma oral el trabajo realizado, al resto de los compañeros. En la exposición deberán, según su criterio, exponer cuáles son las principales ventajas y desventajas de los métodos numéricos aplicados para obtener la solución del problema elegido.
4. Cada grupo contará con un tiempo máximo de diez minutos para hacer su presentación. Para realizar la exposición, podrán utilizar presentaciones digitales y/o pizarrón. Todos los integrantes del grupo deberán participar en la exposición oral.
5. Los docentes serán las personas que cederán la palabra a cada uno de los grupos y quienes controlarán el tiempo de las exposiciones.
6. Los docentes podrán hacer intervenciones al finalizar la exposición de cada grupo, en caso que se hubieren detectado errores o se hayan planteado dudas.

Figura 1. Trabajo práctico propuesto

Esta actividad tenía como intención que los estudiantes:

- buscaran un problema de aplicación que pudiera ser modelizado mediante alguno de los temas dados en la asignatura en el primer cuatrimestre: ecuaciones no lineales, sistemas de ecuaciones lineales, integración numérica, aproximación y ajuste de curvas
- aplicaran alguno de los métodos numéricos estudiados para obtener la solución de un problema ingenieril.
- explicaran, de manera clara y concisa, cómo se aplica el método numérico seleccionado al problema propuesto.
- comunicaran la información, utilizando un lenguaje pertinente al contexto de la situación.
- expusieran y defendieran su trabajo ante sus compañeros y profesores.

3.2. Resultados de aprendizaje establecidos

En el trabajo práctico propuesto, se plantearon los siguientes resultados de aprendizaje:

- **R1:** aplican los métodos numéricos estudiados para resolver el problema propuesto considerando las características que presenta el mismo.
- **R2:** muestran los resultados más importantes del trabajo realizado por el grupo para socializarlos de acuerdo a las pautas planteadas.
- **R3:** comunican el proceso de resolución del problema de forma oral en un lenguaje pertinente al contexto de la situación e intención comunicativa.

3.3. Criterios de evaluación planteados

A continuación, se enuncian los criterios de evaluación considerados para analizar el grado de concreción de cada uno de los resultados de aprendizaje establecidos.

CR1.1: Plantean el modelo matemático que describe al problema considerando las condiciones impuestas.

CR1.2: Calculan y comparan las soluciones obtenidas al aplicar los métodos numéricos estudiados.

CR1.3: Interpretan la solución numérica obtenida para dar respuesta al problema propuesto.

CR2.1: Presentan la información que se quiere comunicar de manera organizada.

CR2.2: Confeccionan una presentación empleando de manera adecuada las normas gramaticales y ortográficas.

CR2.3: Realizan una presentación con un diseño original y creativo.

CR3.1: Explican el proceso de resolución del problema propuesto de manera ordenada, comprensible y detallada.

CR3.2: Emplean un vocabulario adecuado al contexto de la situación e intención comunicativa en su exposición oral.

CR3.3: Utilizan en su exposición de forma adecuada las normas gramaticales y no realizan repeticiones innecesarias de palabras.

CR3.4: Emplean en su explicación un tono de voz y ritmo pertinente para mantener el interés de quien lo mire.

CR3.5: Mantienen contacto visual con la audiencia durante la explicación realizada.

CR3.6: Efectúan una exposición que demuestra que todos los integrantes del grupo han colaborado en la resolución del problema.

CR3.7: Confeccionan una presentación con una duración según el tiempo establecido.

3.4. Rúbrica elaborada para evaluar la presentación

Las Tablas 1 a 3 muestran la rúbrica elaborada para la corrección del trabajo práctico propuesto, por cada resultado de aprendizaje.

Tabla 1: Rúbrica elaborada considerando el primer resultado de aprendizaje.

	Debe mejorar (2 puntos)	**Bueno** (6 puntos)	**Avanzado** (10 puntos)
CR1.1 (5%)	No escriben el modelo matemático que representa al problema.	Escriben con muchos errores el modelo matemático que representa al problema.	Escriben adecuadamente el modelo matemático que representa al problema.
CR1.2 (20%)	No aplican de manera adecuada los métodos numéricos y tampoco comparan correctamente las soluciones obtenidas.	Aplican con errores los métodos numéricos y no comparan correctamente las soluciones obtenidas.	Aplican de manera adecuada los métodos numéricos y comparan correctamente las soluciones obtenidas.
CR1.3 (5%)	No escriben la solución del problema.	Escriben con muchos errores la solución del problema.	Escriben sin errores la solución del problema.

Tabla 2: Rúbrica elaborada considerando el segundo resultado de aprendizaje.

	Debe mejorar (2 puntos)	**Bueno** (6 puntos)	**Avanzado** (10 puntos)
CR2.1 (15%)	No realizan una presentación bien estructurada del proceso de resolución del problema.	Realizan una presentación poco estructurada del proceso de resolución del problema.	Realizan una presentación bien estructurada del proceso de resolución del problema.
CR2.2 (5%)	En la presentación, no respetan las normas gramaticales y ortográficas.	En la presentación, no respetan en algunos casos las normas gramaticales y ortográficas.	En la presentación, respetan las normas gramaticales y ortográficas.
CR2.3 (5%)	La presentación no tiene un diseño atractivo para mantener la atención de la audiencia.	La presentación tiene un diseño poco atractivo para mantener la atención de la audiencia.	La presentación tiene un diseño atractivo para mantener la atención de la audiencia.

Tabla 3: Rúbrica elaborada considerando el tercer resultado de aprendizaje.

	Debe mejorar (2 puntos)	**Bueno** (6 puntos)	**Avanzado** (10 puntos)
CR3.1 (15%)	No realizan una explicación clara, minuciosa y bien	Realizan una explicación clara pero poco minuciosa y no muy bien organizada	Realizan una explicación clara, minuciosa y bien

	organizada del proceso de resolución del problema.	del proceso de resolución del problema.	organizada del proceso de resolución del problema.
CR3.2 (5%)	No utilizan en su explicación un vocabulario pertinente y técnico.	Utilizan en su explicación un vocabulario pertinente y poco técnico.	Utilizan en su explicación un vocabulario pertinente y técnico.
CR3.3 (5%)	En la explicación no emplean adecuadamente las normas gramaticales y utilizan latiguillos	En la explicación emplean de forma poco adecuada las normas gramaticales y utilizan latiguillos.	En la explicación emplean adecuadamente las normas gramaticales y no emplean latiguillos.
CR3.4 (5%)	No usan en su explicación un tono de voz y ritmo adecuado para mantener la atención de la audiencia.	Usan en su explicación un tono de voz y ritmo poco adecuado para mantener la atención de la audiencia.	Usan en su explicación un tono de voz y ritmo adecuado para mantener la atención de la audiencia.
CR3.5 (5%)	Los miembros del grupo no miran a la audiencia mientras realizan las explicaciones y leen de la presentación.	Los miembros del grupo sólo a veces miran a la audiencia mientras realizan las explicaciones y leen parte de la presentación.	Los miembros del grupo siempre miran a la audiencia mientras realizan las explicaciones.
CR3.6 (5%)	Uno de los integrantes del grupo es quien realiza la explicación del proceso de resolución del problema.	Algunos de los integrantes del grupo participan en la explicación del proceso de resolución del problema.	Todos los integrantes del grupo participan en la explicación del proceso de resolución del problema.
CR3.7 (5%)	La duración de la presentación no se ajusta en absoluto al tiempo establecido.	La duración de la presentación no se ajusta al tiempo establecido pero el desfasaje no es considerable.	La duración de la presentación se ajusta de manera precisa al tiempo establecido.

Esta rúbrica, junto con los criterios de evaluación, fue publicada, en la plataforma Moodle que se utiliza para el desarrollo de los cursos (Campus Virtual Global de la FRSN) cuando se propuso la realización del trabajo práctico.

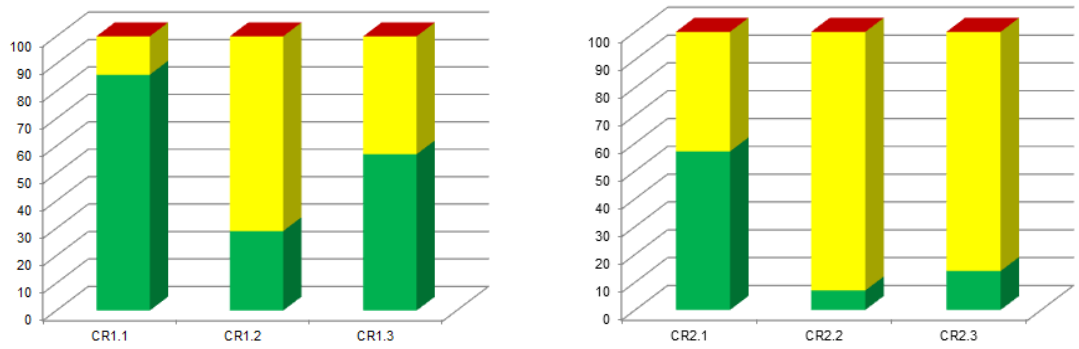
4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se acudió a la aplicación de herramientas provenientes de la estadística descriptiva para realizar una rápida lectura de los resultados obtenidos por los estudiantes. Por medio de la construcción de tablas de frecuencias, gráficos porcentuales y cálculo de parámetros de tendencia central, se sintetizó toda la información relevada. A continuación, se presenta la tabulación efectuada y una breve descripción de los resultados obtenidos.

4.1. Resultados obtenidos al evaluar la presentación con la rúbrica

Las Figuras 2 y 3 muestran los resultados obtenidos al tabular la información recabada teniendo en cuenta los criterios de evaluación establecidos y los niveles de dominio. En ellas, el color rojo representa que los estudiantes deben mejorar en ese criterio, el amarillo simboliza que ese criterio fue alcanzado con un nivel bueno, mientras que el color verde indica que el criterio fue conseguido con un nivel avanzado.

La Figura 2(a) muestra los resultados obtenidos en los criterios de evaluación correspondientes al primer resultado de aprendizaje. Como se puede ver, todos los estudiantes pudieron escribir el modelo matemático que representaba al problema propuesto ya sea correctamente o con pequeños errores (CR1.1).



(a) (b)

Figura 2. Resultados obtenidos en los criterios de evaluación correspondientes a los dos primeros resultados de aprendizaje

El 71% de los alumnos aplicó con errores los métodos numéricos estudiados o no comparó las soluciones obtenidas de manera adecuada (CR1.2). Estos resultados permiten deducir que un alto porcentaje de alumnos tuvo dificultades vinculadas al cálculo y análisis de una solución numérica.

Con respecto a la interpretación de la solución numérica obtenida para dar respuesta al problema propuesto, el 57% de los estudiantes logró escribir la solución sin errores (CR1.3).

Como se puede observar en la Figura 2(b), la totalidad de los alumnos pudo confeccionar una presentación donde se mostraba la información de manera organizada (CR2.1). El 43% de los estudiantes alcanzó este criterio con un nivel bueno.

Sólo el 7% de los estudiantes escribe la información que desea presentar empleando de manera adecuada las normas gramaticales y ortográficas (CR2.2). Los errores más frecuentes fueron: el uso incorrecto de los signos de puntuación y la no acentuación de ciertas palabras.

El 86% de los alumnos realizó una presentación con un diseño poco atractivo para mantener la atención de la audiencia (CR2.3). Una de las cuestiones que se resaltó en este criterio, es el tamaño de letra empleado en las presentaciones, lo cual dificultaba la lectura de la información que contenía cada una de las diapositivas.

Con respecto a los resultados obtenidos en los criterios de evaluación correspondientes al tercer resultado de aprendizaje, mostrados en la Figura 3, se puede concluir que las mayores dificultades se presentaron en los criterios CR3.1 y CR3.2: el 71% de los alumnos realiza una explicación clara pero poco minuciosa y no muy bien organizada del proceso de resolución del problema, mientras que el 86% de los estudiantes utiliza en su explicación un vocabulario pertinente pero poco técnico.

Un alto porcentaje, alrededor del 79%, usó en su explicación un tono de voz y ritmo adecuado para mantener la atención de la audiencia (CR3.4).

El 43% de los alumnos, dirigió a veces la mirada a la audiencia, mientras realizaban las explicaciones, debido a que leían parte de la presentación (CR3.5).

En cuanto a los criterios CR3.3, CR3.6 y CR3.7, la totalidad de los alumnos alcanzaron estos criterios con un nivel avanzado ya que realizaron una exposición donde emplearon adecuadamente las normas gramaticales, todos los miembros de los distintos grupos participaron de la explicación del proceso de resolución del problema y elaboraron una presentación con una duración según el tiempo establecido.

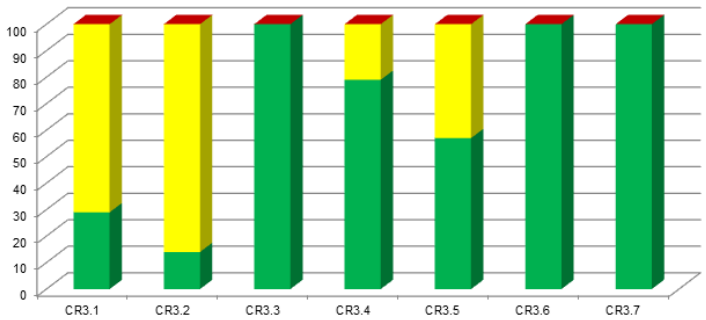


Figura 3. Resultados obtenidos en los criterios de evaluación correspondientes al tercer resultado de aprendizaje

4.2. Encuesta realizada a los alumnos

Con el objetivo de conocer la opinión de los alumnos sobre este tipo de actividades en la materia, se realizó una encuesta. La misma, estaba constituida por cuatro secciones. En la primera sección, se presentaban preguntas cerradas vinculadas al afianzamiento de habilidades y a una apreciación sobre la experiencia vivida. Para ello, se utilizó una escala tipo Likert (Hernández Sampieri y Fernández Collado, 2010) con los siguientes valores numéricos: 5, totalmente de acuerdo; 4, de acuerdo; 3, ni de acuerdo ni en desacuerdo; 2, en desacuerdo; 1, totalmente en desacuerdo.

En la Tabla 4, se presentan la mediana y la moda de cada uno de los enunciados de esta primera sección de la encuesta.

Tabla 4: Primera sección de la encuesta realizada.

Enunciado **Considerás que el haber presentado los resultados del trabajo práctico mediante una exposición oral ...**	**Mediana**	**Moda**
…permitió generar una situación de intercambio de conocimientos e interacción entre los participantes.	4	4
… ayudó a mejorar la capacidad individual o grupal para elaborar presentaciones.	4	4
… contribuyó a afianzar la competencia en el manejo de un rol dentro de un equipo de trabajo.	4	4
… ayudó a afianzar la habilidad comunicativa oral al tener que elaborar mensajes claros y precisos para que sean entendidos por todos los participantes.	4	4
… es una actividad útil para esta asignatura.	4	4
… es una experiencia positiva y enriquecedora.	4	4

Como se puede apreciar en la Tabla 4, los alumnos están de acuerdo que la realización de este tipo de actividades contribuye al afianzamiento de habilidades como la comunicativa y el trabajo grupal, como así también el intercambio de conocimientos e interacción entre los participantes. Además, están de acuerdo en que la realización de este tipo de actividades es útil y resulta ser una experiencia positiva y enriquecedora.

En la segunda sección de la encuesta, se los indagó sobre si habían considerado la rúbrica publicada para organizar la presentación del trabajo. Sólo el 10% de los estudiantes manifestó no haberla usado. Los alumnos que expresaron que sí la había tenido en cuenta, debieron también contestar las preguntas cerradas que se muestran en la Tabla 5, según la escala utilizada en la primera sección de la encuesta.

Tabla 5: Segunda sección de la encuesta realizada.

Enunciado	**Mediana**	**Moda**
Conocer con anticipación los criterios de evaluación nos ayudó a organizar la presentación y la exposición oral.	5	5
Los criterios de evaluación considerados fueron adecuados.	4	4

Los resultados presentados en la Tabla 5 muestran que los estudiantes están totalmente de acuerdo con el hecho de que el conocer los criterios de evaluación con anticipación los ayudó a organizar la presentación y la exposición oral, mientras que están de acuerdo que fueron adecuados para evaluar la actividad propuesta.

En la tercera sección de la encuesta, los estudiantes tuvieron que contestar preguntas cerradas vinculadas a la elección del problema. Estas preguntas fueron analizadas según la siguiente escala: 5, difícil; 4, medianamente difícil; 3, ni fácil ni difícil; 2, medianamente fácil; 1, fácil.

Tabla 6: Tercera sección de la encuesta realizada.

Enunciado	Mediana	Moda
La tarea de encontrar un problema relacionado con la especialidad, que permita ser resuelto con los métodos estudiados hasta ahora en la materia me resultó…	3	3
La tarea de aplicar los métodos numéricos a un problema ingenieril concreto me resultó...	3	3

Los resultados obtenidos en esta sección de la encuesta, como se puede ver en la Tabla 6, indican que en general los alumnos no tuvieron dificultades para seleccionar el problema ni tampoco para aplicar alguno de los métodos numéricos estudiados.

Por último, en la cuarta sección, los estudiantes debieron mencionar un aspecto positivo y uno negativo sobre la realización del trabajo práctico con la modalidad propuesta. A continuación, se lista un resumen de las respuestas brindadas por los alumnos.

Aspectos positivos

- Trabajar en forma grupal.
- Aplicar los métodos estudiados en la materia a problemas de la especialidad.
- Afianzar los conceptos dados.
- Desarrollar el lenguaje y expresiones físicas adecuadas para realizar exposiciones orales.
- Fomentar la expresión oral.
- Practicar la oratoria frente a un grupo de personas.

Aspectos negativos

- Realizar la exposición oral en un tiempo acotado.
- No disponer del tiempo necesario para realizar adecuadamente la actividad propuesta.
- Seleccionar un problema de la especialidad para aplicar los métodos estudiados.
- Depender del tiempo de los otros integrantes del grupo para hacer el trabajo práctico.
- Explicar en forma oral un tema con contenido matemático.

Al final de la encuesta, se ofrecía un espacio para escribir sugerencias para futuros trabajos prácticos. A continuación, se transcribe una propuesta interesante, dada por un estudiante:

> "*Seguramente es una medida antipática, pero propondría incorporar a la rúbrica la realización de una intervención obligatoria por parte de los compañeros oyentes, valorando consultas coherentes que pongan a prueba los conocimientos y la templanza de los exponentes. Más allá de conocer los temas dados, la exposición oral debería aprovecharse para acostumbrarse a ambientes más hostiles en cuanto a presentaciones, las cuales pueden presentarse en la vida profesional*".

5. CONCLUSIONES

Es necesario que los futuros ingenieros adquieran, durante su proceso de formación, ciertas habilidades blandas necesarias para insertarse mejor en el mundo laboral. Por esta razón, es imprescindible que los docentes implementen distintas estrategias para tenerlas en cuenta en su proceso de enseñanza. Estas estrategias no sólo deben limitarse a crear espacios que favorezcan la adquisición de este tipo de habilidades, sino también deben incluir propuestas de evaluación para poder seguir su evolución.

La experiencia presentada en este trabajo es un ejemplo de actividades que se pueden desarrollar para afianzar la habilidad de la comunicación. Se percibe en los resultados que un alto porcentaje de alumnos tienen dificultades para realizar una explicación clara y detallada del proceso de resolución de un problema como también en el empleo de un vocabulario pertinente a la situación. Se pudo ver también que algunos presentan dificultades en la parte escrita de la presentación, dados los errores gramaticales y ortográficos observados.

Los resultados obtenidos evidencian que se debe trabajar más en este aspecto para lograr que la totalidad de los alumnos logre un nivel aceptable de desarrollo de la habilidad comunicativa. Teniendo en cuenta esta situación, las docentes a cargo de la cátedra continuarán proponiendo actividades en donde los alumnos deban expresarse tanto de forma oral como escrita, a pesar de la

opinión de algunos alumnos sobre la realización de este tipo de actividades. Además, se tratará de analizar la evolución de los estudiantes en cuanto a dicha habilidad tras la realización de actividades similares a la presentada.

También en esta experiencia se puso en juego la habilidad de los alumnos en la búsqueda de problemas concretos de aplicación. La mayoría se inclinó por problemas de termodinámica, electricidad, física. Pocos fueron los grupos que eligieron un problema relacionado con ingeniería industrial. En particular, los alumnos que están cursando el último año o terminaron ya el cursado, pero tenían pendiente esta asignatura, fueron los que plantearon problemas más interesantes, relacionados con la carrera. Algunos estudiantes destacaron en la parte de opiniones de la encuesta que les hubiera gustado encontrar problemas más propios de la especialidad.

Es importante, además de fomentar la búsqueda de problemas de aplicación relacionados con la especialidad, desarrollar en los alumnos ciertas capacidades relacionadas con la resolución de problemas, la obtención de los modelos matemáticos asociados y, en particular en esta asignatura, la aplicación de métodos numéricos apropiados en los problemas que lo requieren, y el discernimiento de la validez de las soluciones obtenidas.

6. REFERENCIAS

Cano, E. (2015). Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación superior: ¿uso o abuso? *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, *19* (2), 265-280.

Caten, C.S., Silva, D.S., Aguiar, R.B., Filho, L.C.P.S. & Huerta, J.M.P. (2019). Reshaping Engineering Learning to Promote Innovative Entrepreneurial Behavior. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16, 141-148.

de Campos, D., de Resende, L. & Fagundes, A. (2020) The Importance of Soft Skills for the Engineering. *Creative Education*, 11, 1504-1520.

Hassanah M. & Surya, E. (2017) Differences in the Abilities of Creative Thinking and Problem Solving of Students in Mathematics by Using Cooperative Learning and Learning of Problem Solving. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research* (IJSBAR), *34* (1), 286-299.

Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio M. (2010). *Metodología de la investigación*. Mac Graw Hill, México.

Jesiek, B. K., Borrego, M., & Beddoes, K. (2010). Advancing Global Capacity for Engineering Education Research (AGCEER): Relating Research to Practice, Policy, and Industry. *Journal of Engineering Education*, *99*, 107-119. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01048.x

Kennedy, D. (2007). *Redactar y utilizar resultados de aprendizaje. Un manual práctico*. University College Cork, Irlanda.

Tobón Tobón, S., Pimienta Prieto, J.H. y García Fraile, J.A. (2010) *Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias*. Pearson Educación, México.

Torres, J. & Perera, V. (2010). La rúbrica como instrumento pedagógico para la tutorización y evaluación de los aprendizajes en el foro online en educación superior. *Revista de Medios y Educación*, *36*, 141-149.

Diseñar una propuesta académica e-blended para la carrera ingeniería industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competencias

Carrizo Blanca [(1)]; Abet Jorge [(1)]; Gallegos Laura [(2)]; Cinalli, Marcelo [(2)]; Rissetto, Miguel [(5)]

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional [(1)]
GICCAP "Grupo de Investigación en Control Avanzado de Procesos y Producción
bcarrizo@frc.utn.edu.ar, jabet@frc.utn,edu,ar, ccamino@frc.utn.edu.ar
Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional [(2)]
mgallegos@frsn.utn.edu.ar; cinalli@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN
El presente trabajo se basa en un trabajo de investigación cuyo objetivo es "Evaluar la factibilidad de desarrollar una propuesta e-blended para la carrera Ingeniería Industrial de la UTN, basada en un análisis del diseño curricular a nivel general y de las asignaturas elecvas en particular".
En el marco del área temática Educación y teniendo en cuenta el área estratégica de la aplicación a la Ordenanza 1627 que permite un sistema EaD en la UTN, se jusfica el análisis del problema de investigación al considerar la falta de su implementación en carreras de grado, en especial en la ingeniería. por tal motivo se propone el siguiente Proyecto de Investigación titulado: "Diseñar una propuesta académica e-blended para la Ingeniería Industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competencias".
El gran aporte del proyecto es revisar la malla curricular, pero no desde el esquema que habitualmente se hace sino desde un enfoque totalmente distinto e innovador.
El desarrollo metodológico se llevará a cabo mediante la utilización de técnicas basadas en la complementariedad (análisis desde distintas perspectivas, incluyendo estrategias y datos cualitativos y cuantitativos) como la triangulación metodológica (uso y contraste de múltiples métodos, variedades de datos, investigadores y teorías, en el estudio de un mismo objeto) siguiendo la propuesta metodológica de Sampieri (2006) y Castillo Arredondo y Medina Rivilla (2003).
acreditación de las carreras de ingeniería establecidos por CONFEDI plantean el desafio paradigmático en la formación y evaluación del estudiante de ingeniería. Este cambio repercute en el diseño curricular actual y lo confronta con un nuevo modelo de aprendizaje "centrado en el estudiante" que lo incorpora al proceso de aprendizaje en forma activa y auténtica.

Palabras Claves: Competencias. E-blended. Inclusión. Factibilidad. Implementación.

SUMMARY
The present work is based on a research work whose objective is to "Evaluate the feasibility of developing an e-blended proposal for the UTN Industrial Engineering career, based on an analysis of the curriculum design at a general level and of the elective subjects in particular".
Within the framework of the thematic area: Education and taking into account the strategic area of application to the Ord. 1627 that creates the SIED (EaD System) in the UTN, the analysis of the research problem is justified by considering the lack of its implementation in undergraduate careers, especially in engineering, for this reason an a priori analysis is proposed in the Industrial Engineering career.
To do this, the curriculum will be revised, not from the usual outline, but from a completely different and innovative approach, oriented to the development of competences.
Methodological development will be carried out using techniques based on complementarity (analysis from different perspectives, including qualitative and quantitative strategies and data), such as methodological triangulation (use and contrast of multiple methods, data varieties, researchers and theories, in the study of the same object) following the methodological proposal of Sampieri (2006) and Castillo Arredondo and Medina Rivilla (2003).
The standards of accreditation of engineering careers established by CONFEDI raise the paradigmatic disequilibrium in the training and evaluation of engineering students. This change affects the current curriculum design and confronts it with a new "student-centered" learning model that incorporates the students into the learning process in an active and authentic way.

Keywords: Competencies. E-blended. Inclusion. Feasibility. Implementation.

INTRODUCCION

La Educación a Distancia (EaD) en América Latina se ha desarrollado bajo un modelo semipresencial que impactó en la diferenciación institucional, el aumento de la cobertura, la incorporación de nuevas prácticas de enseñanza, la regionalización y la creación de comunidades locales de aprendizaje.
La pandemia fue un escenario de presentó mucha incertidumbre y evidenció nuestra vulnerabilidad digital a nivel Universidad en general y carreras de grado en especial.
Este cambio de paradigma implicó un cambio profundo en la estructuración de presencia territorial de la Educación Superior, puesto que exteriorizó la necesidad de desregionalizar y descentralizar la propuesta pedagógica mediante el paso de comunidades locales de aprendizaje a comunidades virtuales. (Cruder, Cigala, & Bergomas, 2021)
La nueva modalidad facilitó la reconversión de múltiples áreas vinculadas al proceso de enseñanza aprendizaje como: la reconfiguración espacial de las sedes, el cambio en el rol del docente con un perfil orientado a la figura del tutor y no del docente tradicional (expositivo); y la articulación comunitaria en el proceso de enseñanza. (Marinsalta & Delauro, 2010)
En este contexto, la UTN ha logrado en gran medida identificar las necesidades actuales de algunas carreras de grado: *la masividad, *la infraestructura y *la distancia física de los distintos centros de estudio ubicados federalmente en el territorio nacional" y a través del Sistema Institucional de Educación a Distancia (SIED) propone el desarrollo de ofertas formativas implementando la opción pedagógica a distancia, parcial o totalmente. (UTN - Res. CS, 2018)
La EaD está mediada por la tecnología y es una de las estrategias que han permitido dar respuesta al entorno altamente cambiante de un mundo globalizado, y mediante el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han extendido los campus universitarios a través del ciberespacio. (Ozollo, 2011)
De este modo la Universidad puede romper las barreras de la sincronicidad, al mismo tiempo que expandir límites geográficos que establecen sus espacios físicos, para alcanzar a muy amplias capas de la población en un ejercicio altamente democrático.
Con el desarrollo de la Internet, este fenómeno se ha potenciado y abre nuevas expectativas que trae nuevos retos y nuevas formas de hacer educación, conservando los mismos principios y atendiendo, fundamentalmente, a los mismos propósitos. (Maggio, 2012)
En este contexto, es necesario capitalizar la pandemia, dado que los actuales estudiantes son usuarios habituales con escasa o sin formación didáctica en las distintas tecnologías digitales (videojuegos, Internet, redes sociales, televisión digital, móviles, cámaras, entre otras.) y la nueva sociedad del conocimiento requiere de cambios profundos en los paradigmas de enseñanza de las Universidades para acercarse a una organización de servicios múltiples alrededor de la formación y la actualización en la ciencia, la tecnología, las humanidades y las artes. (Estevez Arias & Sanchez Cervantes, 2021)
A la manera de una organización flexible y dinámica que sea capaz de constituirse y reconstituirse a sí misma en un ejercicio permanente de aprendizaje.
La ruta post-pandemia que debe ofrecer la Universidad es hacia nuevas y mejores certidumbres, en un entorno híbrido que haga banal e invisible la diferencia entre el aprendizaje virtual y el presencial.
En este escenario,se requiere un cambio en el rol de profesor que pasa de una situación protagónica a la de un facilitador; el docente se convierte en un estratega que deberá desarrollar una serie de procesos y actividades necesarias para conseguir que sus estudiantes construyan su conocimiento y que, una vez adquirido, se mantengan en el tiempo, para después aplicarlos a otras situaciones. (Morales Bueno & Victoria, 2004)
Las investigaciónes realizadas se enmarcan en el proyecto "Diseñar una propuesta académica e-blended para la carrera ingeniería industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competencias" que tiene por objetivo evaluar la factibilidad de desarrollar una propuesta e-blended para la carrera Ingeniería Industrial de la UTN, basada en un análisis del diseño curricular a nivel general y de las asignaturas electivas en particular. (UTN-FRC, 2022-2025)

DESARROLLO

La enseñanza remota de emergencia durante la pandemia del COVID-19 ha demostrado lo crítica que es la conectividad doméstica en el éxito de la experiencia.
Una conexión entrecortada o la desconexión momentánea de alguno de los protagonistas de una sesión en videoconferencia se convierte en una dificultad para la persona y afecta gravemente la interacción y el trabajo en equipo, marginando al protagonista de ese problema técnico.
Es decir que, el confinamiento que fue una situación anómala y provisional, demostró la importancia del hardware, el software y la conectividad para cualquier estrategia de expansión digital de un campus.

Estos problemas de acceso a tecnologías y conectividad imitan la diferencia entre universidades con recursos y el resto con mayores limitaciones, e inevitablemente profundizan la desigualdad histórica entre ambos tipos de instituciones

En el contexto pandemia, se analizan diferentes escenarios bajo la óptica Docencia Remota de Emergencia (DRE) (Pardo Kuklinski & Cobo, 2022), con la finalidad de redisenar un curso presencial:

- Escenario DRE 1: Remoto urgente no adaptado
- Escenario DRE 2: Remoto urgente adaptado
- Escenario DRE 3: Remoto aspiracional
- Escenario DRE 4 post-confinamiento: Híbrido aspiracional

Los autores describen estos cuatro (4) escenarios (tablas 1 y 2) .

Tabla 1 Escenarios de Docencia Remota de Emergencia (DRE) Fuente: Pardo Kuklinski, Hugo; Cobo, Cristóbal

Escenarios versus parámetros	**DRE 1: Remoto urgente no adaptado**	**DRE 2: Remoto urgente adaptado**	**DRE 3: Remoto aspiracional**	**DRE 4 post-confinamiento: Híbrido aspiracional**
Metas Instituciones	Aprender los contenidos previstos	Aprender los contenidos previstos	Secuencia de aprendizaje bien clara.	Regreso al diseño presencial. Integración definitiva experiencias remotas exitosas.
Materiales	Los mismos contenidos que ya estaban previstos	Ajuste y curación de contenidos.	Necesidad pedagógica por delante de la herramienta.	El eje principal debe estar en la creación de un escenario virtual complementario al presencial para estimular la interacción en la docencia dentro del aula, integrando contenidos multimedia, prácticas innovadoras y recursos cuantitativos y cualitativos dentro del proceso formativo en la ingeniería.
Método	Se adapta poco el método tradicional y se improvisan las decisiones	Menor margen improvisación. Docentes divulgadores de contenidos.	Docente diseñador de experiencias de aprendizaje.	
Evaluación	La misma calificación que estaba prevista, con bajo nivel de exigencia	Dinámicas de autoevaluación y evaluación por pares	Dinámicas gamificadas y otros formatos de autoevaluación y evaluación por pares	

Tabla 2 Desglose de los Escenarios de DRE Fuente Pardo Kuklinski, Hugo; Cobo, Cristóbal

Escenario DRE 1: Remoto urgente no adaptado

- Metas instruccionales: Aprender los contenidos previstos, cumplir en la crisis y aprobar la asignatura con una calificación. Mayor tolerancia y empatía por la situación de confinamiento: nivel de exigencia y expectativas más bajo que en la asignatura presencial . El proceso es insuficiente para cumplir las metas: los estudiantes tendrán que dedicar más tiempo a la comprensión del objeto de estudio. Materiales: Los mismos contenidos que ya estaban previstos, excepto bibliografía solo disponible en línea (paquete de material escaneado para distribución por medio electrónico).
- Método: Se adapta poco el método tradicional y se improvisan las decisiones. Docentes divulgadores de contenidos. El proceso de aprendizaje gira en torno al docente, quien es el más inteligente del aula. Largas sesiones de videoconferencias sumadas a breves mentorías individuales con calificación tradicional o entrega de un trabajo final. Uso de tecnologías educativas: esfuerzo voluntarista individual de apropiación y adaptación a sus necesidades curriculares. La herencia de lo analógico impera en el “nuevo” contexto remoto.
- Evaluación: La misma calificación que estaba prevista, pero con un más bajo nivel de exigencia

Escenario DRE 2: Remoto urgente adaptado

- Metas instruccionales: Aprender los contenidos previstos, cumplir en la crisis y aprobar la asignatura con una calificación. Mayor tolerancia y empatía por la situación de confinamiento: nivel de exigencia y expectativas más bajo que en la asignatura presencial.
- Materiales: Ajuste y curación de contenidos. Contenidos (consumo) en una línea de tiempo narrativa multimedia. Bibliografía prevista, disponible en línea o con reseñas curadas y/o comentadas por el docente.
- Método: Menor margen de improvisación. Docentes divulgadores de contenidos. El proceso de aprendizaje gira en torno al docente, quien es el más inteligente del aula. Sesiones breves de videoconferencias (sesiones largas es sinónimo de atención corta) sumadas a breves mentorías individuales y entrega de un trabajo final. Uso predeterminado de

tecnologías educativas: esfuerzo individual de apropiación (basado en experiencias previas) y adaptación a sus necesidades curriculares. • Evaluación: Dinámicas de autoevaluación y evaluación por pares (dado el menor control docente de los equipos
Escenario DRE 3: Remoto aspiracional • Metas instruccionales Secuencia de aprendizaje bien clara. Las metas se dirigen al aprendizaje basado en la resolución de retos. El docente colabora con otros docentes del mismo año lectivo para producir juntos hacia cátedras integradoras. • Materiales: Necesidad pedagógica por delante de la herramienta. Mayor curación de contenidos hacia el inventario de recursos propios y externos (los estudiantes también tienen la opción de incluir o valorar la calidad de los contenidos que entrega la asignatura). Del PDF a los contenidos (consumo y producción) en una línea de tiempo narrativa multimedia expandida (hay una mayor apertura a formatos no textuales). • Método: Docente diseñador de experiencias de aprendizaje. El grupo es el más inteligente del aula. El docente tiende a hacerse invisible. Se definen con precisión los cómo de la ejecución. Tiempos de ejecución ajustados y bajo margen de improvisación. Más y mejor trabajo autogestionado y en equipos. Interacción en dos escenarios: asíncronico- síncrono: sesiones de videoconferencias breves para la exposición de ideas (no más de 30 minutos y mejor sincrónico); sesiones de videoconferencias más largas para el trabajo sincrónico en equipo. Uso más flexible de tecnologías educativas: apropiación integrada e invisible; gestión de la seguridad y el respeto a la privacidad del estudiante; en la diversidad funcional tener en cuenta la accesibilidad. • Evaluación: Dinámicas gamificadas y otros formatos de autoevaluación y evaluación por pares (la evaluación es un proceso más reticular)
Escenario 4 post-confinamiento: Híbrido aspiracional Regreso al diseño presencial. Integración definitiva de experiencias remotas exitosas. Se petencia lo analizado en el escenario DRE 3, y se le suma: • Pasar a remotos todos los procesos que hechos en un espacio físico no agreguen valor diferencial a la experiencia de aprendizaje del estudiante. El formato 100% híbrido define la nueva normalidad. Los contextos se mezclan de manera permanente y constante. • Recuperar la toma de decisiones en tiempo real en función de la evolución de la experiencia de aprendizaje. El uso de las experiencias sincrónicas y asincrónicas se diseñan a priori para enriquecer el aprendizaje. • Errores inteligentes. Capitalizar lo aprendido y no penalizar el error • Aprender de las buenas prácticas e integrarlas al modelo híbrido. • Reducir las clases teóricas síncronas y presenciales con bajo nivel de interacción. • Mentorización intensa. Buscar nuevas formas de personalización de la experiencia. Regreso al diseño presencial. Integración definitiva de experiencias remotas exitosas. • Crear cátedras integradoras: unificar cursos alrededor de un reto común. • Construir el portafolio profesional estudiante. Certificados + redes significativasautoorganizadas. • Crear espacios digitales informales por afinidades (cafetería virtual docente).

El eje principal debe estar en la creación de un escenario virtual complementario al presencial para estimular la interacción en la docencia dentro del aula, integrando contenidos multimedia, prácticas innovadoras y recursos cuantitativos y cualitativos dentro del proceso formativo en la ingeniería.

Para expansión digital del campus, se sugiere implementar estrategias en paralelo para momentos distintos:

- Corto plazo: encuestas a estudiantes sobre su situación en términos de acceso a hardware, software y conectividad, con el objetivo de diseñar un mapa de necesidades para tomar decisiones más inteligentes y caminos alternativos.
- Largo plazo: promover alianzas con bibliotecas y otros espacios públicos y privados que posean interfaces confortables para aprender, privacidad para la concentración y buenas condiciones de conectividad. Estos espacios se convierten en expansiones del campus físico universitario.

Lo ideal sería que se suscribieran convenios entre universidades y empresas de telecomunicaciones para fomentar becas, bonos o productos especiales para estudiantes con baja conectividad hogareña, del modo que ya lo hacen muchas empresas de software con sus licencias de uso educativo de bajo costo .

Análisis a priori

Dado que el objetivo del proyecto es: Evaluar la factibilidad de desarrollar una propuesta e-blended para la carrera Ingeniería Industrial de la UTN, basada en un análisis del diseño curricular a nivel general y de las asignaturas electivas en particular; se diseñó una encuesta a medida de los requerimientos analizados en algunos de los cuatro escenarios planteados en el presente trabajo.
Esta herramienta de recolección de datos está dentro de la línea de trabajo indicada en la metodología de trabajo, que es un desarrollo metodológico mediante la utilización de técnicas basadas en la complementariedad (análisis desde distintas perspectivas, incluyendo estrategias y datos cualitativos y cuantitativos) como la triangulación metodológica (uso y contraste de múltiples métodos, variedades de datos, investigadores y teorías, en el estudio de un mismo objeto) siguiendo la propuesta metodológica de Sampieri (2006), Castillo Arredondo y Medina Rivilla (2003).
En este primer diseño de encuesta, los destinatarios fueron los claustros estudiantes y graduados (Figura 1); y se prevee una encuesta particular para los docentes.
La población inicial bajo estudio con estudiantes de Ingeniería Industrial que están cursando al carrera y graduados recientes de la misma de las facultades regionales Córdoba y San Nicolás.
En función de los resultados de la misma se hará extensiva en Avellaneda y otras regionales (Figura1).

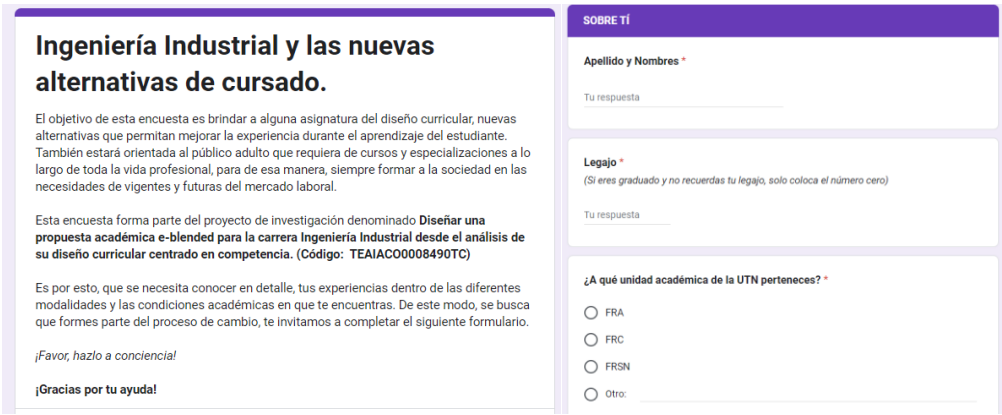


Figura 1. Presentación de la encuesta y su estratificación

La estructura de la Encuesta se plantea en varios bloques:
- Primero: intenta conocer el conocimiento sobre las herramientas TIC del estudiante y su condición laboral (Figura 2).

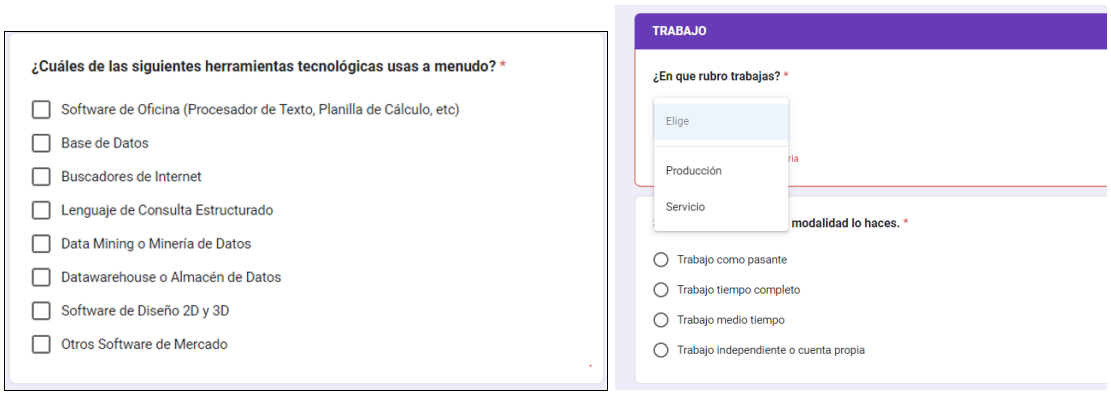


Figura 2. Nivel de Herramienta TIC y condición de laboral

- Segundo: sobre su situación académica (Figura 3)

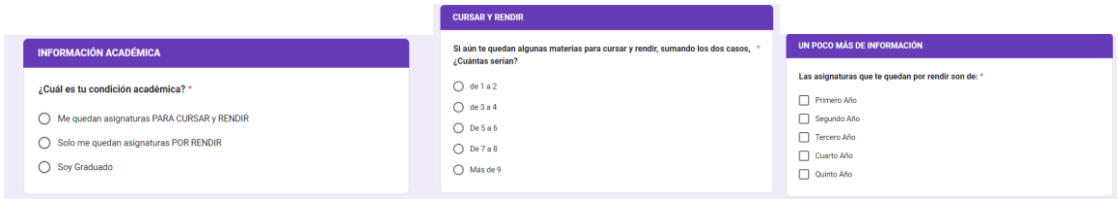


Figura 3. Situación Académica

- Tercero: sobre su situación durante la pandemia (Figura 4).

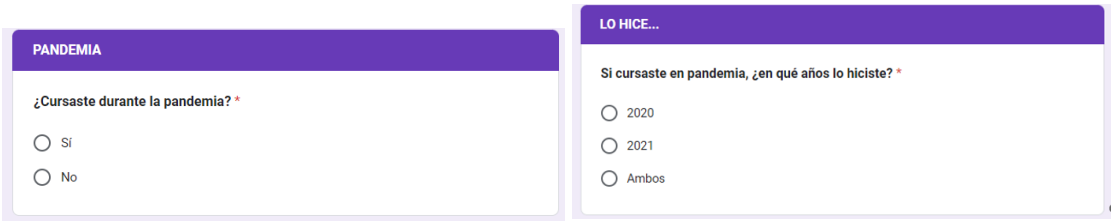


Figura 4. Situación en pandemia

- Cuarto: sobre la experiencia en la virtualidad (Figuras 5 y 6)

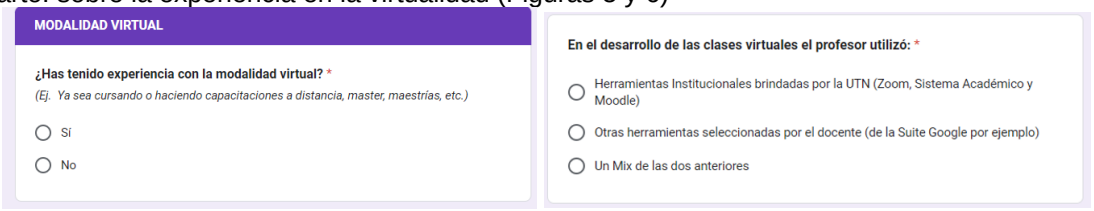


Figura 5. Experiencia en la virtualidad

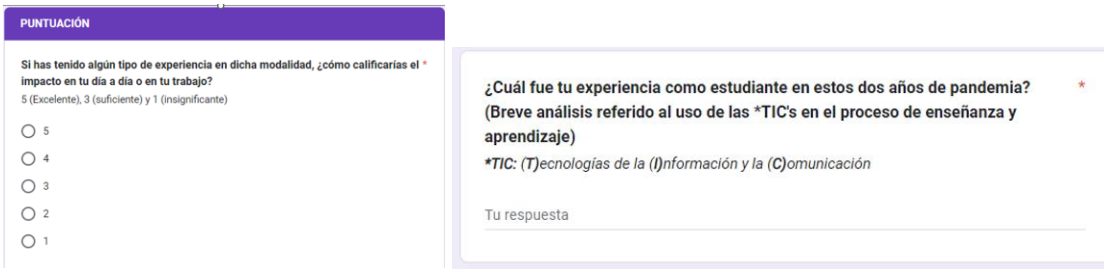


Figura 6. Experiencia ampliada

- Quinto: sobre la currícula de la Ingeniería Industrial (Figura 7)

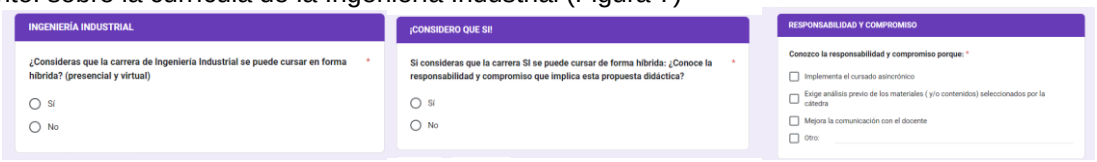


Figura 7. Curricula de Ingeniería Industrial

- Sexto: la elección de los estudiantes sobre todas las catedras de la curricula de Ingeniería Industrial (II) que se podrían transformar a formato virtual (Figura 8)

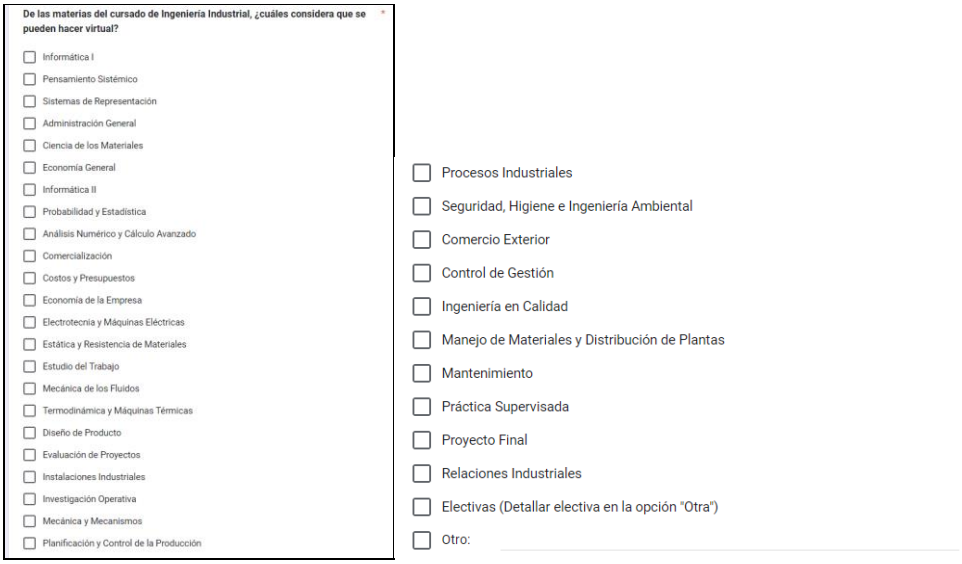


Figura 8. Catedras de la carrera

- Séptimo: visión del estudiante sobre la virtualidad (Figura 9)

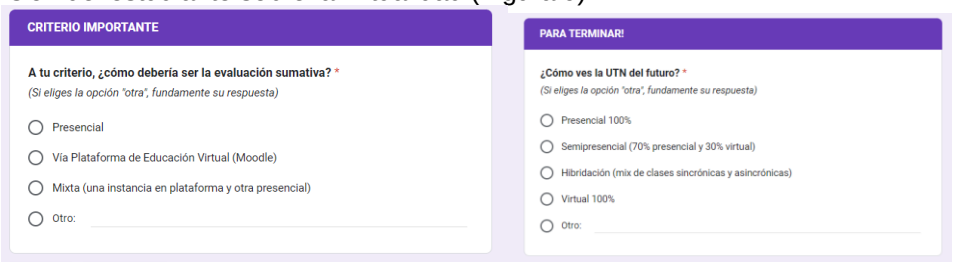


Figura 9. Visión del Estudiante

Algunos resultados obtenidos en una etapa inicial son:
La muestra: fueron encuestados de 199 estudiantes que se dividieron en el 88% de la UTN-FRC y el resto de la UTN-FRSN.
El 60% trabaja: en SN el 88% trabaja y en Córdoba solo el 57% lo hace.
Del 88% de los encuestados su condicIón laboral se se distribuye en un 41% pasantes, un 32% tiempo completo, un 17% medio tiempo y el 10% trabajadores independientes.

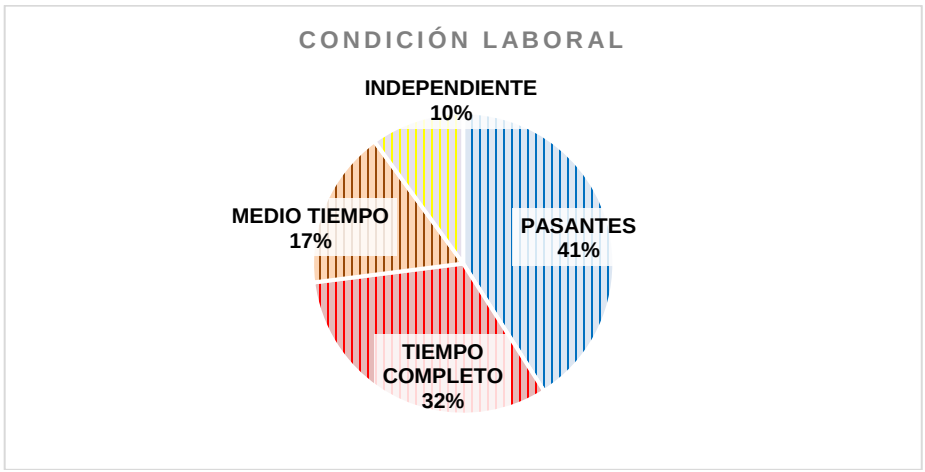


Figura 10. Condición laboral

Bloque Académico: el 97% cursó durante la pandemia y 3% el restante son graduados.
Dentro de franja que cursó el 91% adeuda materias para cursar y rendir y el otro 7% solo materias por rendir. Del 97% antes mencionado, el 66% debe más de nueve materias, mientras que para el 7% que respondieron, terminaron de cursar la carrera en el primer cuatrimentre de este año. Hay 116 estudiantes que deben materias de quinto año y del cuarto año.
De la población total de escuestados el 97% cursó durante la pandemia. Dentro de esta el 91% adeuda materias para cursar y rendir. El 7% solo materias para rendir y el restante son graduados.

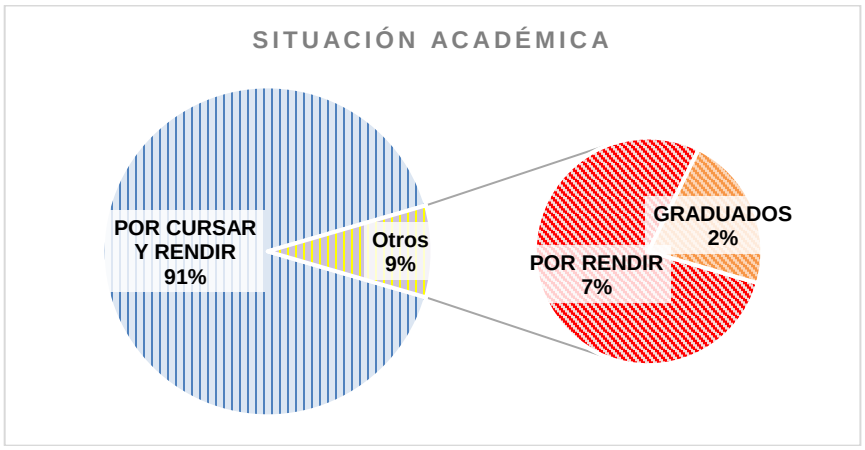


Figura 11. Situación Académica

Situación durante la Pandemia: el 99% cursó durante la pandemia, y el 94% lo hizo en ambos años (2020 y 2021).

El 64% de los profesores usó un mix de herramientas para el dictado de clases, mientras que 36% usó herramientas institucionales provistas por la UTN.
La virtualidad: sobre la experiencia con la modalidad virtual, se la calificó como una experiencia suficiente con un promedio, con un 3,68 sobre 5 puntos. Unos 185 estudiantes (93%) piensa que Ingeniería Industrial puede cursarse de forma hibrida.
Plan curricular: las materias que han obtenido más del 50% de los votos como materias que se puede considerar cursar en la virtualidad están:

- 1er. Nivel: Informática I / Pensamiento Sistémico,
- 2do. Nivel: Administración General / Economía General / Informática II
- 3er. Nivel: Comercialización / Costos y presupuestos / Economía de la Empresa
- 4to. Nivel: Diseño del Producto / Seguridad e Hiegiene

Ahora materias que han obtenido entre el 40% y 50% de los votos son:

- Probabilidad y Estadística
- Análisis y Cálculo Avanzado
- Investigación Operativa
- Procesos Industriales
- Comercio Exterior
- Ingeniería en Calidad
- Relaciones Industriales

Una mención especial el Proyecto Final.

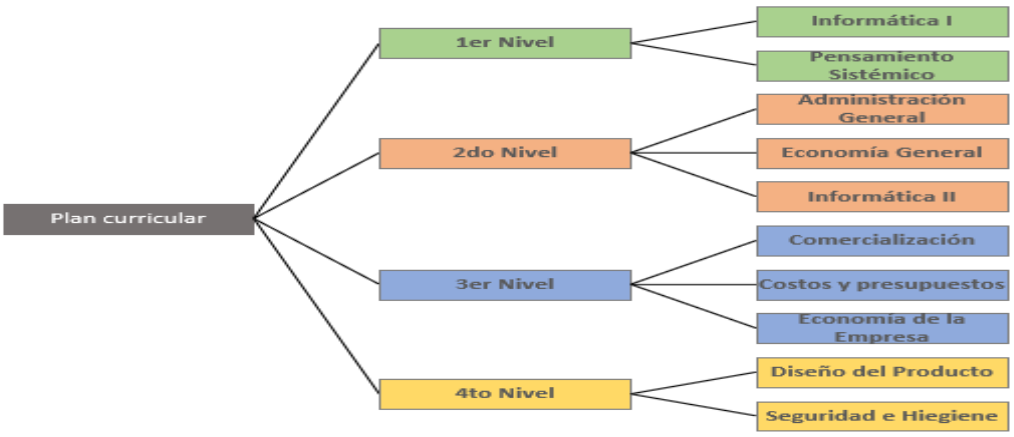


Figura 12. Análisis por Asignatura

Evaluaciónes sumativas: el 35% piensa que deberían seguir siendo presenciales. El 45% deberían ser mixtas (una instancia en plataforma y luego presencial). el 20% opina que deberían ser vía educación virtual moodle.

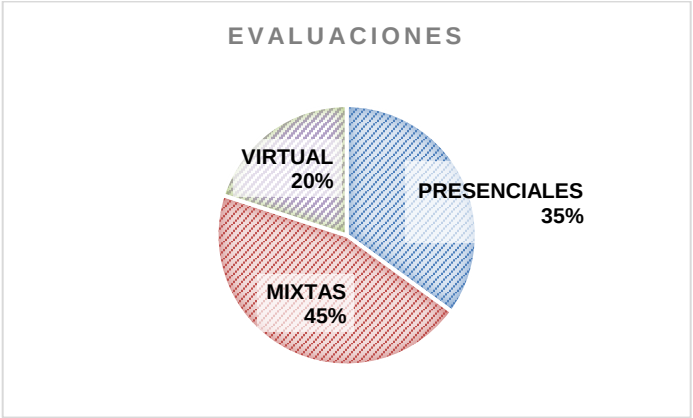


Figura 13. Análisis de Evaluaciones

Visión a futuro:-El 92% considera que se puede cursar virtualmente y los encuestados que no lo consideran, lo atribuyen a falta de recursos tecnológicos (32%) y falta de conectividad (24%).
Por último. Como se ve la UTN en un futuro:

- 55% hibridación clases sincrónicas y asincrónicas

- 32% semipresencial (70% presencial, 30% virtual);
- 8% virtual 100%
- 5% en modalidad presencial 100%

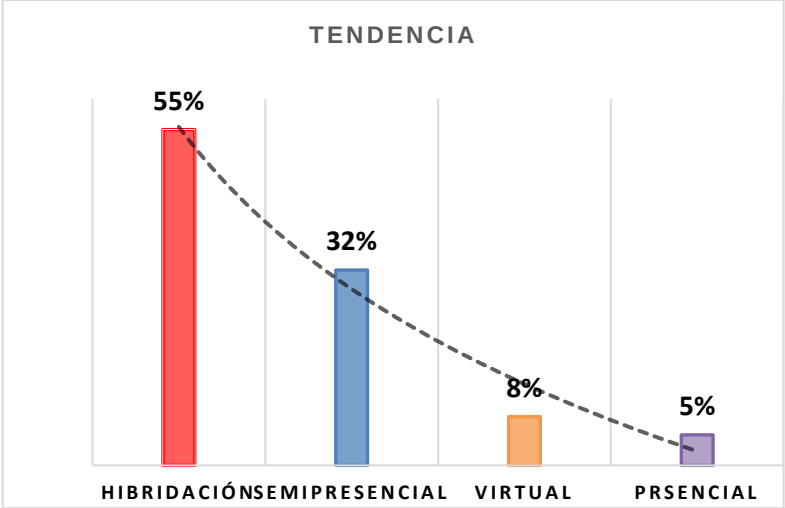


Figura 14. Tendencias

CONCLUSIONES

Se entiende por aula híbrida es un entorno de aprendizaje que incluye una combinación de estudiantes que están presentes en el aula física y también participantes que se incorporan a la clase de forma virtual.

En este modelo, se organiza en grupos a los y las estudiantes y se rotan los días para asistir de forma presencial, mientras el otro grupo toma la clase online. El aula híbrida debe contar con la tecnología adecuada.

Un modelo híbrido se presenta en un escenario en construcción dentro de la Universidad que va más allá de la implementación técnica de un aula; nos interpela con nuevas preguntas respecto a la organización del tiempo y el espacio, a las actividades de aprendizaje que se propone a los grupos de estudiantes (remotos y presenciales físicamente) y a las técnicas de evaluación.

En este nuevo escenario se demandan adaptaciones, transformaciones e innovaciones, tanto de estudiantes, como de profesores. Así se requiere capacitar a los equipos docentes para potenciar el uso de aulas híbridas desde un punto de vista pedagógico, comunicacional y tecnológico.

El fundamento es transformar la práctica de enseñanza. Es pasar de una clase/encuentro sincrónico que vaya más allá de la clase expositiva tradicional y sensibilizar en las nuevas formas de participación y de interacción en los distintos espacios que conviven en la propuesta didáctica.

REFERENCIAS

Cruder, G., Cigala, R., & Bergomas, G. (2021). Plataformas y lenguajes: reflexiones en pandemia pensando el futuro. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 24 (12), pp. 25-35.

Estevez Arias, O. V., & Sanchez Cervantes, M. M.-B. (2021). Recomendaciones para el diseño de cursos virtuales en las modalidades semipresencial y a distancia utilizando la plataforma Moodle. *Transformación*, vol.17, n.2, pp.402-416.

Maggio, M. (2012). *Enriquecer la Enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad.* Buenos Aires: Paidós.

Marinsalta, M., & Delauro, M. (2010). "El aula virtual como entorno de apoyo dentro en de las clases presenciales". *Grupo de Estudio en Informática Educativa. Facultad Regional Bahía Blanca – Universidad Tecnológica Nacional.*

Morales Bueno, P., & Victoria, L. F. (2004). *Aprendizaje Basado en Problemas.* Lima (Perú): Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ciencias, Sección Química.

Ozollo, F. (2011). *Tesis Doctoral: La influencia de los entornos virtuales de aprendizaje en la construcción de conocimiento de los docentes universitarios del área de Educación a Distancia e Innovación Educativa de la Universidad Nacional de Cuyo.* Mendoza Argentina: ResearchGate.

Pardo Kuklinski, H., & Cobo, C. (2022). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia. .* Barcelona: Outliers School.

UTN - Res. CS. (Junio de 2018). Lineamientos del Sistema Institucional de Educación a Distancia de la Universidad Tecnológica Nacional. Capital Federal, Buenos Aires, Argentina.

UTN-FRC, P. (2022-2025). *Propuesta académica e-blended para la carrera ingeniería industrial desde el análisis de su diseño curricular centrado en competenciastecias. Directora: blanca Carrizo.* Córdoba.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer al equipo de trabajo de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Facultad Regional Córdoba, en la persona del Sr. José Solís y de la Sra. Marta Giliberti.

Análisis del Test diagnóstico para la implementación de actividades de matemática para estudiantes ingresantes

Comoglio, Marta; Minnaard, Claudia; Serra, Diego; Torres, Zulma

Instituto de Investigaciones de
Tecnología y Educación (IIT&E) - Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora
mcomoglio@gmail.com; minnaardclaudia@gmail.com;
diego.g.serra@gmail.com; torreszulm@hotmail.com

RESUMEN

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora ha implementado los Planes de Estudio por competencias en todas las carreras que se cursan en esta unidad académica. De esta modificación ha resultado que materias que se cursaban en el primer y segundo cuatrimestre se hayan desplazado al tercero, como es el caso de Matemática I. A fin de que los estudiantes puedan tener disponibles contenidos de matemática de la escuela media, que son necesarios para la comprensión de los temas, se han diseñado talleres de 5 unidades temáticas: Números reales, Ecuaciones, Funciones, Polinomios y Trigonometría. Para asignar los estudiantes a cada uno de los talleres se aplicó un Test diagnóstico (TD). En el presente trabajo se muestran los resultados del TD y su comparación con el TD realizado por CONFEDI en 2013, así como el diseño de los talleres y su implementación.

Palabras Claves: Test diagnóstico, Matemática, Talleres.

ABSTRACT

The Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora has implemented the Study Plans by competences in all the careers that are studied in this academic unit. As a result of this modification, subjects that were studied in the first and second quarters have been moved to the third, as is the case of Mathematics I. In order for students to have available middle school mathematics content, which is necessary To understand the topics, workshops have been designed for 5 thematic units: Real Numbers, Equations, Functions, Polynomials and Trigonometry. To assign the students to each of the workshops, a Diagnostic Test (TD) was applied. This paper shows the results of the TD and its comparison with the TD carried out by CONFEDI in 2013, as well as the design of the workshops and their implementation.

Keywords: Diagnostic test, Mathematics, Workshops.

1. INTRODUCCIÓN

A partir del diseño de un nuevo plan de estudios, basado en competencias, implementado por "la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, que introdujo innovaciones significativas en cuanto a organización de los contenidos curriculares exigidos, criterios de evaluación e incorporación de nuevas titulaciones, ha resultado que materias que se cursaban en el primer y segundo cuatrimestre se hayan desplazado al tercero, como es el caso de Matemática I. (Pavlicevic, J. 2017)".

En el enfoque de enseñanza por competencias el trabajo curricular se basa en "identificar con claridad las prácticas implícitas o explícitas que se tienen respecto a la formación, con el fin de tomar conciencia de ellas, modificarlas (si es necesario) y buscar generar las condiciones que lleven a tener personas con alto compromiso ético, autorrealización, emprendimiento e idoneidad para afrontar los diferentes retos del contexto" (Tobón Tobón, S., 2011).

En este mismo sentido, Morell, L.; Cukierman, U.; Vendrell, E.; Buxeda, R.; Rivera, W.; Sjursen, H. (2018) consideran que el sistema universitario "comprenda las razones por las cuales los educadores de ingeniería y disciplinas relacionadas necesitan innovar continuamente planes de estudio, así como métodos de aprendizaje / enseñanza e incorporar estrategias de evaluación de resultados, y preparar a los educadores en el uso de tecnologías de punta para una enseñanza efectiva, comunicándose con los estudiantes y gestión de cursos".

Dentro de este enfoque por competencias se han desarrollado los talleres de matemática que abarcan 5 unidades temáticas: Números reales, Ecuaciones, Funciones, Polinomios y Trigonometría. Para asignar los estudiantes a cada uno de los talleres se aplicó un Test diagnóstico (TD), similar al aplicado desde Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) en 2013.

1.1 Metodología

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar y validar una herramienta que permita diseñar y evaluar propuestas pedagógicas en carreras de ingeniería mediante la determinación de competencias de ingreso a la carrera que articulen adecuadamente con las competencias profesionales de egreso.
La necesidad de los estudiantes de reforzar y comprender algunos contenidos de Matemática imprescindibles para el adecuado desempeño en las distintas materias, ha llevado a implementar 5 talleres de Matemática: Números reales, Ecuaciones, Funciones, Polinomios y Trigonometría. A fin de asignar los estudiantes a los distintos talleres se aplicó un Test diagnóstico (TD). Este TD fue diseñado en 2013 por los equipos docentes de las facultades de ingeniería de todo el país. En esa oportunidad se aplicó a todos los ingresantes a carreras de ingeniería. (Minnaard (2014); Minnaard et al (2014)).

Actualmente, post pandemia, y con la implementación del nuevo plan de estudios, se aplicó una versión actualizada del mismo, a fin de determinar los conocimientos previos de matemática que tienen los ingresantes a la Facultad de Ingeniería de la UNLZ. El TD estuvo estructurado con 5 problemas, uno correspondiente a cada unidad temática. En el diseño se consideró el enfoque ontosemiótico (Godino,2007), considerando problemas que incluyeron gráficos, ecuaciones, texto. A continuación, se presentan los contenidos incluidos en el TD:

UNIDAD 1: Conjuntos Numéricos (excepto números complejos): 1er Eje: Operaciones con números reales y aplicación de propiedades (suma, producto, cociente, radicación, potenciación, logaritmo) - 2do Eje: Cálculo de perímetro, área, volumen, densidad; Unidades de medida; Notación científica; Porcentaje

UNIDAD 2 – Ecuaciones: 1er Eje: Ecuaciones de primer grado con una incógnita - 2do Eje: Ecuaciones de segundo grado con una incógnita - 3er Eje: Sistemas de dos ecuaciones de primer grado con dos incógnitas

UNIDAD 3 – Funciones: 1er Eje: Función de primer grado en una variable - 2do Eje: Función de segundo grado en una variable - 3er Eje: Función trigonométrica. Propiedades

UNIDAD 4 – Relaciones: 1er Eje: Ángulos: sistemas de medición - 2do Eje: Relaciones trigonométricas en un triángulo rectángulo - 3er Eje: Teorema de Pitágoras. Resolución de triángulos rectángulos

UNIDAD 5 – Polinomios: 1er Eje: Polinomios. Operaciones - 2do Eje: Regla de Ruffini. Ceros de un polinomio. Teorema del resto. Factorización - 3er Eje: Expresiones algebraicas fraccionarias. Simplificación

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 1: Resultados obtenidos en el TD 2022

Calificación	NUMEROS REALES	ECUACIONES	FUNCIONES	RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS	POLINOMIOS
A (ausente)	317	317	317	317	317
B (bien resuelto)	221	141	63	94	19
M (mal resuelto)	161	146	130	121	124
NC (no contesta)	109	209	304	281	355
R (regular)	9	4	3	2	2
TOTAL	817				

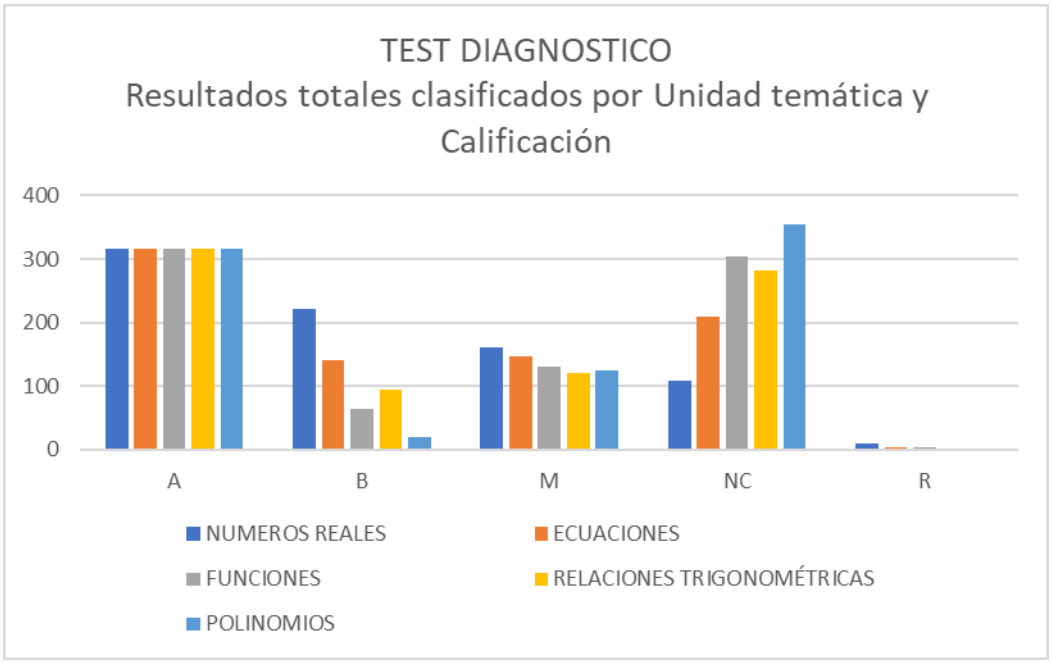


Figura 1. Gráfico de los resultados obtenidos en el TD 2022. (A=ausente; B=bien; M=mal; NC=no contesta; R=regular)

Comparando los resultados con el TD 2013, se observa que en 2013 existía una muy alta correlación entre los resultados obtenidos en la FIUNLZ y a nivel nacional (0,974). Asimismo, al aplicar la prueba de Kolmogorov- Smirnov se puede considerar que no existen diferencias significativas (p-valor= 0,994; α= 0,05) entre los resultados obtenidos en la FIUNLZ y a nivel nacional. (Figura 2)

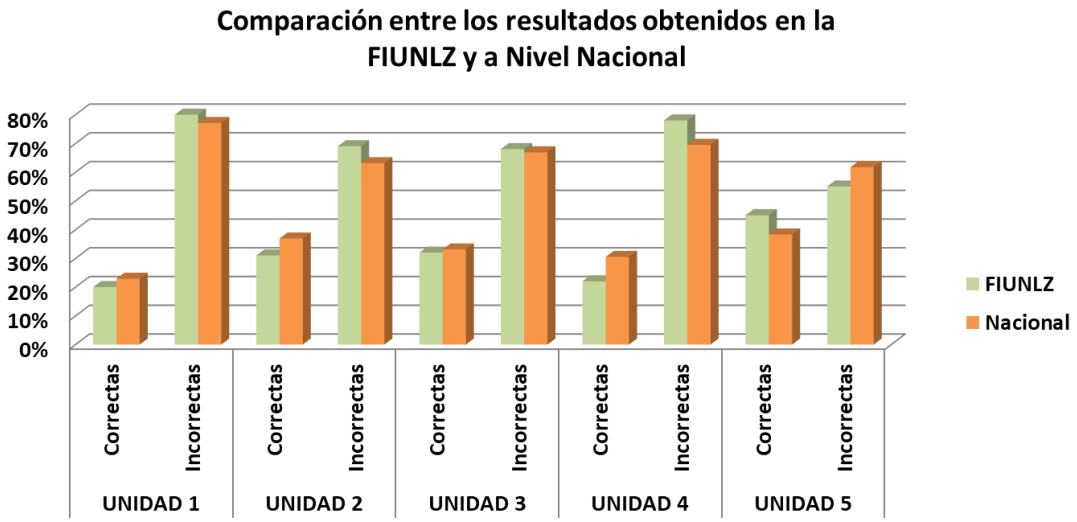


Figura 2: Gráfico de los resultados obtenidos en el TD 2013 tanto en la FIUNLZ como a nivel nacional. Fuente: Minnaard, C. (2014), "*Análisis de los errores en matemática de los alumnos ingresantes a las carreras de Ingeniería: el Test Diagnóstico en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora*". En: https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/4735

Aplicando un análisis similar comparando los resultados en la FIUNLZ del Test diagnóstico 2022 contra los obtenidos en 2013, se observa que existe una correlación moderada entre los resultados obtenidos en TD 2022 y el TD 2013 (0,7177). Asimismo, se visualizan diferencias significativas en las unidades temáticas correspondientes a Polinomios (p-valor= 0; α= 0,05), Funciones (p-valor= 0; α= 0,05) y Números reales (p-valor= 0; α= 0,05). Estas diferencias no son significativas en las unidades de Ecuaciones (p-valor= 0,944; α= 0,05) y Relaciones trigonométricas (p-valor= 0,458; α= 0,05).

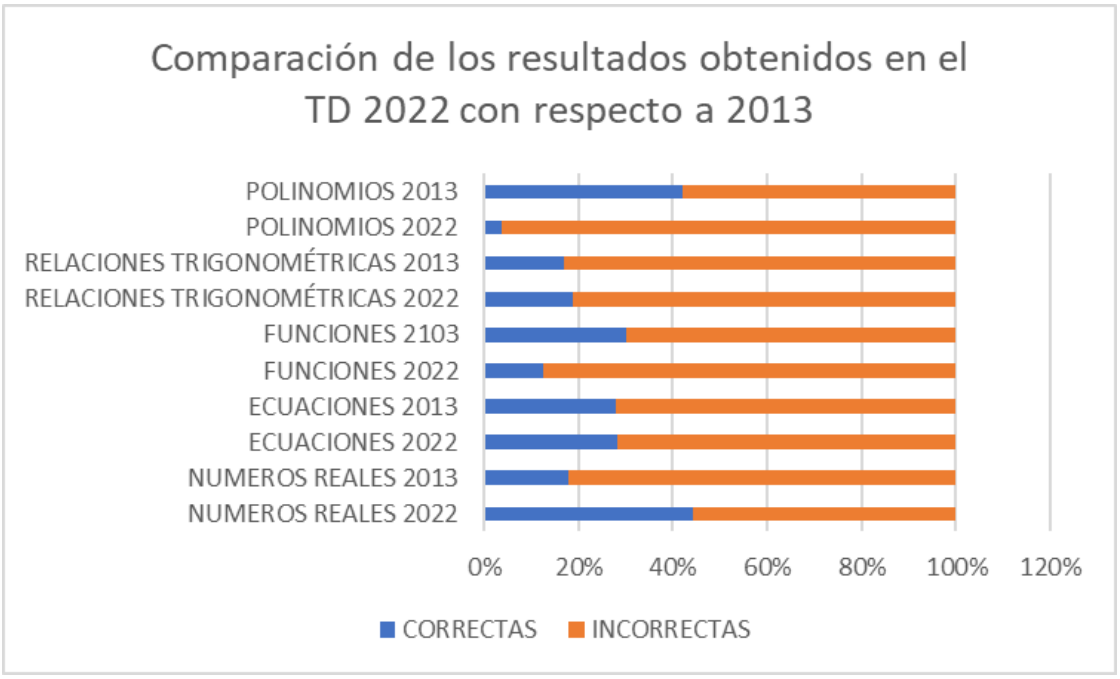


Figura 3: Gráfico comparativo entre los resultados obtenidos en el TD 2022 con respecto a 2013 en la FIUNLZ.

A partir de los resultados del TD 2022, los estudiantes fueron incorporados a los distintos talleres diseñados. Cada taller corresponde a una de las unidades temáticas. El formato es similar para cada taller. (Figura 4)

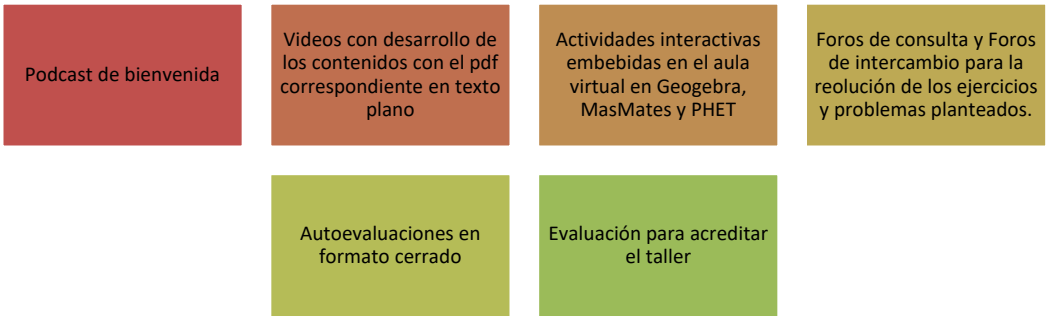


Figura 4: Diseño de los talleres. (Recuperado de : https://www.geogebra.org/ ; https://www.masmates.com/; https://phet.colorado.edu/)

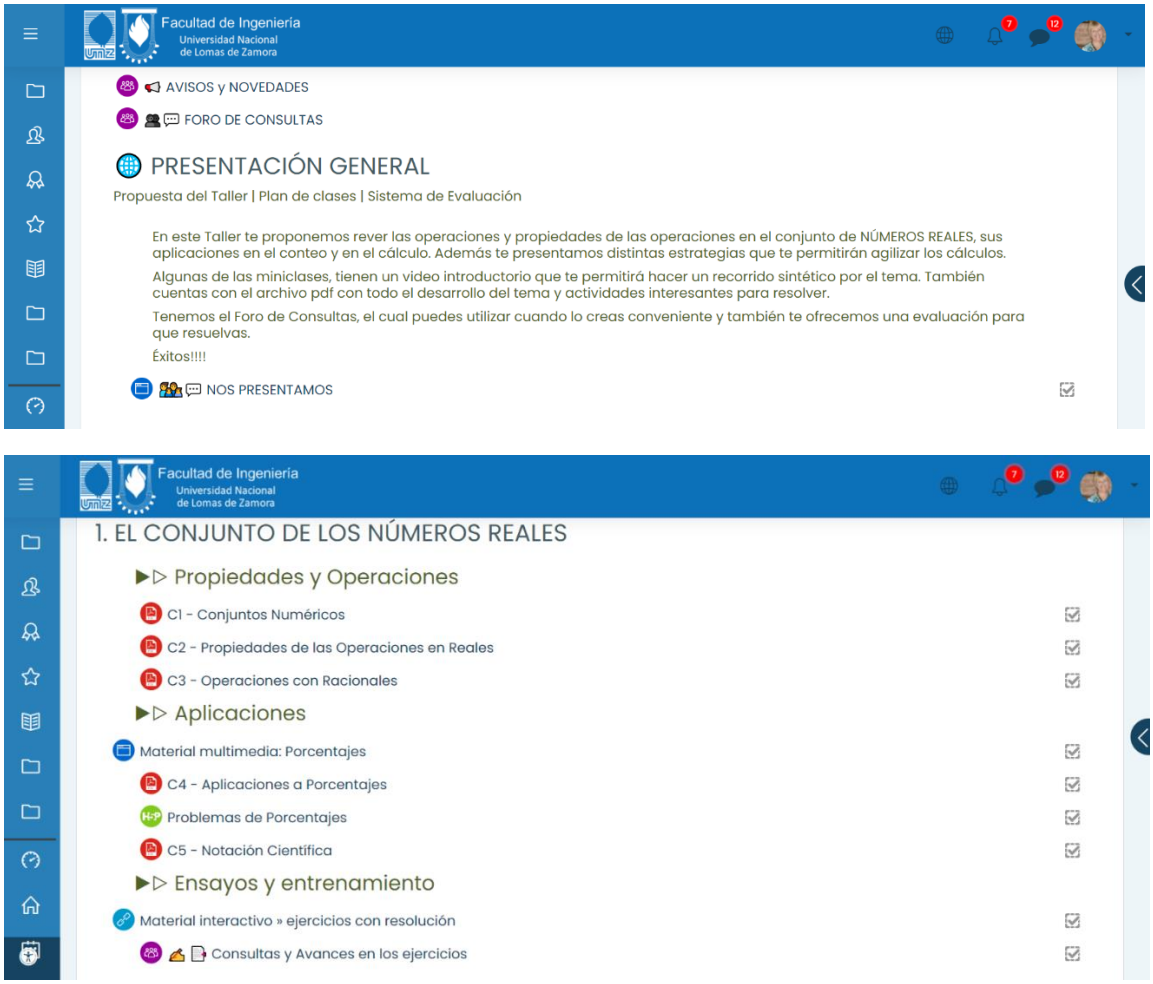


Figura 5: Imágenes del diseño del Taller Números Reales

El seguimiento de los estudiantes en cada uno de los talleres lo realizan Estudiantes Guía, que son alumnos avanzados en la carrera de Ingeniería. La selección de los Estudiantes guía se realizó a través de entrevistas. A su vez, estos estudiantes son supervisados por docentes de la cátedra de Matemática 1.

2. CONCLUSIONES.

La posibilidad de acceder a contenidos previos de matemática que se utilizan en otras materias facilita el aprendizaje y es muy bien valorada por los estudiantes tanto con respecto a las temáticas abordadas como a la estructura de los mismos. Desde el punto de vista del diseño, si bien los resultados obtenidos se consideran valiosos y ofrecen una primera aproximación a las competencias específicas en matemáticas de los ingresantes a carreras de Ingeniería, se considera que existen aspectos a tener en cuenta, tales como:

- Realizar nuevos análisis combinando la información de las encuestas y resultados de ejercicios para respondernos preguntas como: Los ingresantes que manifiestan responder al azar, ¿obtienen resultados distintos respectos de quienes no lo hacen? ¿Qué relación hay entre los tiempos empleados y los resultados? ¿Coincide el resultado del TD con la autopercepción que tiene el ingresante respecto de su conocimiento/habilidad en matemáticas antes de ingresar a la Universidad?

Estos y otros interrogantes permitirán una mayor profundidad del análisis, que derivarán en la optimización de los talleres.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Geogebra. https://www.geogebra.org/

Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics
education. ZDM. The International Journal on Mathematics Education, Vol. 39 (1-2), 127-135.

MasMates. https://www.masmates.com/;

Minnaard, C. (2014), “Análisis de los errores en matemática de los alumnos ingresantes a las carreras de Ingeniería: el Test Diagnóstico en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora”. En: https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/4735

Minnaard, C.; Comoglio, M.; Gentilleti, G. & Cuenca Pletsch, L. (2014). El Test Diagnóstico como herramienta para definir políticas de ingreso y retención en carreras de Ingeniería. En: https://www.researchgate.net/publication/295261582_El_Test_Diagnostico_como_herramienta_para_definir_politicas_de_ingreso_y_retencion_en_carreras_de_Ingenieria

Morell, L.; Cukierman, U.; Vendrell, E.; Buxeda, R.; Rivera, W.; Sjursen, H. (2018) A Developmental Framework for Teaching Expertise for Engineering and Related Disciplines. WEEF-GEDC 2018. Alabama, EEUU.

Pavlicevic, J. (2017) Métodos Prospectivos para el Desarrollo de un Modelo que Contribuya a Optimizar la Eficacia y Eficiencia del Proceso Formativo en Carreras de Ingeniería. Tesis doctoral. En: https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/7000

PHET. Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. https://phet.colorado.edu/
Tobón Tobón, S. (2011) Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica. Ecoe ediciones

TRANSFORMACIONES, HABILIDADES Y COMPETENCIAS DOCENTES

Cerrano, Marta Liliana; Gallegos, María Laura; Gómez, Daniela; Hetze Vanesa

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás

mcerrano@fceia.unr.edu.ar, mgallegos@frsn.utn.edu.ar, danielag@fceia.unr.edu.ar, vhetze@frsn.utn.edu.ar

RESUMEN

Las transformaciones ocurridas en los últimos años han generado un cambio de paradigma en el ámbito laboral, social y en la educación. En particular en educación superior, se ha precipitado la transformación digital. La sociedad se enfrenta a un proceso de socialización. Este cambio se ve reflejado en la educación superior teniendo especial énfasis en las relaciones humanas, en las alianzas interpersonales, en el aprender de los demás; y en el trabajo colaborativo. Por otro lado, los estudiantes que hoy transitan el ámbito universitario tienen características muy distintas a alumnos de años anteriores. Ante los cambios mencionados, un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario y Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Nicolás, se preguntan qué habilidades y competencias deberían tener y/o perfeccionar los docentes, para hacer frente a las transformaciones mencionadas, dado que serán los facilitadores del desarrollo de las habilidades que ahora requieren los estudiantes. En este trabajo, se indaga sobre estas nuevas habilidades, que en alguna medida se pusieron en práctica en la pandemia y ahora muchas de estas se requieren en modo continuo.
En la búsqueda de respuestas a estos interrogantes, además de la revisión bibliográfica, se desarrollaron entrevistas a diferentes actores del ámbito académico, las cuales señalan indicios de posibles caminos a tomar para arribar al objetivo pretendido de formar profesionales con capacidades tanto específicas como genéricas, que puedan interactuar en contextos altamente cambiantes y globales.

Palabras Claves: competencias docentes – gestión de las personas - transformaciones

ABSTRACT

The transformations that have occurred in recent years have generated a paradigm shift in the labor, social and educational spheres. In higher education in particular, the digital transformation has been precipitated. Society is facing a process of socialization. This change is reflected in higher education, with special emphasis on human relations, interpersonal alliances, learning from others, and in collaborative work. On the other hand, the students who today pass through the university environment have very different characteristics from students of previous years. Faced with the added changes, a group of researchers from the Faculty of Exact Sciences, Engineering and Surveying of the National University of Rosario and the National Technological University, San Nicolás Regional Faculty, wonder what skills and competencies teachers will have and/or improve, to face the said transformations, since they will be the facilitators of the development of the skills that students now require. In this work, these new skills are investigated, which to some extent were put into practice in the pandemic and now many of these are required continuously.
In the search for answers to these questions, in addition to the bibliographic review, interviews were carried out with different actors in the academic field, which indicated signs of possible paths to take to arrive at the intended objective of training professionals with both specific and generic capacities, which can interact in highly changing and global contexts

Keywords: teaching skills - people management - transformations

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción y Objetivo

Las transformaciones ocurridas en los últimos años han generado un cambio de paradigma en el ámbito laboral, social y en la educación. En particular en el contexto de Educación Superior, se precipitó globalmente la transformación digital, y paralelamente, un proceso de socialización, que enfatiza en las relaciones sociales, en las alianzas interpersonales, en aprender de los demás; focalizando en el trabajo colaborativo. En el año 2021, como resultado de un proceso de análisis del perfil de egreso se publicaron nuevos estándares del ingeniero industrial. Éstos impulsan la necesidad de revisar institucionalmente los planes de estudio con enfoques curriculares que acentúan el aprendizaje centrado en el estudiante y en las competencias.

El objetivo del presente trabajo es indagar sobre las nuevas habilidades y competencias docentes necesarias para favorecer una enseñanza que pueda hacer frente a las transformaciones mencionadas en educación superior y en particular en Ingeniería Industrial.

1.2 Marco teórico

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (UNESCO, 1995) a finales del siglo XX plasmó en un documento reflexiones sobre fundamentos de cambio y desarrollo de la educación superior en el sistema y sus instituciones. La Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU, 2001) desde el año 2001, así como el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina (CONFEDI, 2005) manifiestan la necesaria revisión general de la enseñanza de la Ingeniería para adecuar la misma a los avances científicos, tecnológicos y los cambios en los esquemas económicos, productivos y sociales ocurridos en los últimos años en nuestro país y en el mundo. Posteriormente, luego de intercambios y debates, se aprobaron las competencias genéricas y las competencias específicas de cada ingeniería.

En 2018, se publicó el “Libro Rojo” (CONFEDI, 2018), que contiene la propuesta de los nuevos estándares para la Educación en Ingeniería en Argentina. Además, se introdujeron cambios en las actividades reservadas con la Res.1254/18 del Ministerio de Educación (ME, 2018). Recientemente, en la Res. ME1543-2021 se establecen los estándares de Ingeniería industrial (ME, 2021).

Las modificaciones planteadas por los diferentes organismos se enfocan en una perspectiva que acentúa el aprendizaje centrado en el estudiante y en el desarrollo de las competencias como horizonte formativo, dado que integran conocimientos, habilidades, destrezas, aptitudes y actitudes.

Las competencias, según Mastaché, *permiten que las personas resuelvan problemas y realicen actividades propias en su contexto profesional para cumplir con los objetivos o niveles preestablecidos, teniendo en cuenta la complejidad de la situación y los valores y criterios profesionales adecuados, mediante la articulación de todos los saberes requeridos* (Mastaché, 2007).

La educación superior, y en este caso particular las Ingenierías, sufrieron un cambio disruptivo por la situación global excepcional de emergencia sanitaria de pandemia, evidenciando viejas y nuevas necesidades, tanto a nivel global como regional. Este contexto refuerza lo manifestado en la Declaración de Valparaíso (ASIBEI, 2013), sobre la necesidad de que los futuros ingenieros puedan resolver problemas cada vez más complejos, contribuyendo a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones de esta índole, trabajando en equipo en un contexto de continuos cambios y adaptaciones. Asimismo, forjar en el seno de la ingeniería profesionales que actúen con ética, responsabilidad profesional y compromiso social considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad, tanto en el contexto local como en el global.

Dado que los problemas actuales son cada vez más complejos, se requiere una visión holística integral e interdisciplinaria, que es alcanzable con trabajo en equipo y colaborativo. Estos problemas requieren profesionales que puedan enfrentar, gestionar, diseñar soluciones y anticiparse en un contexto de incertidumbre.

Delors, J. y otros señalaron que la educación a lo largo de la vida se basa en cuatro pilares: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser (Delors, 1996). Concretamente, un graduado de ingeniería deberá poseer un balance equilibrado de conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística, en la cual considere aspectos

políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales con una perspectiva global, desde las necesidades y el aporte de la profesión a la sociedad.

UNESCO ha publicado dos informes de referencia sobre la ingeniería, con una década de diferencia entre uno y otro. En 2021, publicó el segundo informe titulado "Ingeniería para el desarrollo sostenible: Cumpliendo los objetivos de desarrollo sostenible" (UNESCO,2021). En dicho informe se destaca el papel crucial de la ingeniería en la consecución de cada uno de los diecisiete objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Los ingenieros están en una posición destacada para cumplir con los mismos, son fundamentales para abordar la problemática de la pobreza, la satisfacción de las necesidades básicas, la promoción del desarrollo sostenible, la solución de situaciones de emergencia, trabajando en forma colaborativa. Así, la ingeniería juega un papel fundamental para el desarrollo socioeconómico mundial, con la responsabilidad de cumplir y hacer cumplir los ODS.

La educación es un proceso complejo en el que interactúan diversos factores: estudiantes, docentes, contexto familiar, social, currículo y condiciones de las instituciones. La enseñanza de la ingeniería está condicionada por diferentes cambios que la han hecho evolucionar y a la vez enriquecerse. Para que se produzcan cambios en el proceso educativo, algunas propuestas se fundamentan en comprender y considerar las características propias de los estudiantes, definir y propiciar una profesionalidad docente comprometida con el encargo social, repensar y reconstruir los diversos elementos del currículo, orientándose efectivamente hacia nuevos fines educativos, tener en cuenta y manejar adecuadamente las características del contexto organizativo, cultural y social en el que desarrollan su actividad las instituciones educativas.

En este contexto, definidas las competencias genéricas y específicas de egreso como así también los estándares y nuevas actividades reservadas para el título de futuros ingenieros, desde: el equipo de investigadores surgen los siguientes interrogantes ¿Cuáles son los nuevos perfiles docentes en relación a los entornos interaccionales de aprendizaje? ¿Qué nuevas habilidades y competencias docentes son necesarias para favorecer una enseñanza que pueda hacer frente a las transformaciones presentadas? Es claro que los alumnos requerirán aprender a construir colaborativamente sus propias redes híbridas de aprendizaje, donde los profesores operen como planificadores, orientadores, gestores de estas nuevas modalidades y propuestas.

Varios autores han señalado las cualidades de un docente de excelencia, en particular Gairín (2011), propuso que, para que un buen proceso de docencia se lleve a cabo se requiere, el desarrollo de cuatro competencias: técnicas, metodológicas, sociales y personales.

Las Competencias Técnicas se asocian al conocimiento de la disciplina y el trabajo pedagógico del docente dentro de la currícula. Las Competencias Metodológicas vinculan el conocimiento con la realidad de los alumnos, incorporando las experiencias de los mismos y la interacción con el docente durante el proceso de enseñanza aprendizaje. Las Competencias Sociales se asocian a la habilidad para el trabajo con el otro, en forma colaborativa, bajo criterios acordados colectivamente en función del proyecto educativo de la institución. Finalmente, las Competencias Personales, corresponden a la ética profesional y la responsabilidad en el ejercicio de la profesión.

2. DESARROLLO

Los nuevos estándares publicados en 2021, como resultado de un proceso de análisis del perfil de egreso, impulsan la necesidad de revisar institucionalmente planes de estudio con enfoques curriculares, que acentúan el aprendizaje centrado en el estudiante y en las competencias. Los estudiantes que hoy transitan la carrera universitaria presentan características particulares y nuevos estilos de aprendizaje producto de las mencionadas transformaciones. Los docentes, han desarrollado nuevas habilidades, muchas de ellas puestas en práctica en la pandemia y ahora requeridas de modo continuo. En este trabajo, el equipo de investigación se pregunta: ¿Cuáles son las habilidades y competencias docentes necesarias para facilitar el desarrollo requerido, para favorecer una enseñanza que pueda hacer frente a las transformaciones mencionadas en la Ingeniería Industrial?

El diseño utilizado contempló un enfoque cualitativo. El objeto de estudio es indagar sobre las nuevas habilidades y competencias docentes necesarias para favorecer una enseñanza que pueda hacer frente a las transformaciones.

El enfoque metodológico empleado para realizar el trabajo propuesto fue empírico y exploratorio. Se ha trabajado utilizando investigación-acción, desarrollando un proceso en espiral que incluye cuatro fases: Planificación, Acción, Observación y Reflexión.

A tal fin, la muestra de docentes fue seleccionada con el objetivo de acceder a una valoración o juicio de calidad, eligiendo a los informantes siguiendo criterios estratégicos como: pertinencia, adecuación, conveniencia, oportunidad, experiencia y disponibilidad.

Se contactó a diez docentes de Ingeniería Industrial de ambas instituciones, con el propósito de que exista mayor comprensión acerca del objeto de estudio.

Se realizaron entrevistas semi estructuradas durante el mes de agosto de 2022 a través de reuniones presenciales y virtuales. Las preguntas fueron:

1. *Si hiciera un recorrido por su carrera docente, ¿cómo ha ido cambiando la planificación de las clases?*
2. *¿Cómo maneja las situaciones inesperadas para asegurar la realización de los resultados esperados?*
3. *¿Qué cuestiones en lo personal, emocional, social han cambiado en su perfil docente?*

A continuación, se presenta un resumen de los principales conceptos comunes de las respuestas de los entrevistados, de cada una de las preguntas realizadas:

Acerca del análisis de la carrera docente y haciendo un recorrido introspectivo sobre la planificación de sus clases, los entrevistados coinciden en que la actividad y tarea docente ha cambiado. La mayoría de los docentes expresa que anteriormente las clases eran expositivas y el docente "dictaba" las mismas, pues impartía el saber que se repetía año a año. Era muy rígida la planificación, existiendo en general una separación evidente entre práctica y teoría.

Según los entrevistados, los diversos motivos en los que se basaron los cambios se pueden diferenciar en:

a) *Externos:* como la pandemia, cambios en normativas legales, cambios en el contexto, cambios en los alumnos.
b) *Internos:* dados por la experiencia del docente o experticia del mismo, por reinterpretar las teorías a las nuevas necesidades, adaptarse a la nueva realidad.

Los cambios señalados en la tarea o actividad docente indican una planificación más dinámica, diseñada estratégicamente, con clases mucho más activas, incluyendo ejemplos de la realidad, incorporando tecnologías diferentes, como videos, soportes virtuales (uso del celular, computadoras, redes, etc), libros digitales, simulaciones y actividades lúdicas.

Otra transformación en la planificación radica en la importancia de relacionar los desarrollos teóricos en función de las aplicaciones, incluyendo laboratorios y visitas a planta. Sin división de teoría y práctica, tanto en clases, actividades y exámenes.

Con respecto a los nuevos estudiantes, las características de los mismos han cambiado mucho, y ello implicó en una variación importante en las planificaciones. Los estudiantes en general son mucho más activos y participativos, hábiles en la tecnología e inmersos en ella. Por lo tanto, las planificaciones tienen un enfoque centrado en los estudiantes, pensando al docente como un facilitador, que año a año reflexiona lo realizado para detectar posibles mejoras y actualizaciones, analizando en forma constante las dificultades que los alumnos presentan y así variar y mejorar el modo de llegar a que los estudiantes sean hábiles en contenidos de diferentes complejidades.

Respecto a situaciones de incertidumbre en el contexto de planificación y clases, según lo resaltado por los docentes entrevistados, se han presentado diversas situaciones inesperadas. El común denominador ha sido la pandemia por Covid desatada en el año 2019, pero también han mencionado otras, como por ejemplo cortes inesperados de Internet, tener que abandonar el dictado de clases presenciales por imprevistos variados, presentarse a un examen y que la cantidad de aulas necesarias es menor a la requerida. Así como, presenciar reacciones inesperadas de los alumnos.

Algunos docentes mencionaron que lo inesperado les generó estrés, ya que han tratado de solucionar el inconveniente en el momento de la mejor manera posible, no sabiendo si daría o no el resultado esperado. Describieron que el oficio y la experticia contribuyeron a enfrentar algo que no estaba previsto. En general, remitieron que, para sortear estas dificultades, se basaron en la comunicación entre pares y trabajo colaborativo.

Otro riesgo que han detectado es la permanencia en el cursado, en especial luego de transitar el período de pandemia, en el cual el vínculo individual y el seguimiento se complejizó mucho. Para enfrentar esta situación, se reforzaron las tutorías y se programaron charlas de acompañamiento, particularmente en los primeros años de la carrera.

Desde la planificación, se pensaron planes alternativos o planes de contingencia para estar más preparados ante posibles cambios y tener mucha flexibilización. Indicaron que más allá de las dificultades o imprevistos siempre es posible reinventarse para seguir con los objetivos planteados.

Las modificaciones en las estructuras del equipo de cátedra también han sido motivo de adaptación al cambio y transformación de la propuesta de la asignatura, incluso teniendo que realizar propuestas para las nuevas interacciones y relaciones comunicacionales, necesarias para abordar los temas de los espacios curriculares.

Respecto a otras cuestiones que hacen al ejercicio de la docencia, los entrevistados mencionan que el perfil docente se ha modificado por cambios externos, pues ha variado mucho el contexto y los alumnos (que pertenecen a una generación que ha nacido con lo digital y presenta códigos diferentes de vinculación), como así también por cambios internos propios del docente. Actualmente, existe una mayor gestión de la diversidad, el admitir que todos somos iguales y diferentes a la vez, haciendo un mutuo reconocimiento del otro y aceptándolo tal como es. Entendiendo sus principios, sus necesidades, siempre basados en mutuo respeto. Sabiendo que para que exista un docente debe existir un estudiante, que requiere de acompañamiento y ayuda para su formación y profesionalización.

En la actualidad, se vislumbra un tratamiento más cercano, tendiendo a acortar brechas comunicacionales y con una necesidad de búsqueda de soluciones que interpela al intercambio de doble vía. Es importante la revalorización de las clases presenciales que manifiestan muchos de los docentes, ya que establece una comunicación verbal y gestual al observar a los estudiantes en forma directa, que se había perdido con la virtualidad, cuestión que los estudiantes, según comentan los propios docentes, también valoran.

Para el proceso de reducción de los datos recabados en las entrevistas se recurrió a la codificación, identificación de palabras claves y segmentos, identificación de patrones recurrentes, categorización.

Para tal fin, se infieren cuatro unidades de análisis:

- *Habilidades técnicas y didácticas,* que se refiere al diseño estratégico de las clases y a su proceso de mejora. Claramente, esta unidad de análisis presenta a la enseñanza y aprendizaje como la gestión del producto que se entrega a los estudiantes.
- *Habilidades personales y del ejercicio profesional,* que describen la formación, experiencia y responsabilidad. Aquí la gestión docente se visibiliza como la gestión de las personas.
- *Habilidades metodológicas,* que refiere al proceso de planificación, su estructura y la flexibilidad que requiere la misma. En este caso la planificación y métodos tratan de la gestión del proceso.
- *Habilidades de extensión social,* que trata sobre el contexto y las interacciones con un enfoque individual y colectivo. Aquí el contexto y los medios infieren sobre la gestión de las interacciones.

En la figura 1, se presenta el mapa conceptual que se elabora a partir de lo expresado anteriormente:

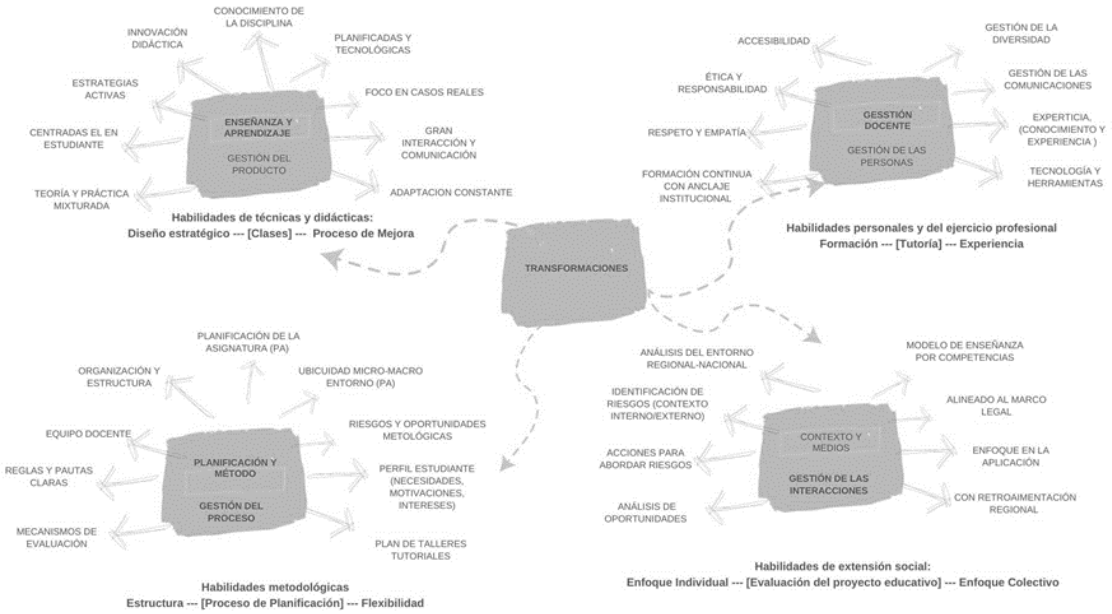


Figura 1: Mapa conceptual: transformaciones, habilidades, y competencias docentes.

La oferta en conjunto de habilidades técnicas y didácticas, que tienen sentido y se fortalecen con el conocimiento docente de la disciplina, permiten gestionar **el proceso de la enseñanza y el aprendizaje**, con agregados de valor como la innovación, estrategias mixturadas y complementarias, herramientas y tecnología, enfoque en las aplicaciones y soluciones, etc. El análisis de este primer bloque de relaciones focaliza en la necesidad de un diseño estratégico de clases, que, a la vez, focalice en la búsqueda permanente del proceso de mejora continua por parte del equipo de cátedra, internalizando el concepto de gestión del servicio educativo.

El proceso de planificación de la asignatura dependerá del equipo docente, su organización, estructura y ubicuidad, como también de la detección de expectativas del estudiante para el desarrollo de habilidades metodológicas que transitan entre lo estructurado y lo flexible, incluyendo reglas y pautas claras, talleres, mecanismos de evaluación, análisis de riesgos.

La gestión docente implica administrar habilidades personales al mismo tiempo que la responsabilidad por el ejercicio profesional, transversalizando el manejo de la diversidad, la accesibilidad, el respeto, la empatía y la gestión de las comunicaciones. Luego, la formación continua (anclada en políticas institucionales) experticia y nuevas tecnologías, interviene en un balance equilibrado entre formación y experiencia para la tutoría docente.

Finalmente, un análisis de contexto habilita la gestión de relaciones, desde un análisis que involucra los riesgos, el análisis de oportunidades, el marco legal y reglamentario, el diseño curricular (por competencias), posibilitando una retroalimentación regional y de extensión, en una sinergia balanceada entre el enfoque individual y el colectivo para evaluar el proyecto educativo.

3. CONCLUSIONES.

Este trabajo se enfocó en analizar uno de los factores (el docente) que componen la educación, recordando que es un proceso complejo donde interactúan estudiantes, docentes, contexto familiar, social, currículo, condiciones de las instituciones, entre otros.

Los resultados iniciales señalan habilidades de los docentes, tanto técnicas como didácticas; personales y del ejercicio profesional; metodológicas y de extensión social requeridas por los docentes para hacer frente al objetivo pretendido de formar profesionales con capacidades tanto específicas como genéricas, que puedan interactuar en contextos altamente cambiantes y globales.

Las habilidades mencionadas no son excluyentes entre sí, sino complementarias y cada docente presenta estas capacidades en distinto grado. Las mismas están en consonancia con los cuatro tipos de competencias docentes (técnicas, metodológicas, sociales y personales).

De lo relevado en las entrevistas y lo plasmado en el mapa conceptual, se observa que las transformaciones favorecen la formación de un profesional docente contemporáneo haciendo foco en la gestión de las personas, del contexto y los medios.

El principal reto de las ingenierías es cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible utilizando el conocimiento científico y experiencia para convertir las ideas innovadoras en proyectos de sostenibilidad para el beneficio de todos. Para esto la ingeniería deberá contar con profesionales que se adapten al cambio, flexibles, con diversas habilidades sociales e interpersonales, así como enfocados en la creatividad, el análisis y el diseño.

Las transformaciones y cambios señalados por los docentes que se infieren del estudio realizado a través de las entrevistas constituyen un aporte preliminar, con indicios de posibles caminos a tomar para arribar al objetivo pretendido de formar profesionales con capacidades tanto específicas como genéricas, que puedan interactuar en contextos altamente cambiantes y globales, y que dará lugar a una investigación posterior más profunda sobre esta temática.

4. REFERENCIAS.

ASIBEI (2013) Declaración de VALPARAISO sobre competencias genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano. Valparaíso

CONEAU (2001), Aportes para la reformulación de la propuesta del CONFEDI documento de Trabajo.

CONFEDI (2005) Proyecto estratégico para la reforma curricular de las Ingenierías Santa Fe.

CONFEDI (2006). Competencias Genéricas. Desarrollo de competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina. San Juan, Facultad de Ingeniería-UNSJ.

CONFEDI (2018) Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería de la República Argentina “Libro Rojo del CONFEDI”. Rosario.

Delors, J. (1996.): “Los cuatro pilares de la educación” en La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión internacional sobre la educación para el siglo XXI, Madrid, España: Santillana/UNESCO. pp. 91-103.

Gairín, J.(2011), Formación de profesores basada en competencias, Bordón, 63 (1), 93-108.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2018). Resolución 1254. “Actividades Profesionales reservadas al título de Ingeniero Industrial”. Buenos Aires, Argentina.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2021). Resolución 1543. “Estándares para la Acreditación - Ingeniero Industrial Anexo IV”. Buenos Aires, Argentina.

Mastaché, A. (2007). Formar personas competentes, Ediciones de novedades educativas de México s.a. Buenos Aires.

UNESCO (1995). Documento de Política para el Cambio y el Desarrollo en la Educación Superior

UNESCO (2021). Ingeniería para el desarrollo sostenible. Recuperado de: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/08/sabes-cuales-son-los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible/

INTELIGENCIA EMOCIONAL Y LIDERAZGO EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

D´Onofrio, María Victoria; Morcela, Oscar Antonio

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata
vickyfi@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

En la formación del ingeniero industrial se trabaja para el desarrollo de diferentes competencias que el futuro profesional debe adquirir a lo largo de su estancia en la universidad. Durante la carrera se aspira que una de las competencias que desarrolle es la de liderazgo, sin embargo no todos presentan habilidades acordes en el momento de su egreso. Las emociones juegan un papel importante en la comprensión de las organizaciones y amplían esta visión en la enseñanza del liderazgo. Desarrollar la inteligencia emocional sugiere que aquellos que ocupen cargos directivos deben actuar de forma proactiva para introducir prácticas que ponen estas herramientas en acción. La contribución de considerar la inteligencia emocional en el rol empresarial radica en entender el papel de las emociones en el liderazgo, y la necesidad de tener en las empresas profesionales que sean más conscientes de cómo manejar las emociones propias y las de sus seguidores. El presente trabajo se centra en el estudio de la relación entre la competencia de liderazgo y las competencias emocionales en estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Utilizando cuestionarios validados, se evaluaron las competencias indicadas y se estudiaron las correlaciones existentes entre ellas, obteniendo puntos de encuentro que pueden traducirse en el grado de importancia que adquiere la inteligencia emocional y el liderazgo en un contexto organizacional.

Palabras Claves: liderazgo, inteligencia emocional, competencias.

ABSTRACT

In the training of the industrial engineer, work is done to develop different skills that the future professional must acquire throughout their stay at the university. During the degree, it is hoped that one of the competencies to be developed is leadership, however, not all of them have the appropriate skills at the time of graduation. Emotions play an important role in understanding organizations and extend this vision in leadership teaching. Developing emotional intelligence suggests that those in management positions need to be proactive in introducing practices that put these tools into action. The contribution of considering emotional intelligence in the business role lies in understanding the role of emotions in leadership, and the need to have professionals in companies who are more aware of how to manage their own emotions and those of their followers. The present work focuses on the study of the relationship between leadership competence and emotional competences in students of the last year of the Industrial Engineering degree at the National University of Mar del Plata. Using validated questionnaires, the indicated competencies were evaluated and the existing correlations between them were studied, obtaining meeting points that can be translated into the degree of importance that emotional intelligence and leadership acquire in an organizational context.

Keywords: leadership, emotional intelligence, competencies.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la inteligencia emocional (IE) está creciendo y se sostiene a través de centenares de estudios e investigaciones. Martínez (1997) citado por Jácome Ortega, M. J. y Lapo Maza, M. C. (2015) la define como un conjunto de habilidades no cognitivas y competencias que influyen en la capacidad de una persona para hacer frente a las demandas y presiones externas. Esto se refiere a la aptitud del individuo de mejorar su capacidad de raciocinio y, al mismo tiempo, cómo utilizar mejor la energía de sus emociones, la sabiduría de su intuición y el poder inherente en la habilidad que posee de conectarse con sí mismo y con las personas que lo rodean (Cooper, R. K. & Sawaf, A., 1998). La IE comienza con la conciencia de uno mismo y también con la conciencia social, es decir, cuando somos capaces de reconocer las emociones y su impacto en todo lo que nos rodea (Andrade Vega, K., 2021). Goleman define a la IE como la capacidad para dirigirnos con efectividad a los demás y a nosotros mismos, de conectar con nuestras emociones, de gestionarlas, de automotivarnos, de frenar los impulsos y de vencer las frustraciones (Goleman, D., 2000). Es por ello que definió seis competencias simples de la IE, que son: autoconsciencia, autoconfianza, empatía, autocontrol, motivación y competencias sociales. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las dimensiones que abarca cada una.

Tabla 1 Dimensiones de las competencias emocionales de la IE

AUTOCONSCIENCIA
Reconocer las emociones propias y sus efectos.
Conocer los valores propios, fortalezas y debilidades.
AUTOCONFIANZA
Valorar las capacidades propias.
EMPATÍA
Comprender a los demás, captar sus sentimientos y puntos de vista.
Interesarse activamente por las cosas que les preocupa.
AUTOCONTROL
Gestionar las emociones y los impulsos conflictivos.
Asumir la responsabilidad de la propia actuación personal.
MOTIVACIÓN
Iniciar, guiar y mantener las conductas orientadas a lograr un objetivo o satisfacer una necesidad.
Tomar conciencia de la importancia que tiene cumplir con el desarrollo de una actividad.
COMPETENCIAS SOCIALES
Brindar respuestas adecuadas a las demandas sociales del contexto.
Fomentar compromiso, proactividad, cooperación y esfuerzo.

Varios autores coinciden que en el campo laboral, aquellas personas que sepan manejar sus emociones sabrán cómo dirigir un equipo con mayor éxito, y no solo serán más aptos para llevar a cabo las habilidades de persuasión y motivación, sino que también entenderán mejor a los miembros de su grupo, sabrán cómo relacionarse con ellos y cómo ayudarlos resolver inconvenientes. Asimismo se ha estudiado la IE en relación a la variable de género (Gartzia et al, 2012; Candela Argulló et al, 2002) y se ha postulado que la aceptación de rasgos de expresividad por parte de las mujeres podría explicar sus mayores puntuaciones en IE.

El liderazgo es definido como la capacidad de influir, motivar, organizar y llevar a la acción para el libre logro de sus fines y objetivos, a las personas, grupos y sociedades, en un marco de valores (Yarce, J., 2008). Según Goena Rodríguez las personas capaces de impulsar procesos que influyan en los demás de modo que se sientan motivados para realizar un esfuerzo con el fin de lograr un determinado objetivo o una meta, indudablemente deben estar dotadas de ciertas competencias o

aptitudes para poder ser consideradas líderes (Goena Rodríguez, A., 2015) . En este sentido el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería estableció que la "Competencia de Liderazgo" está compuesta por diversas capacidades que se enuncian a continuación (CONFEDI, 2006).

- Ser capaz de comprender, valorar e integrar las metas, necesidades y características individuales y grupales.
- Ser capaz de reconocer y aprovechar las fortalezas del grupo y de sus integrantes y de minimizar y compensar sus debilidades.
- Ser capaz de planificar, ejecutar y evaluar proyectos y tareas grupales.
- Ser capaz de planificar y coordinar reuniones.
- Ser capaz de planificar y gestionar el desarrollo de los integrantes (*mentoring*, *coaching*, *counseling*).
- Ser capaz de priorizar necesidades y objetivos.
- Ser capaz de utilizar las estrategias requeridas para el mantenimiento y el desarrollo del grupo y de sus integrantes.
- Ser capaz de implementar las estrategias adecuadas para la reflexión, evaluación y auto-evaluación en el grupo.
- Ser capaz de ejercer la representación del grupo.
- Ser capaz de identificar el tipo de liderazgo apropiado en cada situación.
- Ser capaz de crear las condiciones que permiten prevenir y anticipar conflictos.
- Ser capaz de identificar, comprender y resolver problemas de funcionamiento grupal vinculados tanto a la tarea como al proceso grupal.

Al comparar las capacidades que integran la competencia de liderazgo establecida por CONFEDI, se observa que el componente emocional se manifiesta en la mayoría. En concreto, el pensamiento estratégico ligado a la obtención de resultados, la capacidad de liderar los cambios, de motivar a los demás y las habilidades de comunicación y sociales pueden verse latentes en el perfil del líder. Por lo tanto se infiere que las habilidades emocionales del individuo, tanto personales como en relación a los demás, pueden ser claves a la hora de determinar si se está en la presencia de un líder. Es por ello que Jácome Ortega y Lapo Maza afirman que el constructo IE ha generado progreso en el campo científico como una construcción viable e importante dentro del desenvolvimiento organizacional que involucre a los líderes actuales (Jacome Ortega, M. J. & Lapo Maza, M. C.; 2015).

Goena Rodriguez afirma que las competencias que poseen y caracterizan a los líderes son las emocionales; y después de haber profundizado acerca de la IE y analizado, entre otros, su rol como indicador de éxito en el ámbito laboral, apunta a que su papel en el liderazgo resultará fundamental y decisivo (Goena Rodriguez, A., 2015). En su trabajo ratifica que cuanto mayor sea la capacidad de autocontrol, autoevaluación, motivación y cooperación de una persona, mayor será la probabilidad de que esa persona se convierta en mejor líder. Goleman manifiesta que las habilidades intelectuales y técnicas son relevantes y que son los requisitos de nivel de entrada para los cargos ejecutivos, pero en sus investigaciones demuestra que la IE es la condición *sine qua non* del liderazgo. Expresa: "Sin inteligencia emocional, una persona puede tener la mejor formación en el mundo, una mente incisiva y analítica, y una fuente inagotable de ideas inteligentes, pero aun así no llegará a ser un gran líder" (Goleman, D., 2015).

Asimismo, en trabajos empíricos (Del Valle, Santiago y Lugo, 2010) tendientes a evaluar particularidades de estilo de liderazgo según género, se ha informado niveles superiores de liderazgo directivo y en actividades orientadas a la tarea, para muestras de mujeres ejecutivas en empresas en comparación con muestras de varones en el mismo rol.

En la formación del ingeniero industrial se trabaja para el desarrollo de diferentes competencias que el futuro profesional debe adquirir a lo largo de su tránsito por la universidad. Particularmente la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) se ha avanzado en el estudio de la evolución del desarrollo de distintas competencias sociales, políticas y actitudinales, según la clasificación dada por el CONFEDI (CONFEDI, 2006). Desde el 2011 se proyectó evaluar la adquisición de algunas de ellas, cuantificándolas mediante la realización de estudios sistemáticos. Se aspira a que los estudiantes desarrollen, entre otras, la "Competencia de liderazgo", sin embargo no todos presentan habilidades acordes en el momento de su egreso. El presente trabajo se centra en el estudio de la relación entre la IE y la "Competencia de liderazgo" en estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP. Utilizando cuestionarios validados, se evaluaron las competencias indicadas y se estudiaron las correlaciones existentes entre ellas, obteniendo puntos de encuentro que pueden traducirse en el grado de importancia que adquiere la IE en relación al liderazgo en un contexto organizacional.

2. DESARROLLO

2.1. Materiales y métodos.

Para los fines del presente trabajo la población estuvo conformada por 28 estudiantes (19 mujeres y 9 varones) del último año de la carrera de Ingeniería Industrial de la UNMDP, que cursaron y participaron con frecuencia de las clases de una asignatura. La información se recolectó utilizando como instrumentos dos cuestionarios.

Tabla 2 Test de Emily Sterrett

AUTOCONSCIENCIA

1- Soy consciente de las reacciones físicas (gestos, dolores, cambios súbitos) que señalan una reacción “visceral” emocional. 2- Me tomo un descanso o utilizo otro método activo para incrementar mi nivel de energía cuando noto que está decayendo. 3- Cada día dedico algo de tiempo a la reflexión. 4- Normalmente soy capaz de identificar el tipo de emoción que siento en un momento. 5- Tengo muy claro cuáles son mis propias metas y valores.

AUTOCONFIANZA

6- Admito de buena gana mis errores y me disculpo. 7- No me cuesta demasiado asumir riesgos prudentes. 8- Tomo la iniciativa y sigo adelante con las tareas que es necesario hacer. 9- Por lo general me siento cómodo en las situaciones nuevas. 10- Expreso mis puntos de vista con honestidad y ponderación, sin agobiar.

EMPATÍA

11- Normalmente tengo una idea exacta de cómo me percibe la otra persona durante una interacción específica. 12- Puedo participar en una interacción con otra persona y captar bastante bien cuál es su estado de ánimo en base a las señales no verbales que me envía. 13- Cuento con varias personas a las que puedo recurrir y pedir su ayuda cuando lo necesito. 14- Puedo demostrar empatía y acoplar mis sentimientos a los de la otra persona en una interacción. 15- Centro toda mi atención en la otra persona cuando estoy escuchándola.

AUTOCONTROL

16- No me aferro a los problemas, enojos o heridas del pasado y soy capaz de dejarlos atrás para avanzar. 17- Me abro a las personas en la medida adecuada, no demasiado, pero lo suficiente como para no dar la impresión de ser frío y distante. 18- Me abstengo de formarme una opinión sobre los temas y de expresar esa opinión hasta que no conozco todos los hechos. 19- No escondo mi enojo pero tampoco lo traslado a otros. 20- Puedo controlar mis estados de ánimo y muy raras veces llevo las emociones negativas al trabajo (o a clase).

MOTIVACIÓN

21- Hay varias cosas importantes en mi vida que me entusiasman y lo hago patente. 22- Normalmente, otros se sienten inspirados y animados después de hablar conmigo. 23- Intento encontrar el lado positivo de cualquier situación. 24- Soy capaz de seguir adelante en un proyecto importante, a pesar de los obstáculos. 25- Creo que el trabajo que hago cada día tiene sentido y aporta valor a la sociedad.

COMPETENCIAS SOCIALES

26- Tengo facilidad para conocer o iniciar conversaciones con personas desconocidas cuando tengo que hacerlo. 27- No tengo ningún problema a la hora de hacer una presentación a un grupo o dirigir una reunión. 28- Soy capaz de afrontar con calma, sensibilidad y de manera proactiva las manifestaciones emocionales de otras personas. 29- Los demás me respetan y les caigo bien, incluso cuando no están de acuerdo conmigo. 30- Puedo persuadir eficazmente a otros para que adopten mi punto de vista sin coacciones.

Para la IE cada estudiante realizó una autoevaluación a través de formularios de Google Forms. Se utilizó el Test de Inteligencia Emocional de Emily Sterrett (Velastegui Hernández et al, 2021). Consta de 30 ítems, que se dividen en 6 secciones de 5 preguntas cada una, evaluando las competencias de autoconciencia, autoconfianza, empatía, motivación, autocontrol y competencia social, según las dimensiones establecidas por Goleman. Cada ítem se cuantifica con una puntuación de entre 1 a 5 en escala Likert, siendo 1-nunca y 5-siempre (Tabla 2). La valoración final de cada competencia emocional se compone de la suma de los puntos de las preguntas para cada categoría. Al resultado final se le realizó un cambio de escala Likert entre 0 y 10. Acá agregaría los datos de validación del test, traté de buscarlos pero no lo encontré al artículo

La grilla de evaluación de la competencia de liderazgo fue completada por el docente responsable de la asignatura, utilizando el cuestionario elaborado por los autores del presente trabajo y que tomaron como base las capacidades específicas de la competencia "Capacidad para coordinar o liderar equipos de trabajo", extraída del grupo de las competencias genéricas, en la actualidad denominadas "sociales, políticas y actitudinales", establecidas por el CONFEDI, teniendo en cuenta las aptitudes que el estudiante de Ingeniería Industrial debe adquirir a lo largo de su carrera (CONFEDI, 2019). Cada descriptor de la competencia se traduce en una pregunta, y se le debe asignar un valor de 0 a 3 según el grado de cumplimiento que haya observado el estudiante siendo 0-nada y 3-siempre (Tabla 3). Posteriormente se aplicó la metodología desarrollada por María José García García y sus colaboradores sobre medición de competencias (García García M. J. et al, 2011). Los resultados de la evaluación de la competencia se obtienen mediante la Ecuación 1:

$$R = 10 * [\sum p_i / (n * 3)] \quad (1)$$

donde "pi" es la puntuación obtenida en cada elemento (con valores desde 0 a 3) y "n" es el número de elementos que se evalúa. El resultado es una calificación de 0 a 10 sobre el desarrollo de la competencia para cada estudiante.

Los instrumentos utilizados se encuentran validados a partir de juicio de expertos en diferentes trabajos de investigación (Velastegui Hernández et al, 2021; D´Onofrio y Morcela, 2022).

Tabla 3.Cuestionario de valoración del liderazgo.

PREGUNTA
1. ¿Posee capacidad para trabajar en equipo?
2. ¿Propuso un orden de trabajo dentro del grupo?
3. ¿Transmite claramente a sus compañeros la metodología de trabajo a seguir?
4. ¿Demuestra capacidad de interactuar con sus compañeros, asistirlos motivarlos y fomentar su crecimiento?
5. ¿Evaluó los resultados de su trabajo?
6. ¿Evaluó los resultados del trabajo grupal?
7. ¿Se comunica con otras personas, demostrando las ideas de su grupo y las defiende como propias?
8. ¿Lidera y/o dirige el equipo?
9. ¿Se adaptó a la aparición de otros de otros líderes dentro del grupo?
10. ¿Insistió en la necesidad de colaborar entre todos para alcanzar el objetivo?

2.2. Resultados.

En la valoración obtenida para cada competencia de la IE en comparación con las cualidades del liderazgo, se verifica la observación de Goleman (1998) que predice que el desarrollo de las competencias emocionales es condición necesaria para el desarrollo del liderazgo. En la *Figura 1* se observa la tendencia mostrada por la competencia de liderazgo (línea lleva azul) y las dimensiones de la IE.

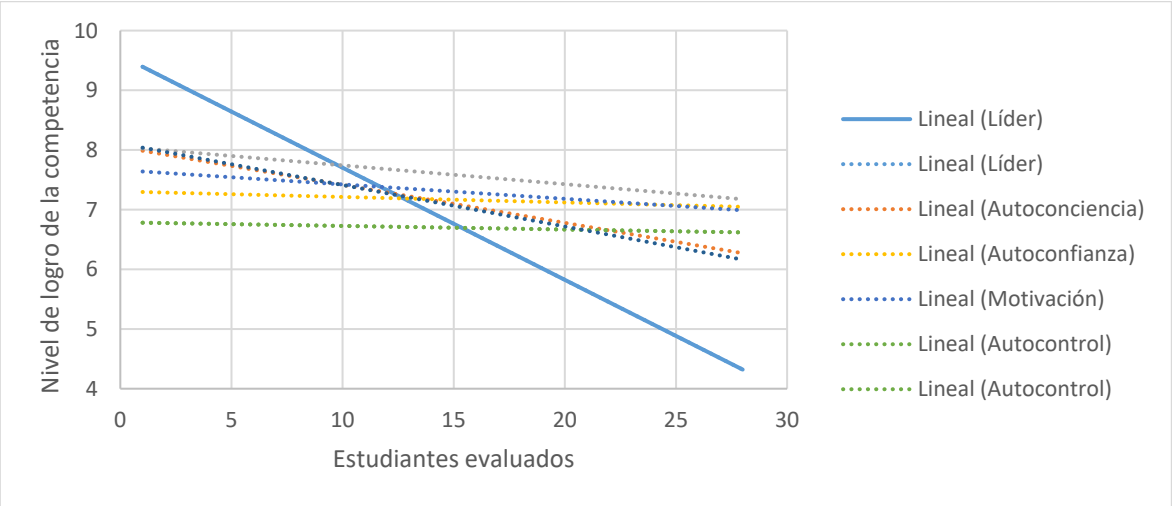


Figura 1: Comparativa de los resultados de la medición de la competencia de liderazgo y las dimensiones de la Inteligencia Emocional

Asimismo se observó que un grupo de las dimensiones de la IE presentaron una tendencia fuertemente vinculada al Liderazgo mientras que otro grupo resulte menos incidente. Es por ello que se decidió presentar los resultados por separado, en dos gráficos diferenciando ambas situaciones. En la Figura 2 se contrasta el valor de las competencias emocionales de autoconsciencia, empatía y competencias sociales, con la de liderazgo, mientras que en la Figura 3 se procede del mismo modo con las restantes: autoconfianza, motivación y autocontrol. Para comodidad en la visualización, los estudiantes se colocaron en el modo decreciente del nivel de logro obtenido en la competencia de líder.

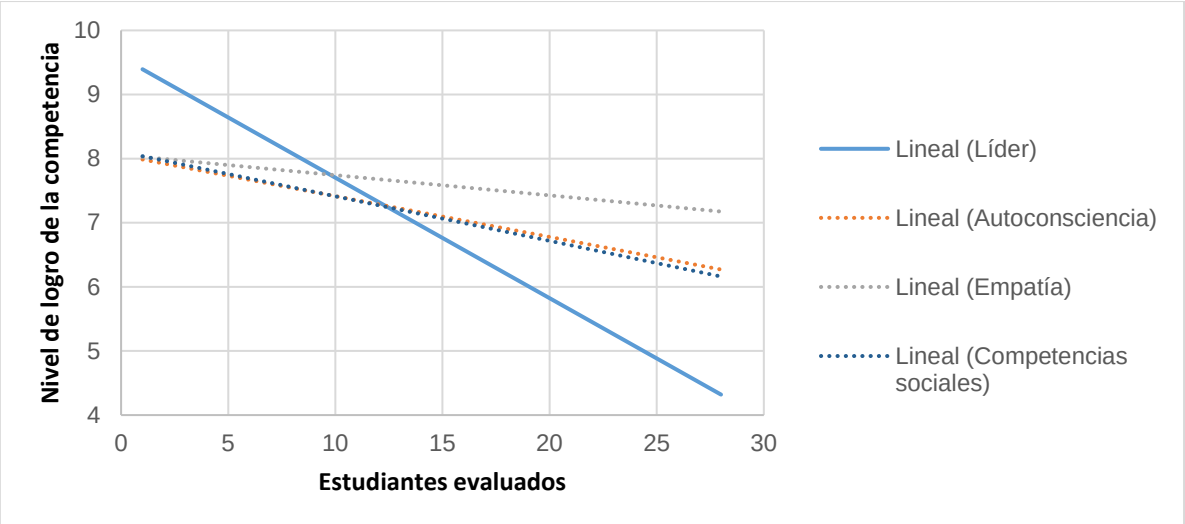


Figura 2: Tendencia de las competencias: Autoconsciencia, Empatía, Competencias Sociales y Líder.

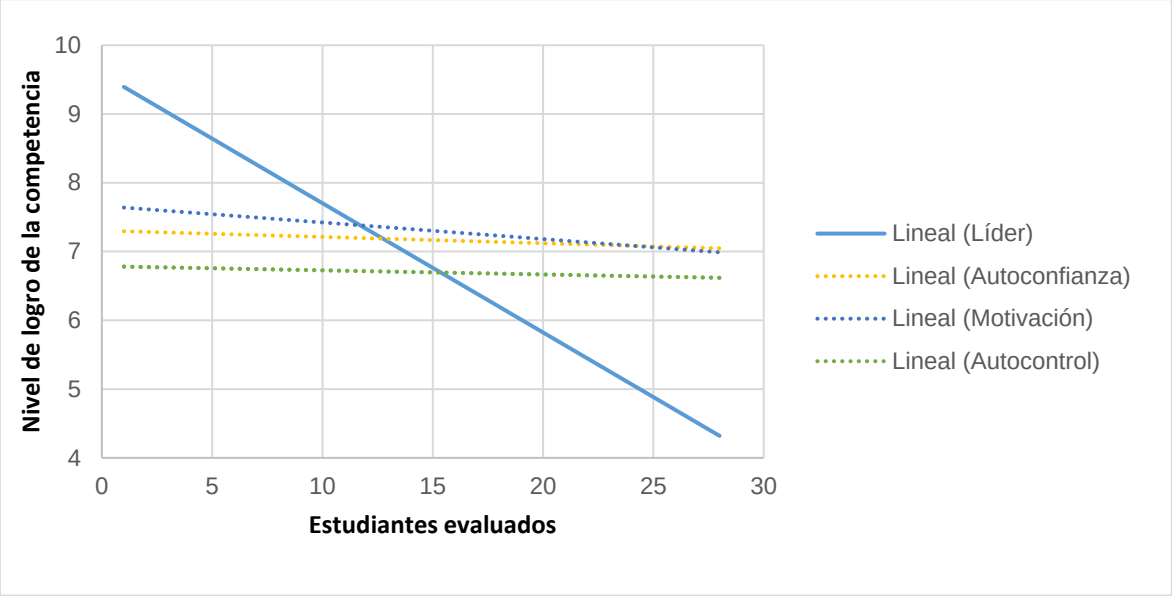


Figura 3: Tendencia de las competencias: Autoconfianza, Motivación, Autocontrol y Líder.

El análisis diferenciado mostrado en las Figuras 2 y 3 puede complejizarse aún más intentando particularizar los resultados si existe una correlación observable en lo que respecta al género del individuo considerado. Para avanzar en ese estudio se presenta en la *Figura 4* la comparativa de resultados en la muestra de mujeres, donde se verifica una relación acentuada entre el liderazgo y la IE, aunque se puede mencionar que la Autoconfianza auto percibida presenta una tendencia inversa al nivel de logro del resto de las variables medidas.

En la *Figura 5* se observa la comparativa de niveles de logro alcanzados en la muestra de varones y aparecen particularidades muy notorias. En primer lugar, se observa que el nivel de logro de la competencia de liderazgo es mucho menor que en la muestra de mujeres, aunque es más homogéneo a lo largo de la muestra. Asimismo, las únicas dimensiones de la IE que acompaña la tendencia del liderazgo son empatía y la autoconfianza, mientras que el resto de las dimensiones muestran una relación inversa.

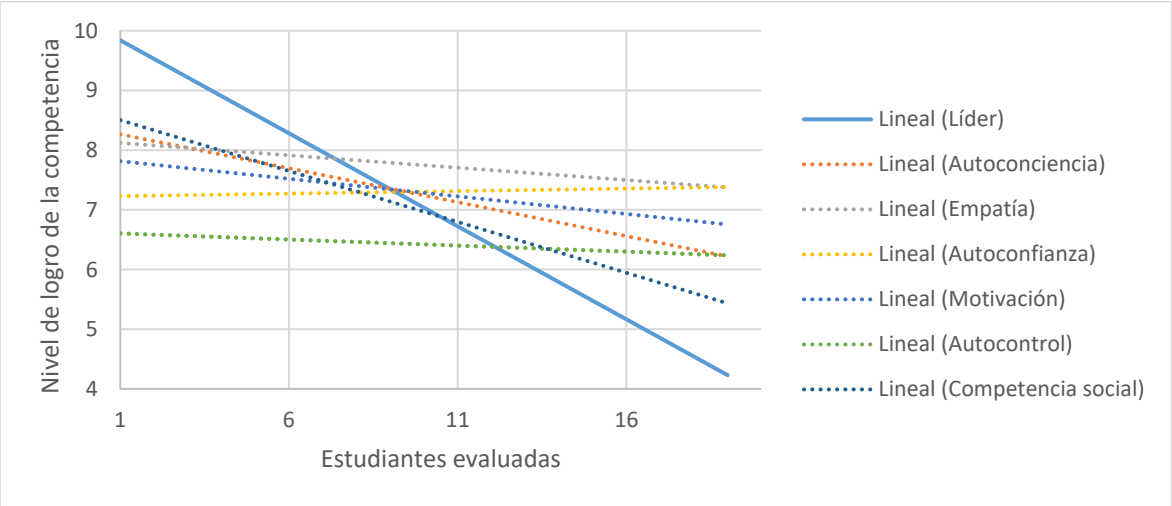


Figura 4: comparativa de niveles de logros alcanzados en la muestra de mujeres

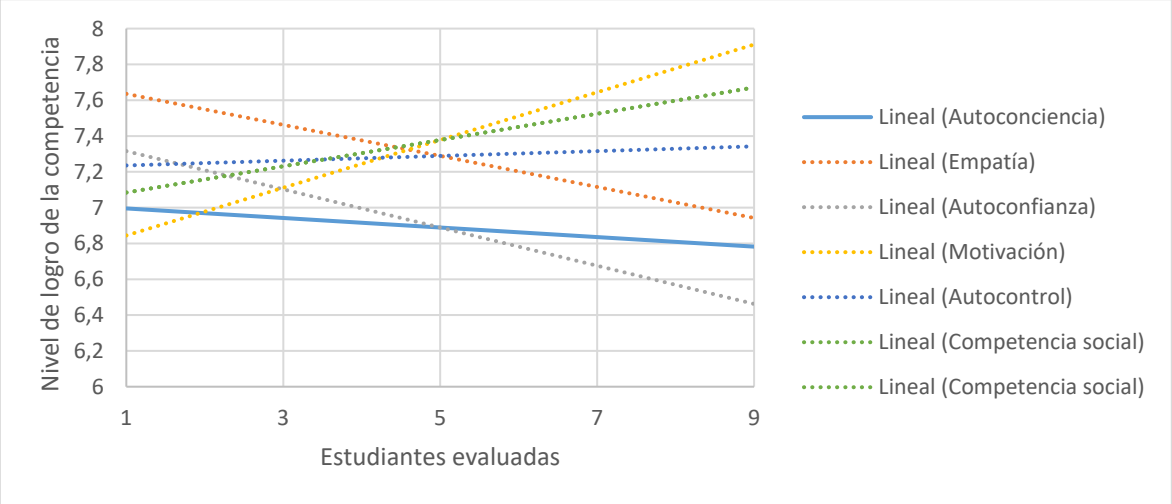


Figura 5: comparativa de niveles de logro alcanzados en la muestra de varones

El análisis en relación a la variable de género es consistente con las previsiones iniciales ya que se corresponde con resultados empíricos reseñados en la introducción. De todos modos, por la composición y tamaño de la muestra considerada, no puede tomarse como una referencia concluyente el conjunto de observaciones dadas, sino más bien como una indicación de tendencia que podría ser objeto de indagaciones posteriores.

3. CONCLUSIONES.

La hipótesis inicial del trabajo, respaldada profusamente por los autores de referencia y por trabajos previos realizados, permitía inferir que mediante un análisis cuantitativo de ambas competencias (IE y liderazgo) los puntos de encuentro serían evidentes.

La primera aproximación arrojó resultados pertinentes para la muestra, demostrando que el liderazgo está fuertemente asociado a tres competencias emocionales: autoconsciencia, empatía y competencias sociales. Lo cual es razonable porque, según lo señalado por los autores consultados, para ser un buen líder es fundamental tener la capacidad de conocer e identificar sus emociones y sentimientos, y distinguir cómo afectan a sus acciones y a su comportamiento. Además el líder tiene que ser capaz de comprender a los demás y estimularlos hacia el servicio, y le corresponde gestionar conflictos, colaborar y cooperar con el equipo.

Con respecto al resto de las competencias emocionales (autoconfianza, autocontrol y motivación) que se presentan menos influyentes en el grupo de estudio, se puede inferir que se compensan mutuamente con las anteriores para el logro de objetivos, es decir que cuando unas se ven disminuidas, otras se agudizan para compensar su efecto. Si se avanza en la evaluación de los resultados diferenciada por género se puede observar que es posible explicar algunas aparentes inconsistencias con base en las particularidades de liderazgo en varones y mujeres, y en el consenso de que las mujeres consiguen generalmente niveles superiores de competencias emocionales. A lo largo del análisis se han podido verificar estas particularidades, pero es necesario hacer notar que los niveles de referencia para la IE son autopercibidos, y por ende no se pueden considerar objetivos ni determinantes.

Al incorporar la variable de género a este estudio, se visualiza otro efecto, y es que las estudiantes mujeres tienen puntuaciones significativamente más marcadas en las competencias de la IE. La tendencia de la competencia de liderazgo es acompañada por éstas, lo cual permite sugerir que son mejores a la hora de percibir emociones pero también que poseen la capacidad de utilizarlas adaptativamente.

4. REFERENCIAS.

Andrade Vega, K. (2021). La inteligencia emocional en el desarrollo de la competencia de liderazgo en la empresa familiar soluciones empresariales HTS/trabajo de grado. Fundación Universidad de las Américas. Colombia.

Candela Agulló, C., Barberá Heredia, E., Ramos López, A., & Sarrió Catalá, M. (2002). Inteligencia emocional y la variable género. Revista electrónica de emoción y motivación REME, 5(10), 167-182.

CONFEDI (2006). Competencias de Ingeniería Industrial. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

CONFEDI (2019). Propuesta de normativa para la regulación de las Carreras de Ingeniería. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería.

Cooper, R. K. & Sawaf, A. (1998). La inteligencia emocional aplicada al liderazgo y a las organizaciones. Grupo Editorial Norma.

D´Onofrio, M. V. y Morcela, O. A. (2022). Evaluación de competencias en tiempos de pandemia: aprendizaje autónomo. Boletín SIED, 5, 17-29.

Del Valle, V. C., Santiago, J. A. P., & Lugo, M. E. M. (2010). Comparación por género de los estilos de liderazgo en una muestra de gerenciales en Puerto Rico. Revista puertorriqueña de psicología, 21(1), 113-132.

García García M. J., Fernández Sanz, L., Terrón López, M. J.; Blanco Archilla, Y. (2011) Desarrollo de Recursos Docentes para la Evaluación de Competencias Genéricas. TICs para a Aprendizagem da Engenharia. IEEE, Sociedade de Educação (139-144). https://www.researchgate.net/publication/272758485_Desarrollo_de_Recursos Docentes_para_la_Evaluacion_de_Competencias_Genericas.

Gartzia, L., Aritzeta, A., Balluerka, N., & Heredia, E. B. (2012). Inteligencia emocional y género: más allá de las diferencias sexuales. Anales de Psicología/Annals of Psychology, 28(2), 567-575.

Goena Rodríguez, A. (2015). La inteligencia emocional y su impacto en el liderazgo/trabajo de grado. Universidad Pontificia Comillas. Repositorio Comillas. http://hdl.handle.net/11531/4518

Goleman, D. (2000) La Inteligencia Emocional. Editorial Vergara.

Goleman, D. (2015). Cómo ser un líder: ¿Por qué la inteligencia emocional sí importa?. Ediciones B. S. A.

https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8728/1/55546-2021-2-GTH.pdf

https://revista.sied.mdp.edu.ar/index.php/boletin/article/view/76/98

https://www.researchgate.net/publication/305490074

Jacome Ortega, M. J. & Lapo Maza, M. C. (2015). *Inteligencia Emocional y Liderazgo.* Recuperado el 18 de julio de 2022, desde:

Velastegui Hernández, D .C.; Vásquez de la Bandera Cabezas, F .A., Flores Hernández, V. F. (2021). *La autoevaluación como técnica de mejoramiento en la inteligencia emocional estudiantil: Estudio de caso.* Recuperado el 7 de julio de 2022 desde: https://sites.google.com/site/revistainvestigacionesclinicas

Yarce, J. (2008). El Líder Se Hace. Cómo desarrollar el espíritu de Liderazgo. Editorial Liderazgo.

PONDERACION DE CAUSAS DE DESERCION Y DEMORAS EN LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL EN UTN FRTL

Xodo, Daniel; Matassa, Marcelo Daniel; Splendiani, Joaquín

Facultad Regional Trenque Lauquen - UTN
danielxodo@gmail.com; mdmatassa@hotmail.com; joacomorard@gmail.com

RESUMEN

Los elevados índices de deserción y desgranamiento en la educación superior constituyen un grave problema tanto a nivel nacional como en la gestión de las universidades. La confluencia de factores propios de los estudiantes, y condiciones o características de las carreras dan complejidad a la determinación de acciones tendientes a disminuir su incidencia y aumentar la eficiencia en la gestión académica y administrativa de carreras universitarias. Entre los factores incidentes podemos mencionar dificultades en la formación, secundaria, hábitos de estudio, requerimientos formales de las asignaturas, dificultades propias de las modalidades didácticas, complejidad de los temas, carencias bibliográficas o de recursos necesarios para el dictado de asignaturas, instalaciones, y naturalmente, circunstancias y condiciones socioeconómicas de los estudiantes. El trabajo propone la indagación mediante encuestas a alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial de la UTN FRTL, análisis y determinación posterior de la incidencia y proporcionalidad en la afectación de las variables elegidas sobre el fenómeno analizado.

La metodología propuesta implica la complementación de técnicas de Probabilidad y Estadística con herramientas Lógica Difusa. El análisis de los resultados obtenidos permitirá dirigir los esfuerzos en las áreas que representan la mayor dificultad o demora en la aprobación o incluso la posible deserción.

Palabras claves: Deserción – Factores - Lógica Difusa - Análisis de riesgos –

ABSTRACT

The high dropout and breakdown rates in higher education are a serious problem both at the national level and in the management of universities. The confluence of factors specific to students, and conditions or characteristics of the careers give complexity to the determination of actions aimed at reducing their incidence and increasing efficiency in the academic and administrative management of university careers. Among the incident factors we can mention difficulties in training, secondary, study habits, formal requirements of the subjects, difficulties of the didactic modalities, complexity of the topics, bibliographic deficiencies or of resources necessary for the dictation of subjects, facilities, and of course, circumstances and socioeconomic conditions of the students.

The work proposes the inquiry through surveys to students of the Industrial Engineering career of the UTN FRTL, analysis and subsequent determination of the incidence and proportionality in the affectation of the variables chosen con the analyzed phenomenon. The proposed methodology involves the complementation of Probability and Statistics techniques with Fuzzy Logic tools. The analysis of the results obtained will allow to direct the efforts in the areas that represent the greatest difficulty or delay in the approval or even the possible desertion.

Keywords: Desertion - Factors - Fuzzy Logic - Risk analysis

1. INTRODUCCION

Determinar los riesgos asociados según la evaluación de las variables a determinar su óptima utilización. El uso del programa Matlab y la aplicación de Lógica difusa y el método Mamdani, permitirá analizar las condiciones de riesgo asociado para determinar las principales causas que proporciona desgranamiento demoras o posibles deserciones en la carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad regional Trenque Lauquen.

Se arman reglas con las combinaciones posibles y los valores que componen cada muestra, por su composición y factores proporcionados por los distintos participantes involucrados con el proyecto citado, con Entidades locales y zonales.

1.1. Objetivo principal

Determinar el tipo variables que determinan las respuestas obtenidas de las distintas encuestas respondidas por los alumnos de la Carrera de Ingeniería Industrial y los riesgos asociados a las condiciones en cada proceso, aplicando técnicas de lógica difusa.

1.2. Objetivos complementarios

Utilizar la metodología adecuada para cada variable observada para la muestra en estudio.

2. METODOLOGIA:

Agrupar las variables, de acuerdo a su proceso y uso de causas que influyen, para su objetivo.

Asignar magnitudes escalares, para encuadrar a cada muestra en estudio.

Modificar escalas o adaptar las magnitudes escalares, dentro de zonas difusas, para ver en qué proporción se muestra de forma más influyente cada variable y los valores observados.

CRONOGRAMA:

1era. Etapa: Etapa descriptiva, asignando a las distintas variables y necesidades de aplicación:

2da. Etapa: determinar las variables en estudio y definirlas para cada proceso, su composición física y las características que la componen.
Tabular las variables y comparar con los valores de referencia que dan las tabulaciones de las entidades oficiales autorizadas.

3ra. Etapa: Seleccionar una herramienta aplicando lógica difusa, para determinar con métodos no lineales, los valores óptimos, para promediar las distintas variables en estudio.

4ta. Etapa: Evaluar cada proceso en estudio y asignar los valores, para medir y determinar la comparación observada en cada muestra con la normativa aplicada.

5ta.etapa: Tabular y registrar las conclusiones observadas.
Comparar con la norma de sustentabilidad elegida y ordenar de acuerdo a los resultados, el orden y prioridad de aplicación de las distintas muestras, y las variables en estudio con sus factores y recursos utilizados en cada proceso.

2.1. Metodología de análisis de las variables:

Elegimos cuatro variables que influyen en forma directa, para poder clasificar y ponderar la optimización y uso: CONSEJO SUPERIOR UTN (2006 y modificaciones) Ordenanza 1114.

2.2. CAUSAS ATRIBUIBLES A LA CARRERA: Dato necesario para que puedan coordinar y asignar a la extensión, complejidad, falta de empleo en la zona otras incumbencias antes de la clasificación y análisis de su naturaleza o clasificación posterior.

2.3. CAUSAS ATRIBUIBLES A LA FACULTAD: Es la cantidad de recursos existentes horarios de cursada, deficiencia en el dictado de clases, consultas, elevada exigencia académica, carencia de vinculación con empresas u otro atribuible a la institución, por su vinculación con el medio.

2.4. CAUSAS SOCIOECONOMICAS: Es una escala de medición para medir erogaciones, para estudiar u obligaciones laborales, el nivel de urgencia medida en tiempo y para proveer atender los distintos requerimientos particulares u otros.

2.5. **CAUSAS PARTICULARES**: Atribuibles a razones circunstancias por desinterés, carencia de tiempo, falta de formación académica secundaria, hábitos de estudio o cambios en situación familiar, etc.

3. Sistemas de lógica difusa:

Un Sistema de Lógica Difusa (FLS) maneja datos numéricos y lingüísticos a la vez. Este sistema es un mapeo no lineal de un vector de datos de entrada en un escalar de salida. En el caso de un vector de salida, este puede descomponerse en una colección independiente de sistemas "múltiple entrada / simple salida". LAZZARI, L. (1999) "Teoría de la decisión Fuzzy".

La aplicación de lógica difusa consiste en que hay numerosas posibilidades de manejar lotes de mapeos diferentes. Esto requiere una comprensión cuidadosa de los componentes de un sistema de lógica difusa.

Un sistema de control difuso mapea entradas crisp en salidas crisp. Contiene cuatro componentes: reglas, fusificador, motor de inferencia y defusificador. Una vez que las reglas han sido establecidas, un FLS puede ser visto como un mapeo que puede ser expresado cuantitativamente como

Y=f(X). *(1) función de X.*

Las reglas pueden ser provistas por expertos o extraídas de datos numéricos. En todo caso, son expresadas como una colección de sentencias IF-THEN. De las reglas se debe conocer:

- Variables lingüísticas en contraposición a los valores numéricos de una variable (muy_cálido vs. 36 grados centígrados).
- Mixtas: Son las reglas que utilizan los conectivos "AND" y "OR" en forma conjunta. Pueden ser descompuestas usando las técnicas estándar de lógica crisp.
- Estados Difusos: Estas reglas no tienen antecedentes. Ej. *v is G'*. Puede completarse de la misma forma que los IF incompletos.
- Comparativas: Son del tipo *"el menor de u, el mayor de v".* Se pueden reformular estas reglas al formato estándar. En este caso: IF *u* is *S* THEN *v* is *B*, donde *S* representa el conjunto difuso "el menor" y *B* representa al conjunto difuso "el mayor".

Con excepción: Algunas reglas usan el conectivo "al menos que" y son llevadas al formato estándar por medio de las operaciones lógicas, incluyendo las leyes de De Morgan. Ej: *v* El fusificador mapea un punto crisp $x=(x_1,...,x_n)$ *U* en un conjunto difuso *A** en *U*. Cuando el conjunto difuso *A** contiene un solo elemento, la operación en la composición sup-star desaparece.

3.1. Defusificación

El proceso de defusificación toma el conjunto difuso que es la salida del bloque de inferencia y produce una salida crisp, mapea conjuntos difusos en puntos crisp. Muchos defusificadores, han sido propuestos en la literatura, sin embargo, no hay bases científicas (ninguno de ellos ha sido derivado de un principio tal como "la maximización de la información difusa" o "la entropía") consecuentemente para algunos autores, la defusificación es más un arte que una ciencia. Existen diferentes tipos de defusificadores, entre los más importantes se encuentran:

Defusificador Centroide (Centroid)

Determina el centro de gravedad $\overline{y}$ de *B*, conjunto difuso mayor y usa ese valor como salida del Sistema de Lógica Difusa. Del cálculo se obtiene:

$$Y = \frac{\int sy\ \mu B\ (y)\ dy}{\int s\mu B\ (y)\ dy}$$

(2) *Y*= Conjunto difuso mayor

Dónde *S* denota el soporte de conjunto difuso menor de $_{B}(y)$: *S* es discreto, así que $\overline{y}$ puede ser aproximado con la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{\sum Sy\ \mu B\ (y)\ dy}{\sum S \mu B\ (y)\ dy}$$

(3) Y= Conjunto difuso menor

El centroide posibilita determinar la salida menor, para ponderar la optimización de variables, con el mínimo valor de salida, determina, que tipo de composición y valor tiene cada variable en estudio. ARREDONDO VIDAL, T. (2012). Introducción a la Lógica Difusa"

Modelo Difuso de Mamdani

La configuración del modelo difuso de *Mamdani* se muestra en la Figura 1. En esta clase de modelos difusos, las reglas difusas *IF-THEN* son de la forma:

R^i *: IF* x_1 *is* A^i_1 *and* x_2 *is* A^i_2 *and.... and* x_n *is* A^i_n *THEN y is* B^i=0 (4) Regla difusa

Las principales ventajas del modelo difuso de *Mamdani* se especifican a continuación. Primero, su simplicidad en la representación de las reglas difusas, tanto las premisas como los consecuentes tienen forma de conjunto difuso lo que facilita su interpretación. Segundo, su flexibilidad en la materialización debido a la posibilidad de seleccionar las operaciones del motor de inferencia, del fusificador o defusificador.

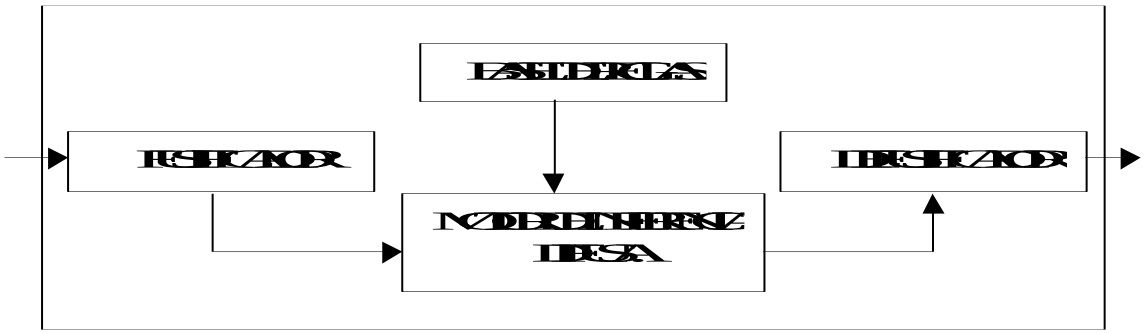


Figura 1. Modelo Difuso de Mamdani.

La principal desventaja de este modelo difuso es que para sistemas complejos no lineales usualmente se requieren muchas reglas difusas *IF-THE*N, lo cual hace más compleja su materialización.

1. Los conectores lógicos para variables lingüísticas (*and*, *or*...).
2. Las implicaciones (IF *a* THEN *b*).
3. Cómo combinar un conjunto de reglas.

El justificador mapea valores numéricos crisp en conjuntos difusos. Es necesario para activar reglas, que están en términos de variables lingüísticas y tienen asociados conjuntos difusos.

El motor de inferencia difusa (FLS) mapea conjuntos difusos, mediante la combinación de reglas "IF-THEN". Como los humanos usan distintos tipos de procesos de inferencia, para entender cosas o tomar decisiones, puede usar distintos procedimientos de inferencia difusa. El defusificador mapea conjuntos de salida difusos en números crisp. En aplicaciones de control, tales números corresponden a las acciones de control a tomar.

Las formas de las funciones de pertenencia más comúnmente usadas son: triangular, trapezoidal, lineal por segmentos y Gaussiana. Dichas formas son seleccionadas por el usuario arbitrariamente, basado en su conocimiento y experticia. Se obtiene mayor resolución usando funciones de pertenencia sujeta al costo de un aumento en la complejidad de cálculo. Las funciones de pertenencia no tienen que solaparse, pero una de las ventajas de Lógica Difusa es que tales funciones pueden ser diseñadas para solaparse, de tal forma que por ejemplo pueda expresarse

que "*una ventana está parcialmente abierta o parcialmente cerrada al mismo tiempo*". Así, es posible distribuir decisiones sobre más de una clase de entrada, ayuda a construir Sistemas de Lógica Difusa robustos. BONILLA, R. (2011) "Gestión de sostenibilidad utilizando lógica borrosa".

La elección de una herramienta de uso general y de conocimiento en su aplicación, hace que el MATLAB, sea la herramienta para agrupar y ponderar las variables en estudio.

3.2. Matriz

La matriz para justificar las reglas a aplicar en si "and" si "and" si "and" then:

Tabla 1: Entradas y salidas para armado de reglas difusas.

CAUSAS DE LA CARRERA	CAUSAS DE LA FACULTAD	CAUSAS SOCIO-ECONOMICAS	CAUSAS PARTICULARES	COEFICIENTE DE SALIDA
ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	MUY ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO
ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
ALTO	BAJO	BAJO	ALTO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	MEDIO	MEDIO	BAJO	MEDIO
ALTO	MEDIO	ALTO	BAJO	ALTO
ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	BAJO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIO
BAJO	ALTO	ALTO	BAJO	MEDIA
BAJO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
NO TIENE	NO TIENE	BAJO	BAJO	BAJO
NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	BAJO	BAJO
NO TIENE	NO TIENE	ALTO	BAJO	ALTO
BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO	BAJO
MEDIO	NO TIENE	NO TIENE	MEDIO	MEDIO
MEDIO	BAJO	NO TIENE	BAJO	BAJO
MEDIO	MEDIO	BAJO	NO TIENE	MEDIO
MEDIO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	ALTO	MEDIO	ALTO
MEDIO	ALTO	BAJO	MEDIO	MEDIO
MEDIO	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO
MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO

4. **TABULACION PARA LA MUESTRA**:

TABULACION PARA LAS VARIABLES**:** Tabulamos para aplicar el método del centroide: En porcentajes {1% a 100%} = {1 10}

Baja; {0; 1; 2; 3 y 4}

Media: {4; 5; 6 y 7}

Alta: {7; 8; 9 y 10}

CAUSAS DE LA CARRERA: Total 46%

Extensión de la carrera: 13%; Falta de empleabilidad por la competencia: 33%

CAUSAS DE LA FACULTAD: Total 58%

Horarios de cursadas; 43 %; Superposición de horarios: 13%; Consultas con docentes: 2%.

CAUSAS SOCIOECONOMICAS: Total 83%

Familia: 13%; Problemas socio-económicos: 27%; Falta de tiempo para estudio: 7%; Trabajo: 33%;

Alquiler o vivienda: 10%.

CAUSAS PARTICULARES: Total 71%

Distancia a Facultad: 7%; Desinterés: 7%; Falta de tiempo para estudio: 30%; Dificultades de formación Secundaria: 7%; Hábitos de estudio: 7%; Problemas familiares: 13%

OBSERVACIONES DE LA MUESTRA:

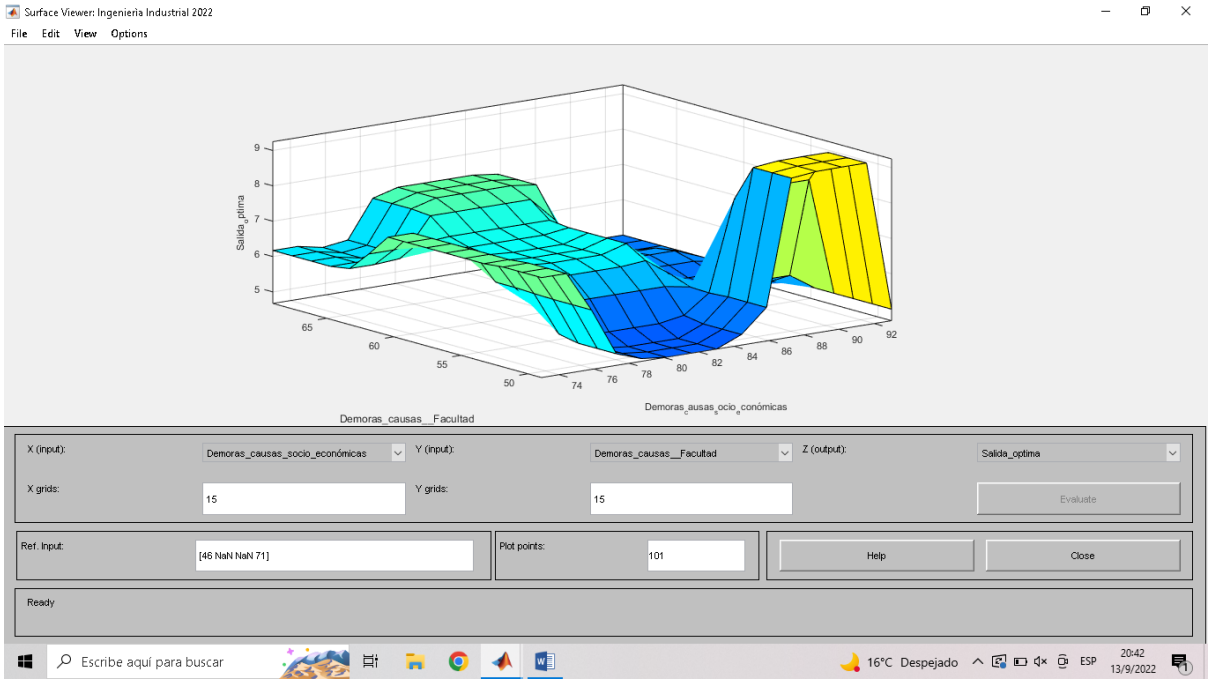


*Figura 2. Diagrama de superficie con las cuatro variables***.**

Se toma para comparar valores de distintas muestras obtenidas de las encuestas. La muestra se mide en las cuatro variables que se describen en los valores propuestos en tabla con salida media. Con valores MEDIO para medir y comparar cada una de las variables en estudio.

DEMORAS ATRIBUIBLES A LA CARRERA:

Extensiòn: {2 a 4} 6 % BAJO

Complejidad: {0} NO HUBO

Falta de empleo: {7 a 11} 33 % A 75 %}: 65 % MEDIO

Otros: {2 a 3} 10 % BAJO

Datos observados en Causas Facultad

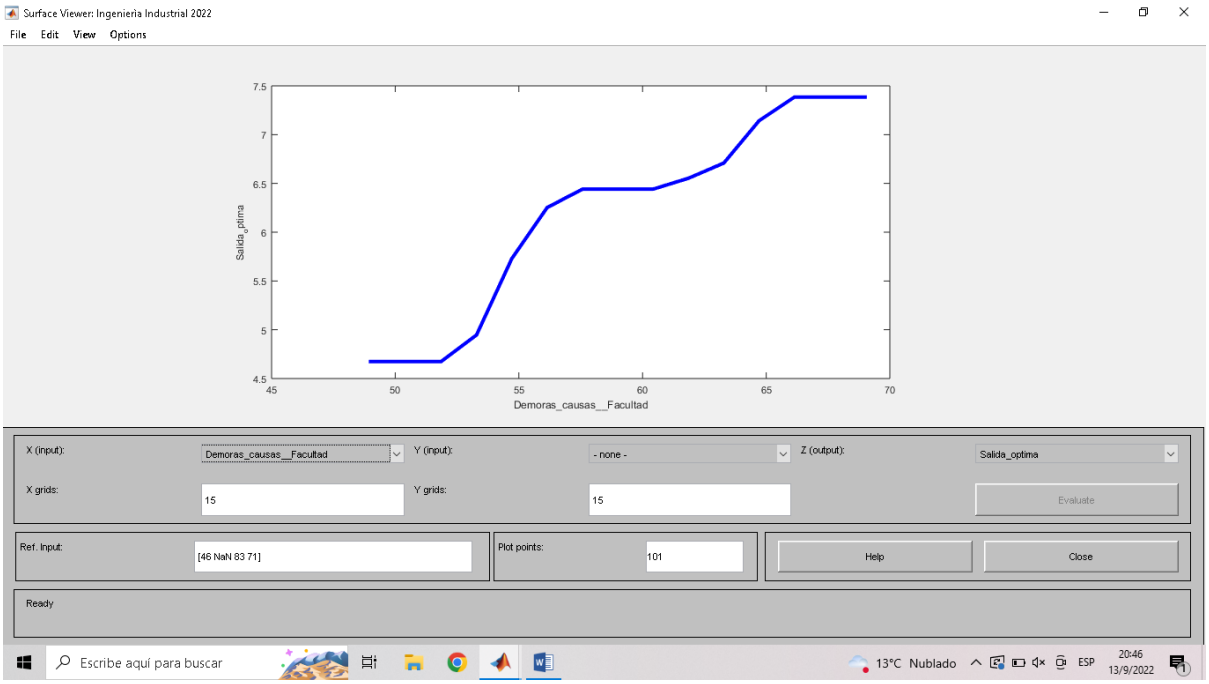


Figura 3. Diagrama de la variable Causas Facultad.

Variables con variaciones tomadas en porcentajes y medición de salida.

CAUSAS DE ABANDONO O DEMORAS EN LA CARRERA: {40 45 50} 46% MEDIO

CAUSAS DE DEMORA-ABANDONO ATRIBUIBLES FACULTAD: {50 55 60} 59% MEDIO ALTO

CAUSAS DE DEMORA-ABANDONO SOCIO-ECONOMICAS: {10 30 50 70 90} 83% ALTO

CAUSAS DE DEMORA-ABANDONO: PARTICULARES: {7 30 50 70 80}: 71% MEDIO – ALTO

Salida óptima 6,53 con variaciones en CAUSAS DE DEMORAS EN LA CARRERA MEDIO aumento en CAUSAS SOCIOECONOMICAS ALTO de 83 % y PARTICULARES MEDIO-ALTO. 71% que se muestra en el diagrama de Superficie Figura 2.

Datos observados en causas Socio-Económicas:

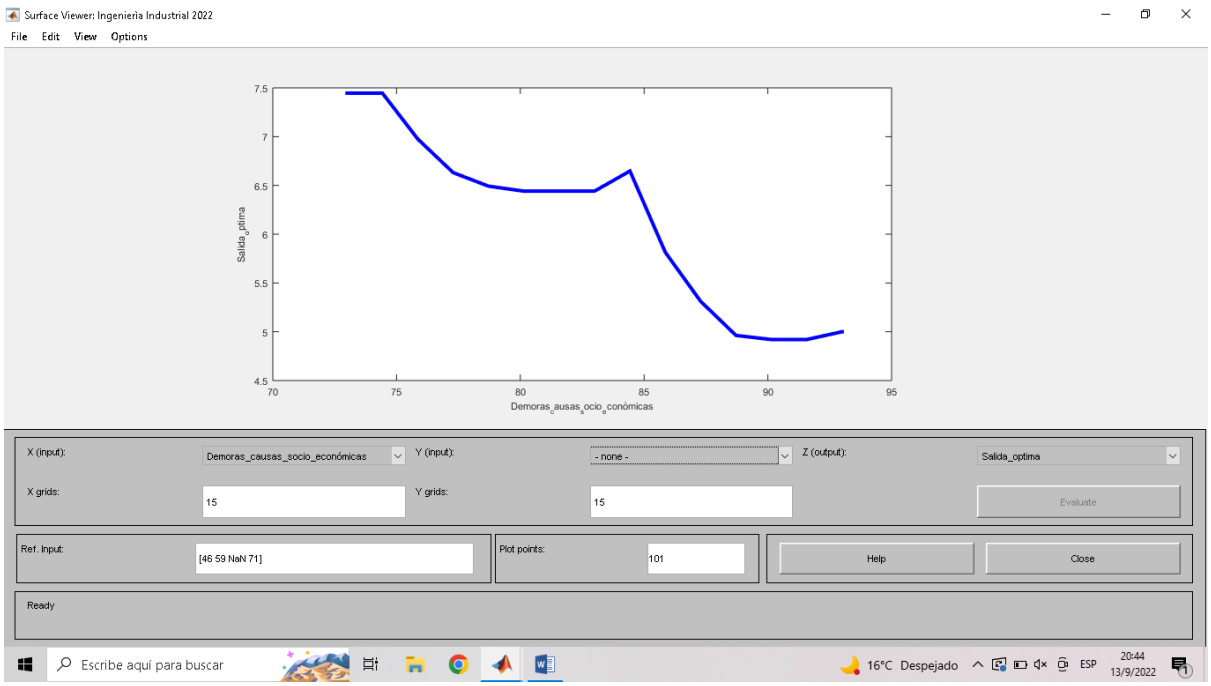


Gráfico 4. Causas Socio-Económicas

4.1. **MUESTRA 1:** Se toma la medición con los valores de las variables CAUSAS DE LA CARRERA y CAUSAS SOCIO ECONOMICAS, como resultado de las 30 encuestas respondidas por los alumnos de la carrera de Ingeniería industrial de 4to. Y 5to. Año, con un 10 % de variación mínimo a máximo de cada variable CAUSAS DE LA CARRERA y CAUSAS FACULTAD MEDIO y aumenta CAUSAS SOCIO ECONOMICAS y CAUSAS PARTICULARES MEDIO-ALTO: Se arman las reglas difusas:

If C.CARRERA and C. FACULTAD and C.SOCIO ECONOMICAS and C.PARTICULARES then SALIDA MEDIA ALTA

4.1.a) If {36 a 46% ; 49 a 59% ; 73 a 83% ; 61 a 71%} = 6,53

4.1.b) If {33 a 43% ; 49 a 59% ; 73 a 78% ; 61 a 66%} = 5,31

4.1.c) If {36 a 55% ; 59 a 69% ; 70 a 82%; 61 a 70%} = 5,15

4.1.d) If {33 a 43% ; 55 a 59% ; 70 a 78%; 60 a 67%} = 5,00

Promedio 6,53 con salida en baja óptimo 5,15

Variación en baja de promedio en centroide bajando de 6,53 (65,30%) regla 4.1ª) a 5,15 (51,50%) regla 4.1.b) en baja por mediar solamente las materias básicas y correlativas manteniendo valores en CAUSAS DE LA FACULTAD manteniendo las CAUSAS SOCIO ECONOMICAS y CAUSAS PARTICULARES, con variación de 13,80 % regla 4.1.b) y regla 4.1.c) con 12,20% bajando CAUSAS SOCIO ECONOMICAS Y CAUSAS PARTICULARES.

En regla 4.1.d) Si se toman iguales valores en materia básicas y correlativas, CAUSAS FACULTAD y se bajan CAUSAS SOCIO ECONOMICAS y CAUSAS PARTICULARES bajando 5%solo un en las encuestas Trabajo y tiempo por familia para optimización de promedio**.**

Aumentando el porcentaje de aumento en procesos y nivel de madurez sustentable baja el promedio de riesgo.

Regla Nº 46: Si RECURSOS media “y” PROCESOS media “y” EFLUENTES media “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA media.-

Regla Nº 52: Si RECURSOS media “y” PROCESOS alta “y” EFLUENTES alta “y” NIVEL DE MADUREZ alta “entonces” SALIDA baja.

Evaluamos las reglas difusas de la muestra:

If C. CARRERA and C. FACULTAD and C. SOCIO-ECONOMICAS and C. PARTICULARES then SALIDA media (óptima).

4.2.a) If {57 a 58% ; 80 a 85% ; 52 a 55% ; 79 a 82,50%} = 5

4.2.b) If {81 a 82.50% ; 80 a 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

4.2.c) If {82.50% ; 80 a 81% ; 70 a 73% ; 75 a 82,50%} = 5,9

REGLAS OPTIMAS:

Regla Nº 26: Si C. CARRERA media “y” C. FACULTAD alta “y” C. SOCIO-ECONOMICAS alta “y” C. PARTICULARES media “entonces” SALIDA media.

Regla Nº 36: Si C. CARRERA media “y” C. FACULTAD alta “y” C. SOCIO-ECONOMICAS alta “y” C. PARTICULARES alta “entonces” SALIDA Muy alta.

Regla Nº 40: Si C. CARRERA baja “y” C. FACULTAD media “y” C. SOCIO-ECONOMICAS baja “y” C. PARTICULARES baja “entonces” SALIDA baja

Regla Nº 46: Si C. CARRERA medio “y” C. FACULTAD media “y” C. SOCIO-ECONOMICAS baja “y” C. PARTICULARES meda “entonces” SALIDA media.

CONCLUSION: La medición de materias básicas y correlativas, Falta de tiempo para estudio por trabajo y causas socio económicas son las respuestas que influyen en la variación mayor para optimizar las muestras óptimas.

5. CONCLUSIONES DE RIESGO ASOCIADO:

. La herramienta lógica difusa permite relacionar variables de diferente naturaleza, y en escalas distintas de cuantificación, que puede modificar por las respuestas de la encuesta variando la cantidad de encuestados o la ponderación de las muestras en estudio.

. Hace posible definir en forma escalar las ponderaciones de cada variable y maximizar los valores alcanzados en zonas difusas, definiendo su conjunto de pertenencia o grupo, como se observa la muestra nro.1 con ponderación media de 6.53 y (65,30%) con la valoración de las variables con mayor porcentaje de incidencia causas de la carrera 46%, causas de la Facultad 59%, causas Socio económicas 83% y causas particulares 71%, como resultado inicial de las 30 encuestas realizadas.

. Para las muestras escogidas para análisis de las distintas causas reflejan la sensibilidad de cada variable y los componentes, que más influyen para optimizar su uso o elección.

. Los componentes elegidos de cada variable influyen en forma independiente en de cada variable en estudio.

. Las variaciones de cada respuesta a la encuesta, son independientes de los resultados obtenidos.

. La defusificación de zonas difusas, que interactúan en la composición de cada una de las causas que provocan demoras o deserción temporal en la carrera en estudio, es independiente de los resultados ponderados, pudiendo modificarse su composición original variando la cantidad de encuestados. Cada nueva medición está relacionada con los factores que componen respuesta de la muestra en estudio, aplicando las técnicas óptimas, para selección y uso de cada resultado obtenido.

. Las nuevas técnicas de estudio, abren oportunidades para nuevas agrupaciones y análisis, que modifican o cuantifican las posibilidades de optimizar o disminuir las demoras o deserciones temporales en la carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional Trenque Lauquen.

6. BIBLIOGRAFIA:

[1] Ordenanza 1114/2006 y modificaciones posteriores de la Carrera de Ingeniería Industrial Consejo Superior UTN.

[2] Lázzari, L. Machado, E.M. y Perez, R. (1999) "Teoría de la decisión Fuzzy". Edic. Macchi Bs.As.

[3] Arredondo Vidal, T. (2014) "Introducción a la lógica difusa". Pdf.

[4] Bonilla, R. (2011) "Gestión de sostenibilidad utilizando Lógica Borrosa". Universidad complutense Madrid.

Agradecimiento: Depto. Ingeniería Industrial Facultad Regional Trenque Lauquen–UTN y alumnos de la carrera que contribuyen con las respuestas a las encuestas formuladas para el presente trabajo.

Análisis del aprendizaje en formación por competencias de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora a través de un proyecto integrador por medio del diseño y construcción de un prototipo vehicular tipo “Fórmula SAE”.

Faks, George; Luna, Sergio; Pascal, Oscar; Ferrari, Lara; Deanes, Cecilia

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora
faks.ga@gmail.com; lunasergio87@gmail.com; oscarmpascal@gmail.com; lara.ferrari1912@gmail.com; ceciliadeanes@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se pretende analizar el proceso de aprendizaje por competencias de los estudiantes en las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (ingeniería industrial, mecánica, mecatrónica y ferroviaria) a través de la resolución de distintos problemas ingenieriles que se irán presentando desde la concepción hasta la puesta en marcha del prototipo vehicular tipo “Fórmula SAE”. Para eso, se debe diseñar, desarrollar y construir un prototipo de vehículo a través de un proyecto integrador, tocando distintas aristas que permitirá el aprendizaje colaborativo entre sus pares para lograr enfrentar los desafíos presentados durante la duración del proyecto. Inherentemente, la participación activa de becarios y alumnos en distintas etapas del proyecto busca formar jóvenes investigadores en áreas tecnológicas.

Palabras Claves: Competencias, Aprendizaje Colaborativo, Diseño.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the process of learning by competences of students in the different careers of the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora (industrial, mechanical, mechatronic and railway engineering) through the resolution of different engineering problems that will be presented from the conception to the implementation of the vehicle prototype type "Formula SAE". For this, a vehicle prototype must be designed, developed and built through an integrative project, touching on different aspects that will allow collaborative learning among peers to meet the challenges presented during the duration of the project. Inherently, the active participation of scholarship holders and students in different stages of the project seeks to train young researchers in technological areas.

Keywords: Competencies, Collaborative Learning, Design.

1. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje por competencias, a través de un proyecto integrador como es el caso del prototipo vehicular, vincula los conocimientos de las distintas áreas de la ingeniería relacionando lo aprendido desde la teoría y llevándola a un problema real e ingenieril que propone grandes desafíos.

El enfoque de trabajo didáctico por competencias supone, sin duda, una nueva forma de afrontar la enseñanza universitaria. La forma tradicional de aprendizajes por contenido se presenta en la formación universitaria en términos de listas de materias, como contenidos individuales. Pero, las competencias no son otra cosa que un planteamiento de la formación que refuerza la orientación hacia la práctica (performance), tomando como punto de referencia el perfil profesional. Frente a una orientación basada en el conocimiento, las competencias constituyen una aproximación más pragmática al ejercicio profesional. La formación basada en competencias ha llegado a constituir un amplio y extenso movimiento que se ha proyectado sobre numerosos campos profesionales: educación, medicina, enfermería, danza, ingeniería, abogacía, administración de empresas, entre otros.

2. OBJETIVOS

El objetivo general del proyecto es desarrollar un objeto de aprendizaje integral basado en la formación por competencias a partir del diseño, desarrollo, construcción y puesta en marcha de un prototipo vehicular.

Se plantean, en consecuencia, los siguientes objetivos específicos:

- Relevar las competencias generales y específicas esperadas en el perfil del egresado de las carreras de ingeniería intervinientes.
- Relacionar las competencias generales y específicas relevadas con las capacidades requeridas para el desarrollo de un prototipo vehicular.
- Planificar y desarrollar las actividades para la construcción de un prototipo vehicular basado en la formación por competencias.
- Diseñar e implementar un sistema de evaluación de competencias adquiridas durante el desarrollo de un prototipo vehicular.

3. PLAN DE TRABAJO

3.1 Antecedentes

La formación del ingeniero actualmente es un desafío debido a la gran cantidad de información disponible, a la complejidad creciente de los problemas a los que se deben enfrentar y a la globalización de los mercados. Además, el medio ambiente se ha convertido en un factor fundamental en la actividad del ingeniero por la necesidad de conseguir productos y procesos sustentables que no lo deterioren; igualmente, es importante la responsabilidad social que asuma el profesional frente a los productos generados por las nuevas tecnologías y su impacto en todos los ámbitos de la actividad humana. Además, las estructuras corporativas son cada vez más participativas, exigiendo al profesional más trabajo en grupo y responsabilidad en la toma de decisiones (Rugarcia et al., 2000; Regalado et al., 2010). Lo anterior implica que un profesional idóneo debe desarrollar gran capacidad de adaptación al cambio, unida al manejo adecuado de la información, con una actitud ética que le permita tomar decisiones adecuadas al entorno socio-cultural en el cual se desenvuelve.

Existe una preocupación constante de universidades y docentes, los cuales buscan desarrollar y adaptar nuevas estrategias pedagógicas y didácticas que permitan la formación de profesionales de la ingeniería con las competencias exigidas por entornos laborales y sociales cada vez más dinámicos. Las nuevas metodologías buscan potenciar el desarrollo de competencias genéricas como: el aprender a aprender, organizar y planificar, analizar y sintetizar, aplicar los conocimientos a la práctica, expresarse con claridad de manera oral y escrita en la propia lengua, capacidad crítica y autocrítica, trabajar de forma colaborativa, capacidad de iniciativa y liderazgo y conocer una

segunda lengua (Galvis, 2007; Schmal, 2012). Igualmente se busca el desarrollo de competencias específicas, las cuales dependen de las áreas de conocimiento propias del programa académico que se esté considerando. Estos aspectos han sido recogidos en los criterios para la acreditación de programas de ingeniería en las diversas instituciones responsables de éste proceso, como el ABET (Acreditation Board for Engineering and Technology) en los Estados Unidos (Rugarcia et al., 2000).

Entre las diversas metodologías para desarrollar las competencias se pueden mencionar: el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje colaborativo, el aprendizaje basado en competencias, el aprendizaje orientado por proyectos y el aprendizaje basado en problemas, entre otras (Nascimento y Amaral, 2012; Moreno et al., 2007; Regalado et al., 2011; Hernández, 2010; Benítez y García, 2013; Lehmanna et al., 2008). Estas metodologías se han visto favorecidas con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, las cuales, en el caso de la ingeniería, implican la utilización de plataformas en internet para el desarrollo de actividades de formación, laboratorios virtuales y experimentación remota, interfaces web para visualizar contenidos, junto con herramientas de simulación específicamente diseñadas para desarrollar habilidades y destrezas en los futuros ingenieros (Vacca et al., 2011; Alejandro, 2004; Ertugrul, 2000; Okutsu et al., 2013).

En este contexto, en Argentina surge el Primer Acuerdo sobre Competencias (Consejo Federal de Decanos de Carreras de Ingeniería de la República Argentina [Confedi], 2006), el cual, siguiendo a Perrenoud (2013), sostiene que el saber hacer de los ingenieros es el resultado de una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje, y propone que las carreras de ingeniería se impartan a partir de diseños curriculares por competencias.

La propuesta del Confedi se estructuró a partir de la definición de unidades de competencias (Huerta, 2014) que se desagregaron en capacidades asociadas y componentes (Tobón, Pimienta y García, 2012 y Tobón, 2013), y dio como resultado una matriz que se presenta en la tabla 1.

Tabla 1 Competencias genéricas tecnológicas del perfil del ingeniero en base a CONFEDI

Competencias tecnológicas	*Capacidades asociadas integradas*
Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	● *Identificar y formular problemas* ● *Realizar búsqueda creativa de soluciones y seleccionar la alternativa más adecuada* ● *Implementar tecnológicamente una alternativa de solución.* ● *Controlar y evaluar enfoques y estrategias propios para abordar eficazmente la resolución de los problemas*
Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).	● *Concebir soluciones tecnológicas.* ● *Diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.*
Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).	● *Planificar y ejecutar proyectos de ingeniería.* ● *Operar y controlar proyectos de ingeniería.*
Usar de manera eficaz las técnicas y herramientas de la ingeniería.	● *Identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.* ● *Usar y/o supervisar el uso de las técnicas y herramientas*
Contribuir a la generación de desarrollos y/o innovaciones tecnológicas	● *Detectar oportunidades y necesidades insatisfechas mediante soluciones tecnológicas.* ● *Hacer un uso creativo de las tecnologías disponibles.* ● *Emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.*

En el 2021, el departamento de IIT&E de la Universidad Nacional Lomas de Zamora, capacitó al personal docente a través de la Diplomatura en Enseñanza Centrada en el Estudiante y Formación por Competencias dando inicio a la transformación de los docentes en la forma de impartir clases. En 2022, surge la iniciativa en la Escuela Tecnológica Ingeniero Giúdici junto a sus estudiantes el diseño, construcción y puesta en marcha de un prototipo vehicular para la competencia Desafío Eco YPF 2022, que permitiría el desarrollo del aprendizaje por competencias de este grupo de estudiantes. A su vez, planteando un desafío mayor, se decide, diseñar y construir un prototipo de mayor envergadura para estudiantes de la Facultad de Ingeniería, y se propone como desafío una nueva competencia de autos llamada Fórmula SAE Brasil.

El concurso Fórmula SAE BRASIL, así como los demás concursos promovidos por la entidad, tiene como objetivo brindar a los estudiantes de Ingeniería la oportunidad de aplicar en la práctica los conocimientos adquiridos en el aula, desarrollando un proyecto completo y construyendo un auto tipo Fórmula. Los trabajos se realizan en grupo.

Creada en 2004, la Fórmula SAE BRASIL va camino a su 18ª edición. En 2019 involucró a más de 1400 suscriptores, número que crece significativamente cada año.

Durante los tres días del evento, los autos pasan por pruebas estáticas y dinámicas, evaluando el desempeño de cada proyecto en la pista, así como las presentaciones técnicas de los equipos, que incluye presentación de proyecto, costo y marketing. Meses antes de la competencia, los estudiantes presentan informes de costos, estructura, mitigación de impactos y diseño al comité organizador. Los informes son evaluados por ingenieros expertos y ya se consideran la primera parte de la evaluación del prototipo. Ya durante la competencia, en las pruebas estáticas, los equipos deberán demostrar con más detalle si el auto presentado en el proyecto es equivalente al presentado en el evento. Las pruebas dinámicas se llevan a cabo el segundo día del evento. Todas las pruebas se califican de manera diferente, para garantizar que la mejor combinación de diseño y automóvil gane la competencia.

La competencia comenzó en los Estados Unidos en 1981, reemplazando una versión anterior llamada Mini-Indy, aprovechada por la falta de ingenieros especializados en vehículos de alto rendimiento. Fue impulsada por las tres grandes automotrices estadounidenses, General Motors, Ford y Chrysler, quienes vieron en esta competencia una oportunidad única para encontrar nuevos ingenieros para sus equipos. Este apoyo se fortaleció con el tiempo y las empresas quedaron plenamente satisfechas con los estudiantes que fueron contratados. A lo largo de los años, varias empresas se han sumado a las “Big Three” y, además de contratar estudiantes, también han desarrollado productos específicos para la Fórmula SAE.

En Brasil, en 2004 se llevó a cabo la 1ª competencia Fórmula SAE. Actualmente, la competencia se realiza en Australia, Italia, Inglaterra, Alemania, Brasil y Estados Unidos, donde se reúnen los mejores equipos de cada país. En por ello que dentro de la UNLZ se desea investigar en el análisis del aprendizaje en formación por competencias a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Lomas de Zamora a través de un proyecto integrador diseñando y construyendo un prototipo de auto modelo fórmula SAE.

3.2. Materiales y métodos

Se empleará información bibliográfica y técnica relativa al prototipo vehicular de carrera que sirvan como base para definir los puntos de diseño para el auto y así diseñar y construir.

Se utilizará un software en 3D para el diseño y simulación del prototipo vehicular para la construcción de los planos y líneas de trabajo.

Se utilizarán los laboratorios de Soldadura y Prototipos que se encuentran en la FI-UNLZ. Se establecerán los diseños de construcción que se utilizarán en los procesos a partir de reportes bibliográficos.

Se procederá a la selección de componentes y materiales obtenidos por el diseño planteado por el equipo. Se continuará con la compra y se procederá a la construcción, puesta en marcha y validación de variables de velocidad, aceleración y potencia del vehículo.

Se cortarán y soldarán los elementos estructurales de sección tubular para la construcción del chasis. Así mismo se construirá la dirección del vehículo diseñado y que pueda ser adherido al chasis.

Se diseñará la carrocería con fibra de vidrio y se simulará evaluando las variables aerodinámicas por medio del Laboratorio de Simulación.

Se validará luego de la construcción del auto que cumpla con los requisitos de velocidad, aceleración y potencias necesarios para poder competir en la fórmula SAE BRASIL.

Por otra parte, y teniendo en cuenta que se trata de un proyecto que incluye una instancia de desarrollo, a partir de los resultados alcanzados, se diseñarán y validarán indicadores de evaluación para medir las competencias alcanzadas por los estudiantes.

La metodología empleada para el estudio de esta investigación será basada en un estudio de diseño descriptivo y transeccional, sobre la base de unas encuestas que centrará la indagación en torno a las capacidades asociadas a la primera competencia genérica tecnológica definida por Confedi (2006). Por lo tanto, se consultará a los estudiantes cómo perciben el nivel de desarrollo de la competencia "Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, como así mismo concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

El cuestionario será administrado a los estudiantes participantes de la construcción del prototipo vehicular en la Facultad de Ingeniería de la UNLZ. Se considera a los estudiantes ya participantes de la construcción del vehículo del desafío ECO YPF como actores clave por su experiencia.

Debido a que su condición de alumnos les permitía aportar información con buen criterio de confiabilidad acerca de su tránsito por la carrera, así como acerca de las experiencias relacionadas con su inserción laboral.

Los datos obtenidos recibirán tratamiento estadístico con el objeto de mesurar la distancia entre expectativas, formación recibida y demandas del mercado laboral.

A partir de las medias obtenidas se construirán índices que permitirán relacionar las competencias con la percepción de los aprendizajes en los estudiantes.

4. CONCLUSIONES.

La experiencia obtenida a partir de un análisis preliminar en el caso Desafío ECO - YPF, permite vislumbrar un gran entusiasmo en los alumnos, en base a que son participantes totalmente activos no sólo en la construcción del vehículo, funcionando como un factor motivacional, sino también en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Haciendo énfasis en las competencias tecnológicas destacadas por el CONFEDI (mencionadas en la tabla 1), se pone de manifiesto que durante todo el proceso de trabajo que las mismas deberían ser abordadas de manera directa, se desarrollan además las competencias sociales, políticas y actitudinales (competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, competencia para comunicarse con efectividad, competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global, competencia para aprender en forma continua y autónoma, competencia para actuar con espíritu emprendedor).

Se observa, además, la importancia que tiene esta formación respecto a la salida laboral inmediata. Esto se menciona debido a que, en varias de las presentaciones del vehículo a las empresas de la zona del AMBA, las mismas manifestaron la necesidad de mano de obra capacitada que no solamente maneje el know why, sino también el know how.

Se lograron vincular la mayoría de los laboratorios de la FI-UNLZ, pudiendo demostrar las aplicaciones prácticas de los conocimientos adquiridos en las materias del colegio secundario, lo cual genera también un importantísimo acervo de conocimientos con una aplicación práctica inmediata y tangible.

Se espera, por medio del presente proyecto, lograr aún una mayor cohesión entre todas las áreas de la FI-UNLZ, involucrando a todas las cátedras, desde la concepción del diseño inicial, pasando por su correspondiente seguimiento y puesta a punto, analizando las mejoras factibles de ser realizadas.

A su vez, se espera que el proyecto genere un impacto positivo en el ámbito de la totalidad de las Facultades de Ingeniería del país, de manera que se genere un conocimiento colaborativo y significativo, que se traduzca en una fórmula SAE Argentina, pues, los únicos antecedentes a nivel nacional son los vehículos construídos por el ITBA y la UTN-Haedo.

En un futuro se espera, además, hacer extensivo el proyecto a las distintas unidades académicas de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (Facultad de Ciencias Económicas, Ciencias Sociales, Ciencias Agrarias y Derecho) a fin de contar con su participación en temas específicos que hacen al proyecto SAE.

5. REFERENCIAS.

Alejandro, C., Prácticas de Laboratorio de Física General en Internet, REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, ISSN-e: 1579-1513 (en línea), 3 (3), 202-210 (2004). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC_3_2_6.pdf. Acceso: 5 de Agosto (2022).

Benítez, A.y M. García, Un Primer Acercamiento al Docente Frente a una Metodología Basada en Proyectos, Form. Univ., ISSN-e: 0718-5006 (en línea), 6 (1), 21–28 (2013).

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina [Confedi]. (2006). Primer Acuerdo sobre Competencias Genéricas. Villa Carlos Paz, Argentina: Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina.

Ertugrul, N. Towards Virtual Laboratories: A survey of LabView-Based Teaching/Learning Tools and Future Trends. International Journal of Engineering Education, 16, 171–180 (2000).

Galvis, R.V., De un Perfil Docente Tradicional a un Perfil Docente Basado en Competencias, Acción Pedagógica, 16 (1), 48-57 (2007).

Hernández, C., Utilización del Trabajo por Proyectos para Incentivar la Innovación Tecnológica en los Estudiantes Universitarios. Revista Científica de la Fundación Iberoamericana para la Excelencia Educativa Hecademus, 3 (8), 42–54 (2010).

Huerta, M. (2014). Formación por competencias a través del aprendizaje estratégico. Lima, Perú: Editorial San Marcos.

Lehmanna, M., P. Christensen a, X. Dua y M. Thranea, Problem-oriented and Problem-Based Learning (POPBL) as an innovative learning strategy for Sustainable Development in Engineering Education, European J. Engineering Education, 33 (3), 283-295 (2008).

Perrenoud, P. (2013). Construir competencias desde la escuela. Madrid, España: Editorial JCSAEZ.

Moreno, L., C. González, I. Castilla, E. González y J. Sigut, Applying a Constructivist and Collaborative Metodological Approach in Engineering Education, Computers and Education, 49 (1), 891–915 (2007).

Nascimento, J. M. y Amaral E. M., O Papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensinoaprendizagem de conceitos químicos, Ciência & Educação, 18 (3), 575-592 (2012).

Okutsu, M., D. DeLaurentis, S. Brophyy J. Lambert, Teaching and Aerospace Engineering Design Course via Virtual Worlds: A Comparative Assessment of Learning Outcomes. Computers and Education, 60 (1), 288–298 (2013).

Regalado, A., M. Cid y J. Báez, Problem based learning (PBL): Analisys of continuous stirred tank chemical reactors with a process control approach. International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), 1 (4), 54-73 (2010).

Rugarcia, A., R.M. Felder, D.R. Woods y J.E. Stice, The Future of Engineering Education I. A Vision for a New Century," Chem. Eng. Ed., 34 (1), 16-25 (2000).

Schmal, R., Reflexiones en torno a un Programa para la Formación de Competencias Transversales en Ingeniería, Ciencia, Docencia y Tecnología, 44 (1), 239–262 (2012).

Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias. Bogotá, Colombia: Eco Ediciones.

Tobón, S., Pimienta, J. y García, J. (2012). Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias. México: Pearson Educación.

Vacca, V., E. Caicedo y J. Ramírez, Herramienta Remota de Cálculo y Multiusuario para el Aprendizaje Basado en Problemas Usando Matlab. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (59), 158–169 (2011).

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a las autoridades de la FI-UNLZ y a los estudiantes de las carreras de grado y del ETIG, que desde un comienzo confiaron en el proyecto.

LA EVALUACIÓN AUTÉNTICA COMO PUENTE ENTRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE CON CASOS

Moya, María Angélica; Valles, Eduardo Nadal

Facultad de Ingeniería, Universidad Austral
mmoya@austral.edu.ar
evalles@austral.edu.ar

RESUMEN

Para que el estudiante pueda desarrollar las competencias establecidas en el perfil del ingeniero, debe enfrentarse a situaciones similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión. En la asignatura *Química Industrial* de 4to año, los alumnos resuelven casos en equipo sobre situaciones reales y actuales que, además, implican conocimientos anteriores. El caso tiene consignas de respuestas cerradas y abiertas de investigación, análisis e interpretación. La metodología de trabajo comprende tres instancias: 1) resolución en equipo, 2) autocorrección/corrección entre pares y 3) autoevaluación individual de aprendizajes.
Analizando el proceso desarrollado, los resultados obtenidos y las respuestas de los alumnos en la rutina de pensamiento orientada a la autoevaluación de aprendizajes, se detectan las siguientes notas distintivas:

- Sentido retador: la amplia mayoría de los estudiantes encuentran los casos desafiantes, interesantes, novedosos para su formación.
- Valor de la colaboración: la principal habilidad social puesta en juego es el trabajo en equipo.
- Retroalimentación sobre el desempeño: la rúbrica con las expectativas de logro y la resolución de referencia elaborada por la cátedra, orientan la corrección de los propios estudiantes y brindan criterios claros para su justificación.
- Carácter formativo continuo: los propios estudiantes detectan sus fortalezas y oportunidades de mejora, fomentado la autorregulación de aprendizajes.
- Transferencia de conocimientos a la práctica: permite la comprensión profunda, la interrelación de los conocimientos e investigación de nuevas realidades.

El modo de trabajo y de evaluación desarrollados con los casos se encuadran en la llamada evaluación auténtica.

Palabras Claves: competencias, casos, evaluación auténtica.

ABSTRACT

In order for the student to be able to develop the competencies established in the engineer profile, they must face situations similar to those they may encounter in the practice of their profession. In the 4th year Industrial Chemistry subject, students solve cases as a team about real and current situations, which also imply previous knowledge. The case has slogans of closed and open answers of investigation, analysis and interpretation. The work methodology comprises three instances: 1) team resolution, 2) self-correction/peer correction and 3) individual self-assessment of learning.
Analyzing the process developed, the results obtained and the responses of the students in the thought routine oriented to the self-assessment of learning, the following distinctive notes are detected:

- Challenging sense: the vast majority of students find the cases challenging, interesting, novel for their training.
- Value of collaboration: the main social skill put into play is teamwork.
- Feedback on performance: the rubric with the achievement expectations and the reference resolution elaborated by the chair, guide the correction of the students themselves and provide clear criteria for their justification.
- Continuous training nature: the students themselves detect their strengths and opportunities for improvement, promoting self-regulation of learning.
- Transfer of knowledge to practice: it allows deep understanding, the interrelation of knowledge and investigation of new realities.

The way of working and evaluating developed with the cases falls under the so-called authentic evaluation.

Keywords: competencies, cases, authentic evaluation

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El desafío de la educación superior

“El ingeniero no sólo debe saber, sino también saber hacer y saber comunicar. El saber hacer no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades, destrezas, etc. que requiere ser reconocida expresamente en el proceso de aprendizaje” (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, 2014). Esto conlleva, entre otras cosas, a integrar conocimientos, habilidades y valores para lo cual es necesario no sólo poseerlos, sino, también, saber seleccionarlos y combinarlos de forma pertinente según cada situación.

Para que el estudiante pueda desarrollar las competencias establecidas en el perfil del ingeniero, no basta con formarle en determinados conocimientos, habilidades y promover determinadas actitudes o valores, es necesario además favorecer el crecimiento continuo de capacidades subyacentes a las competencias. Para ello debe colocarse al alumno ante diversas situaciones de estudio y trabajo similares a las que puede encontrar en la práctica de su profesión (Mastache, 2007).

La educación basada en competencias implica un nuevo significado de aprender y, por lo tanto, también de enseñar. Quien aprende construye en forma personal competencias, pero desde los otros y con otros. Responde a metas y expectativas determinadas que surgen de las lógicas del mundo del trabajo y del mundo económico, social y político. Reconoce lo que construye y cómo ha realizado dicha construcción. Quien enseña, por su parte, crea las condiciones favorables para la construcción de las competencias y facilita las herramientas y las oportunidades de manera explícita para garantizar que esto sea posible. Al mismo tiempo, evalúa y acredita el desarrollo de las competencias, buscando evidencias de aprendizajes de los contenidos disciplinares y del desarrollo de las capacidades generales y específicas, diseñando los instrumentos de evaluación adecuados (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, 2014).

La evaluación del desempeño es el tipo de evaluación que se ejerce en la educación basada en competencias. Involucra la observación, el seguimiento y la medición de las conductas de los alumnos en el momento en el que se encuentran efectuando alguna acción relacionada con el proceso de aprendizaje, sea de manera individual o colectiva (Hancock, 2007). La evaluación auténtica va un paso más allá, en el sentido que enfatiza la importancia de la aplicación de la habilidad en el contexto de una situación de la vida real. La premisa central de la evaluación auténtica es que hay que evaluar aprendizajes contextualizados a través de situaciones relevantes en la vida real y problemas significativos de naturaleza compleja (Díaz Barriga y Hernández, 2002).

1.2 Actividades auténticas y los siete principios del aprendizaje pleno

¿Qué es auténtico para los estudiantes? Lo que podría ser relevante para los profesores, podría no serlo para los estudiantes, por lo tanto, es preciso dialogar con ellos para averiguar qué es lo que perciben como auténtico en su entorno social.

Lo auténtico no lo es siempre para todos, influyen distintas variables, como edad, nivel educativo, intereses de los alumnos o el conocimiento práctico y experiencias con el entorno social. Una situación auténtica debe ser comprensible y, al mismo tiempo, debe resultar motivadora para los estudiantes.

Muchas veces las actividades no pueden ser cien por ciento realistas, dado que no es fácil llevar al aula una situación de la vida real, por lo que las actividades que se pueden ofrecer a los alumnos, tienen cierto grado de autenticidad, cercano a los problemas que los futuros ingenieros desarrollarán en su vida profesional.

Las actividades podrán presentar así diferentes grados de acercamiento a la realidad, 1) Inauténtico, cuándo se analizan o responden preguntas a partir de un conjunto abstracto de datos, 2) Más o menos realistas, por ejemplo, cuando se diseña un reactor químico utilizando fórmulas matemáticas y principios de conservación, 3) Auténticas, cuando se construye el reactor usando una maqueta que satisface ciertos estándares de construcción y pedidos de los usuarios y finalmente, 4) Real, si se construyera el reactor realmente. (Wiggins, 1998).

Aprender de forma plena implica desarrollar nuevos conocimientos, habilidades, destrezas, conductas y valores como resultado, no solo de escuchar y observar, sino primordialmente de razonar y experimentar. Para que ocurra aprendizaje pleno (Perkins, 2010) debe haber una participación muy activa por parte del estudiante. De acuerdo con David Perkins, los siete principios de la enseñanza para transformar la educación son:

- Jugar el juego completo
- Lograr que valga la pena jugar el juego
- Trabajar sobre las partes difíciles
- Jugar de visitante
- Descubrir el juego oculto
- Aprender del equipo y de otros equipos
- Aprender el juego del aprendizaje

1.3 El círculo virtuoso de la retroalimentación

Otro aspecto a considerar es la retroalimentación desde el punto de vista formativo de los estudiantes. La evaluación tradicional tiene como objetivo acreditar los conocimientos, pero la retroalimentación contribuye a mejorar los aprendizajes de los alumnos. Esta herramienta tiene que ser usada activamente, tanto por los docentes como por los estudiantes (Anijovich, 2011).

Desde la perspectiva de los estudiantes, se trata de que se apropien, no solo de los contenidos, sino también del proceso de aprender (Furman y Podestá, 2009), y de asumir responsabilidades, es decir, de generar estudiantes autónomos. La retroalimentación implica propiciar las condiciones para generar diálogos reflexivos entre las partes, los estudiantes entre sí y los estudiantes y los profesores.

Para que pueda darse para una retroalimentación efectiva, se necesita:

- Conocer las expectativas de logro.
- Desarrollar habilidades que permitan realizar comparaciones considerando múltiples criterios.
- Diseñar estrategias para disminuir la distancia entre las producciones y las expectativas de logros.

Los profesores tienen que brindar aportes, instalar conversaciones que permitan a los estudiantes identificar y reducir el espacio entre “lo que saben hoy” y el punto al que tienen que llegar. Se pone énfasis en que estas conversaciones se centren en la tarea y no en la persona. Se trata de brindar oportunidades para que los alumnos identifiquen los problemas y así desarrollen habilidades de autorregulación del aprendizaje.

2. DESARROLLO

2.1 Contexto de la asignatura *Química Industrial*

La asignatura *Química Industrial* se dicta en el primer cuatrimestre de cuarto año para alumnos de la carrera Ingeniería Industrial y tiene una carga horaria obligatoria de 4 horas semanales. Los alumnos cursantes ya cuentan con hábitos de estudio universitario consolidados, algunos, además, se encuentran realizando pasantías laborales. La cátedra está constituida por tres profesores, todos ingenieros (Industrial, Químico y Mecánico), con diferentes edades y experiencia, tanto académica, pedagógica, como industrial y profesional. Colabora un Ayudante Diplomado, exalumno quien cursó la asignatura. Se destaca la diversidad etaria, de formación y de experiencias ya que constituye una gran fortaleza del equipo docente.

Como resultados de aprendizaje a alcanzar en la asignatura, se espera que el estudiante:

- Calcule balances de materia y energía para el análisis de procesos industriales, aplicando conceptos de termodinámica, cinética y equilibrio químico, y métodos y herramientas de ingeniería.
- Interprete variables de control para contribuir al correcto desempeño de procesos, considerando la complejidad y su interacción de las distintas actividades de planta.

- Trabaje en equipo para aprender en forma colaborativa y para comunicar de una manera efectiva, considerando diferentes perspectivas y cumpliendo con los objetivos establecidos.
- Desarrolle capacidades de autoaprendizaje para incorporar e integrar conocimientos y realidades nuevas, con sentido crítico, analítico y estratégico.

La clase se organiza en tres momentos bien diferenciados:

Primera parte: asincrónica autónoma vía campus virtual, caracterizada por actividades breves a realizar por los alumnos antes de clase. A partir de videos explicativos y/o textos breves, se busca presentar el contenido a través de relatos que despierten la curiosidad, el interés o generen dudas. Los textos se alinean con la puerta "narrativa", los videos con la puerta "estética", dado el poder que presentan las imágenes.

Segunda parte: Presencial a todo el curso en conjunto, se comienza con rutinas de pensamiento "Observo, pienso, me pregunto" (Ritchhart, 2014), que hacen de puente entre la primera parte y el marco teórico, se refuerza la teoría de un modo dialogado y se discuten y analizan aplicaciones industriales concretas. También se dan ejercicios prácticos durante la parte teórica, siendo el objetivo llegar a los alumnos por otra de las puertas de entrada del conocimiento, lógico-cuantitativo, a través de relaciones numéricas o procesos de razonamiento deductivos. Finalmente, se cierra con rutinas que visualizan la transformación de pensamiento, "Antes pensaba, ahora pienso". Luego de un intervalo, se pasa al trabajo en equipo para el planteo, análisis y resolución de problemas. Como cierre y en plenario, un estudiante por equipo expone la resolución. Justamente, esta actividad se apoya en otra de las puertas de entrada del conocimiento, la "socio-cooperativo" que considera que la colaboración y presentación del contenido a otros pares, favorece la comprensión. Para finalizar, los estudiantes responden un cuestionario formativo individual de autocorrección. Esta actividad permite, a los alumnos, verificar su comprensión, y a los profesores, realizar un seguimiento y apoyo personalizado.

Tercera parte: asincrónica de afianzamiento y profundización con material de apoyo y entrega escrita a través del foro de problemas obligatorios resueltos en equipo. Las devoluciones personalizadas por equipo a cada entrega permiten detectar tempranamente errores, sugerir mejoras, etc. El foro por clase se empleó, además, para consultas asincrónicas. En forma adicional y optativa, al terminar la clase los alumnos disponen de clase de consulta presencial de 2 horas, Estas posibilidades fueron muy valoradas y utilizadas por los alumnos, tanto en forma individual como en equipo.

2.2 Características de los casos

Los casos buscan ayudar a comprender, interpretar y traducir los fundamentos y conocimientos estudiados a lo largo de la asignatura, aplicándolos a situaciones reales. De esta manera, se procura fomentar un aprendizaje activo y participativo donde se desarrolle el pensamiento analítico y crítico, ampliando el estudio a temas de actualidad. A su vez, el modo de trabajo en equipo, busca favorecer la creatividad y el aprendizaje colaborativo, permitiendo complementar las fortalezas de cada miembro y así aumentar la eficiencia y productividad, ayudando al mismo tiempo, a desarrollar cualidades de liderazgo, de comunicación efectiva y pensamiento crítico.

La cátedra establece aleatoriamente los equipos de trabajo, evitando la agrupación espontánea por amistades. Se procura de esta manera recrear condiciones parecidas a las que encontrarán en la actividad profesional, donde los equipos de trabajo están compuestos por personas que no siempre están habituadas a trabajar entre sí. Se solicita que, en cada caso, un alumno del equipo asuma el rol de líder y se indique en documento. Como los equipos se mantienen a lo largo de todo el cuatrimestre, y además deben realizar otras actividades (laboratorio, visita a planta, etc.), este rol es rotativo entre los miembros del equipo.

A finalizar el trabajo con los casos, se espera que el estudiante:

- Elabore diagramas de flujo para el estudio de procesos reales, teniendo en cuenta la información de contexto y asumiendo las hipótesis de resolución necesarias.
- Aplique los principios generales de las operaciones unitarias básicas para la resolución de balances de materia, utilizando información de fuentes pertinentes.
- Realice búsquedas bibliográficas de temas de actualidad, para vincular y ampliar lo estudiado, seleccionado material relevante de un modo crítico y justificado.

- Trabaje colaborativamente en equipo, asumiendo roles, para comunicar efectivamente los resultados, respetando las pautas establecidas.

2.3 Método de trabajo y principios aplicados de la "Enseñanza Plena"

Durante el cuatrimestre, los estudiantes desarrollan en equipo dos casos, uno antes de cada parcial con un grado de complejidad creciente, conforme al desarrollo de la asignatura. Los casos son elaborados por la cátedra y se presentan con un enunciado introductorio, ofrecen vínculos ampliatorios de información y comprenden, en proporciones equivalentes, consignas de respuesta cerrada y de respuesta abierta de investigación, análisis e interpretación. Finalmente, terminan con una conclusión orientada a la reflexión del equipo.

Considerando el primer principio del aprendizaje pleno de Perkins, "Jugar el juego completo" (Perkins, 2010), y dado que los casos son situaciones reales y actuales contextualizadas, los alumnos deben trabajar como ingenieros en su resolución. Las consignas cerradas implican cálculos, asumiendo condiciones de borde e indicando hipótesis de resolución. Y las consignas abiertas requieren buscar y elaborar información, discutir su aplicación a la realidad. Así se procura vincular la investigación con la acción y la teoría con la práctica. Otro de los principios que se aplica es "Descubrir el juego oculto" (Perkins, 2010). Se necesitan tener conocimientos previos de otras asignaturas tales como, *Termodinámica*, *Química I* y *II*, para el desarrollo del aprendizaje de nuevos temas que se presentan en *Química Industrial*, por lo tanto, conceptos que aparecían como ocultos, son nuevamente sacados a la luz en virtud de su utilidad.

La metodología de trabajo del caso comprende tres instancias, separadas una semana entre sí, a saber:

- Entrega de la resolución en equipo del caso respetando pautas formales (informe técnico). Aquí se destaca otro de los principios del "Aprendizaje Pleno", "Aprender del equipo y de otros equipos" (Perkins, 2010). Los estudiantes deben poner en juego habilidades blandas de comunicación oral y escrita, de organización, de asunción de roles, de cumplimiento de tiempos y requisitos formales, etc.
- Autocorrección en equipo para el primer caso y corrección en equipo entre pares para el segundo caso, según rúbrica que indica las expectativas de logro y resolución de referencia elaborada por la cátedra. En este punto, resulta apropiado destacar otro de los principios de Perkins, "Trabajar sobre las partes difíciles" (Perkins, 2010). Las rúbricas les brindan a los estudiantes la oportunidad de emplear nuevas estrategias para identificar las partes donde hacer foco, según el resultado previsto.
- Autoevaluación individual de aprendizajes e identificación personal de oportunidades de mejora, de acuerdo con una rutina de pensamiento del tipo "¿Qué?, ¿cómo?, y ¿para qué?". Acá nuevamente se identifica otro de los principios, "Aprender el juego del aprendizaje" (Perkins, 2010), los alumnos desarrollan habilidades de pensar sobre el pensamiento, lo que permite reflexionar sobre el proceso que han ido realizando a lo largo de la confección de las entregas, de los resultados obtenidos y de las acciones personales de mejora necesarias.

Por último, cabe mencionar la relación con los dos principios faltantes: "Jugar de visitantes" (Perkins, 2010), el objetivo no es sólo el buen desempeño en el aula, sino fundamentalmente, se está preparando al estudiante para otro momento, el trabajo como ingenieros. "Lograr que valga la pena jugar el juego" (Perkins, 2010), al poner en juego todas las habilidades mencionadas en los puntos anteriores, y estudiar temas de actualidad, se potencia la vinculación de la asignatura con la realidad y con el ejercicio de la profesión.

3. RESULTADOS

Se presentan los resultados correspondientes a la cohorte de 44 alumnos de *Química Industrial* del año 2022, que trabajaron distribuidos en 8 equipos, de cinco y seis estudiantes. Los casos abordaron los siguientes temas:

- Caso 1: Tratamiento de efluentes cloacales
- Caso 2: Producción de ácido sulfúrico

En el caso 1, la corrección fue realizada en una primera instancia por el mismo equipo, es decir, se realizó una autocorrección sobre la resolución del caso presentado, siguiendo los lineamientos de

la rúbrica. En el caso 2, la evaluación se realizó entre pares. Para ambos casos la cátedra brindó un documento de referencia para que los alumnos de cada equipo pudieran realizar sus propias correcciones y de esta manera, justificar la calificación otorgada a sí mismo u a otro equipo. Luego de esta primera corrección de los casos entre estudiantes y la autoevaluación de aprendizajes, la calificación final la efectuaron los profesores de la cátedra.

Es importante destacar que este tipo de trabajos en equipo demanda mayor cantidad de horas de trabajo por parte de los profesores, para la preparación del material, el seguimiento y acompañamiento a los equipos a través de consultas y la evaluación final.

A continuación, se analizan los resultados desde dos aspectos, las calificaciones obtenidas en las resoluciones de ambos casos y las respuestas de los estudiantes a la escalera de metacognición.

3.1 Resultados evaluados desde las calificaciones

En primer lugar, se presenta un análisis de Pareto sobre las calificaciones finales de los profesores a los 8 equipos del trabajo realizado en los casos. Para el primero de los casos, según la Figura 1-caso 1 se observa que el 80% de los estudiantes obtuvieron notas iguales o superiores a 8. Es decir, el caso 1 fue resuelto muy satisfactoriamente por la gran mayoría de los equipos. Dentro del 20% restante, podemos encontrar que un equipo obtuvo calificación 6 y otro un 7.5. Con el equipo que obtuvo nota final 6, la cátedra se reunió para escuchar sus puntos de vista, identificar dificultades y darles una devolución personal e individual que les ayudara a encauzar su trabajo de acuerdo a los resultados esperados.

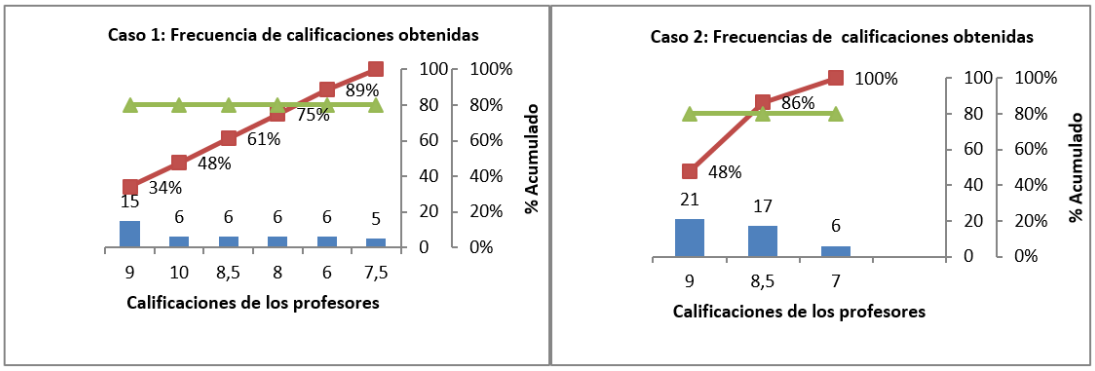


Figura 1 Casos: Frecuencia de calificaciones finales obtenidas

Del análisis de la Figura 1-caso 2 donde se presentan las calificaciones finales de los profesores, se observa la mejora de las calificaciones respecto al caso 1: el 80% de las calificaciones son iguales o superiores a 8.5 de nota final. Además, se destaca que no hubo ninguna nota inferior o igual a 6, lo que también convalida el aprendizaje obtenido en la primera instancia con el caso 1 y el proceso de autocorrección.

A continuación, se analizan las variaciones obtenidas entre las calificaciones de los alumnos en sus propias correcciones y las de los profesores en el caso 1, y la variación obtenida entre la corrección entre pares y los profesores, para el caso 2.

Tabla 1 Caso 1: Comparación calificaciones

CASO	Nº de Equipo	Metodología	Calificación Profesores	Calificación Estudiantes	Diferencia Porcentual
1	1	Auto corrección	8,5	7,7	9,4
	2		6	8,62	-43,7
	3		8	9,2	-15,0
	4		7,5	8,2	-9,3
	5		9	9,1	-1,1
	6		9	8,75	2,8
	7		9	8,5	5,6
	8		10	9,1	9,0
					-5,3

Tabla 2 Caso 2: Comparación calificaciones

CASO	Nº de Equipo	Metodología	Calificación Profesores	Calificación Estudiantes	Diferencia Porcentual
2	1	Corrección entre pares	8,5	9	-5,9
	2		7	9,1	-30,0
	3		8,5	8,8	-3,5
	4		9	9,5	-5,6
	5		9	9,6	-6,7
	6		8,5	9	-5,9
	7		9	9	0,0
	8		9	8,9	1,1
					-7,1

Analizando los resultados de las Tablas 1 y 2, se desprende que hubo una diferencia de 5% en promedio para la calificación del caso 1 (autocorrección) entre las notas de los profesores y los estudiantes, y del 7% en promedio para el caso 2 (corrección entre pares). Se puede concluir que,

en promedio, las diferencias no son significativas y que los estudiantes realizaron una evaluación y justificación a conciencia sobre la corrección de sus propias producciones (caso 1) y la del equipo asignado (caso 2), dejando un aprendizaje adicional, ya que corrigiendo se aprende sobre los errores y se visualizan otros modos de resolución posibles.

Sin embargo, se debe señalar que en un equipo (equipo 2), hubo discrepancias significativas respecto de las calificaciones que asignó en torno del 37% en promedio de ambos casos. Los informes de resolución de los casos de este equipo presentaron algunos errores conceptuales y menor calidad de investigación y justificación. Gracias a esta situación observada, los profesores tuvieron una conversación con los integrantes del equipo en pleno, donde se reforzaron los principales tópicos de las fallas que se detectaron y se explicaron nuevamente los criterios de calidad y profundidad esperados.

3.2 Resultados evaluados desde la escalera de metacognición

La metacognición es el proceso por el cual cada estudiante se hace consciente de su propio aprendizaje, identifica habilidades, limitaciones, herramientas, conocimientos previos, conocimiento nuevo, progresos y su aplicación práctica para hacer frente a las distintas situaciones que se le presentan en la vida (Furman, 2018). Se empleó la siguiente rutina de pensamiento de 5 preguntas obligatorias abiertas a desarrollar y la última, adicional optativa, también a desarrollar:

1. ¿Qué he aprendido?
2. ¿Qué pasos he dado?
3. ¿Cómo me ha resultado?
4. ¿Para qué me ha servido?
5. ¿En qué otras ocasiones puedo usarlo?
6. ¿Algo más que agregar?

A continuación, se presenta el análisis cualitativo y cuantitativo de las respuestas brindadas.

3.2.1 ¿Qué he aprendido?

Las respuestas de los alumnos a esta pregunta abierta fueron clasificadas según los aprendizajes que destacan, conocimientos, habilidades y actitudes y valores. De la Tabla 3, se desprende que el 67% de los estudiantes señalan que el conocimiento fue el mayor aprendizaje en el primer caso, y el 89% de los estudiantes en la resolución del segundo caso, junto con las habilidades desarrolladas durante la resolución de los casos, un 67% para el caso 1 y 54% para el caso 2. Es muy valioso el reconocimiento de las actitudes y valores puestos en juego durante la resolución de los casos, un 33% de los alumnos en el caso 1, y un 11% de los estudiantes en el caso 2 así lo explicita.

Tabla 3 ¿Qué he aprendido?

Nº Caso	Metodología	Conocimientos	Habilidades	Actitudes y valores
1	Autocorrección	67%	67%	33%
2	Corrección entre pares	89%	54%	11%

En el caso 1 los estudiantes destacan mayoritariamente los siguientes conocimientos:

- *"Tratamiento de efluentes cloacales, importancia en un contexto de escasez de agua global, landfarming, economía circular, aprovechamiento energético".*

Con respecto a las habilidades adquiridas, mencionan:

- *"Interpretación del proceso mediante diagrama de flujo, investigación, trabajo en equipo, método de resolución, citas bibliográficas (APA) y comunicación".*

Y en relación con actitudes y valores adquiridos en la resolución del primer caso, señalan;

- *"Confianza, respeto, responsabilidad, puntualidad, motivación, compromiso y escucha".*

En el caso 2, caso, los estudiantes destacan los siguientes nuevos conocimientos:

- *"Proceso de obtención del ácido sulfúrico, commodities, catalizadores, solubilidad de oxígeno y su impacto en la vida submarina, importancia del secado del aire de proceso."*

Respecto a las habilidades mencionan:

- *"Trabajo en equipo, comunicación, investigación y gestión del tiempo, planteo de problemas de ingeniería complejos mediante el debate e intercambio de ideas, evaluación del trabajo realizado".*

Con respecto a las actitudes y valores, indican:

- *"Responsabilidad, cumplimiento, apoyo y organización".*

3.2.2 ¿Qué pasos he dado?

Los estudiantes explican que han aprendido investigando, buscando material en diferentes formatos (algunos mencionan la utilidad de los videos) que les ayudaron a la comprensión de los procesos, poniendo ideas en común, discutiendo y consensuando la elaboración de las respuestas. A continuación, se transcriben dos respuestas textuales representativas que ilustran lo antedicho para cada caso:

Pasos dados por los alumnos en el caso 1:

- *"La integración de distintas opiniones basadas en una investigación exhaustiva por parte de cada integrante, luego conectándolo todo y dándole sentido".*
- *"He aplicado estrategias de liderazgo para poder poner en marcha el trabajo, y hemos compartido métodos y propuestas en equipo para las respuestas".*

Pasos dados por los alumnos en el caso 2:

- *"Leer el caso, releerlo destacando ideas y palabras clave o desconocidas, investigar sobre lo anterior, hacer puestas en común, dos o tres ciclos de dividir tareas, hacer, revisar y corregir y una última revisión".*
- *"Presentación de consignas, discusión de ideas, plantear posibles soluciones, dar respuesta y evaluar".*

De las respuestas surge claramente que ha habido un real apoyo y un aprendizaje colaborativo entre pares.

3.2.3 ¿Cómo te ha resultado?

El primer caso se les presentó como "desafiante" al 52% de los alumnos (Tabla 4), dado que fue la primera vez que trabajaron con este tipo de metodología. Es por ello que la calificación "desafiante" baja a 27% para el segundo caso, ya que, en esta ocasión, se perdió el efecto sorpresa. Los alumnos indican que el principal desafío fue la búsqueda de información y la comprensión e interpretación de un proceso nuevo.

Tabla 4 ¿Cómo te ha resultado?

Nº Caso	Metodología	Desafiante	Novedoso	Fácil	Difícil
1	Autocorrección	52%	24%	19%	19%
2	Corrección entre pares	27%	32%	49%	30%

Se observa que, tanto el primer caso como el segundo, se mantienen "novedosos" en una proporción relativamente similar. La calificación "fácil" pasó del 19% en el primer caso, al 49% en el segundo caso. Resulta lógico considerando la consolidación y mejora del trabajo en equipo y del dominio de la metodología de casos.

Como principal dificultad surge la coordinación de tiempos de trabajo en común del equipo. La gran mayoría de los estudiantes ya están realizando Pasantías, por lo cual sus tiempos libres son muy escasos, esto es más significativo con el avance del cuatrimestre, que es cuando se desarrolló el caso 2. La cátedra toma nota de esta circunstancia para próximas ediciones del trabajo con casos.

Con lo que respecta a "desafiante", los estudiantes mencionan:

- *"El trabajo en equipo requiere mayor organización en cuanto a horarios, no saber nada sobre el caso y empezar a leer e investigar desde cero y la sensación de trabajar como un ingeniero analizando diferentes opciones".*

Algunos de los elementos "novedosos" que se destacan de ambos casos son:

- *"Trabajar con otros, incluyendo nuevos puntos de vistas, tratar temas vinculados al impacto social y volcar los conocimientos teóricos en un caso real".*

Para las tareas que le resultaron "fáciles", se destacan:

- *"La colaboración y la buena comunicación del equipo".*

Finalmente, para las tareas más "difíciles" se mencionan:

- "*La dificultad para coordinar horarios para realizar el trabajo y las distintas motivaciones de los diferentes estudiantes".*

3.2.4 ¿Para qué me ha servido?

Continuando el análisis de la escalera de la metacognición en relación con la pregunta; ¿Para qué me ha servido?, se observa que el "conocimiento aplicado a la realidad" representa una cifra igual o superior al 50% en ambos casos, seguido del trabajo en equipo, con un promedio de 35% de los dos casos. Finalmente, la "presentación de Informes y justificación de las respuestas" fue del 26% para el caso 1 y del 8% para el caso 2, disminuyendo la incidencia en el segundo caso, dado que la innovación y uso del método se aplicó y se conoció en el primero de ellos. Se observa un 10% de "conciencia ambiental" en el caso 1 (Tabla 5).

Tabla 5 ¿Para qué me ha servido?

Nº Caso	Metodología	Conocimientos aplicados a la realidad	Trabajo en equipo	Investigar Analizar información	Conciencia ambiental	Presentación Informes Justificación
1	Autocorrección	50%	33%	17%	10%	26%
2	Corrección entre pares	57%	38%	19%	0%	8%

3.2.5 ¿En qué otras ocasiones puedo usarlo?

Del análisis cualitativo sobre las respuestas de los estudiantes se extraen algunas conclusiones relevantes. Para el caso 1, algunas de las más significativas fueron:

- *"Me llevo una metodología, para reunir, comunicar, planificar y analizar un caso en conjunto con un grupo de personas".*
- *"Mientras más organizado sea un equipo, más fácil se hace el trabajo".*

El mismo análisis cualitativo se realizó para el caso 2 y se destacan:

- *"Puedo implementarlo directamente en la vida laboral, constantemente hay que trabajar en equipo, discutir ideas y coordinar trabajos".*
- *"Me llevo la capacidad aprender por mí mismo por medio de la investigación personal, más allá del contenido concreto, me llevo el proceso de integración del conocimiento y la interpretación criteriosa de la misma"*

3.2.6 ¿Algo más que agregar?

Merece señalarse que, en promedio de los dos casos, el 25% de los estudiantes agregaron comentarios espontáneos, no obligatorios, que complementan e ilustran todo lo antedicho. Se indican algunas respuestas, a modo de ejemplo:

- *"Es importante poder desarrollar lo aprendido en casos reales y procesos complejos como el estudiado".*
- *"Te das cuenta mejor en lo que te equivocaste y tenés un modelo de cómo hacerlo bien para la próxima."*
- *"Muy provechosa en general, se exigió prudentemente para desafiar, pero no para frustrar. Además, pienso que los trabajos en grupo incentivan el aprendizaje y división de tareas para comprender un tema desde lo particular a lo global".*
- *"La parte de autocorrección en equipos me pareció correcta, de ahí se sigue aprendiendo de lo que realizan los demás, y se está en mejora continua permanentemente".*

Los alumnos comprendieron que las actividades presentadas fueron intelectualmente desafiantes, lo que los impulsó a desarrollar diferentes habilidades para la resolución con el resto de los integrantes del equipo.

4. CONCLUSIONES

Analizando el proceso desarrollado a través del trabajo en equipo con dos casos de complejidad creciente, los resultados obtenidos y las respuestas de los alumnos en la rutina de pensamiento orientada a la autoevaluación de aprendizajes, se detectan las siguientes notas distintivas:

- Sentido retador: la amplia mayoría de los estudiantes encuentran los casos desafiantes, porque implicaron búsqueda de información y comprensión personal de nuevos procesos, interesantes por su vinculación directa con la realidad, y novedosos para su formación, porque debieron organizar el trabajo dentro del equipo asignado, cumpliendo las pautas de presentación formal brindadas. También se destaca la adaptación para coordinar tiempos de trabajo en común.
- Valor de la colaboración: la principal habilidad social puesta en juego es el trabajo en equipo. Los estudiantes destacan la comunicación efectiva y las reuniones periódicas de avance, la distribución de tareas, la discusión de diferentes puntos de vista para consensuar las respuestas de un modo profundo y llevadero. Ha habido un real apoyo y aprendizaje colaborativo entre pares, como así también, se observa una mejora progresiva del trabajo en equipo.
- Retroalimentación sobre el desempeño: la rúbrica con las expectativas de logro y la resolución de referencia elaborada por la cátedra, orientan la corrección de los propios estudiantes, amplían las miradas y brindan criterios claros para su justificación.
- Carácter formativo continuo: los estudiantes destacan aprendizajes que exceden a los contenidos propios de la asignatura, tales como, la capacidad de investigación, la elaboración de conclusiones, citas y referencias en un informe, la importancia de la organización y planificación, etc. Justamente la reflexión personal sobre los aprendizajes ayuda a los propios estudiantes a detectar sus fortalezas y oportunidades de mejora, fomentado la autorregulación de aprendizajes.
- Transferencia de conocimientos a la práctica: los casos trabajados se vinculan con cuestiones de actualidad, permiten la interrelación de los conocimientos y la investigación de nuevas realidades, tales como, los objetivos de desarrollo sostenible, commodities, economía circular, etc., para una comprensión profunda. Se fomenta el pensamiento crítico y la valoración de los aprendizajes, lo nuevo adquiere sentido, pertinencia y se visualiza su importancia.

Los resultados obtenidos comprenden los elementos que potencian un aprendizaje vivencial (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016):

- La información se presenta a los estudiantes contextualizada en casos reales, secuenciada y organizada con un nivel de exigencia creciente del caso 1 al caso 2 (centrado en el conocimiento).
- El contenido hace referencia a los conocimientos previos, tales como conceptos de estequiometría, balances y reacciones químicas (*Química I* y *Química II*) y es relevante en la vida de los estudiantes, abarca situaciones de la vida diaria, vinculadas con dimensiones del desarrollo sostenible y desafíos actuales (centrado en el estudiante).
- Se crean oportunidades para la retroalimentación formativa a partir de la autocorrección, corrección entre pares y devolución de los profesores. Los estudiantes se benefician al comprobar su propia comprensión y al reflexionar sobre sus propios aprendizajes (centrado en la evaluación).
- Se crea un ambiente que permite aprender de manera colaborativa, que facilita y enriquece el proceso, permitiendo, al mismo tiempo, el desarrollo de habilidades sociales, de comunicación efectiva, tanto orales como escritas (centrado en la comunidad).

Se puede concluir que el modo de trabajo y de evaluación desarrollados con los casos se encuadran en la llamada evaluación auténtica (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2016).

REFERENCIAS

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2014). *Competencias en ingeniería*. (1° ed.). Universidad FASTA Ediciones.

Mastache, A. (2007). *Formar personas competentes. Desarrollo de competencias profesionales y psicosociales*. Editorial Noveduc.

Hancock, D. (2007). *Effects of performance assessment on the achievement and motivation of graduate students*. Active Learning In Higher Education, 8(3), 219-231.

Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2° ed.). McGraw Hill.

Perkins, D. (2010). *El aprendizaje Pleno. Principios de la enseñanza para transformar la educación*. Editorial Paidós.

Furman, M. (2018). *Guía para criar hijos curiosos*. Capítulo 6: Aprender a aprender. Editorial Siglo XXI.

Furman, M. y Podestá, M.E. (2009). *La Aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Capítulo 1: La ciencia como producto y como proceso. Editorial Aique.

Anijovch R. y Gonzalez C. (2011). *Evaluar para aprender.* Capítulo 1: El círculo virtuoso de la retroalimentación. Editorial Aique.

Ritchhart, R. *et al.* (2014). *Hacer visible el pensamiento*. Editorial Paidós.

Wiggins, G (1998). *Educative Assessment. Designing Assessments to Inform and Improve Student Performance*. Jossey-Bass Publisher.

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016). *Aprendizaje basado en retos*. Edu Trends Febrero 2016. https://observatorio.tec.mx/edutrendsabr

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey (2016). *Evaluación de desempeño en el modelo Educativo basado en competencias*. Edu Trends Mayo 2016. https://observatorio.tec.mx/edutrendsevaluacindesempeo

Las tres "R" de la docencia universitaria en la nueva presencialidad: Replanteo, Rediseño y Reutilización

Villanueva, Bárbara M.; Vivas, Leticia A.; Romero Dondiz, Estela M.; Pistán, Héctor D. & Arciénaga Morales, Antonio A.

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Salta

RESUMEN

El regreso a la presencialidad replanteó la necesidad de rediseñar clases reutilizando conocimientos y experiencias adquiridos durante la virtualidad para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. De las actividades y herramientas empleadas en la virtualidad que resultaron positivas para estudiantes y docentes, se eligieron las que pudieran reutilizarse en la actualidad, entre ellas: videos de las clases teóricas; bancos de preguntas en plataformas de enseñanza virtual; canales alternativos de comunicación y consulta; metodologías de aprendizaje activas e incorporación de gamificación. Los impactos positivos del rediseño efectuado fueron: aprovechamiento eficiente de clases sincrónicas presenciales, al plantear actividades asincrónicas; disponibilidad de material audiovisual adicional en etapas de preparación de evaluaciones; comunicación fluida y efectiva entre alumnos y docentes; desarrollo de producciones audiovisuales por parte de los estudiantes. En base a los resultados obtenidos, se replantearon acciones de cátedra que incorporaron estas herramientas y metodologías. El uso de tecnología TIC despertó el interés y motivación de los estudiantes. Se perfeccionó el material de cátedra y reutilizó según los requerimientos surgidos de grupos de alumnos. Adicionalmente, se dejó disponible el material didáctico a contra-cuatrimestre para los estudiantes que no alcanzaron la promoción y/o regularización y se preparan para rendir libre las asignaturas.

Palabras Claves: Nueva presencialidad – Rediseño – Docencia universitaria

ABSTRACT

Return for face-to-face classes has raised the need to redesign classes by reusing knowledge and experiences acquired during virtuality to enrich the teaching and learning processes. For activities and tools used in virtuality that were positive for students and teachers, those that could be reused today were chosen, among them: videos of the theoretical classes; question banks on virtual teaching platforms; alternative channels of communication and consultation; active learning methodologies, and incorporation of gamification. The positive impacts of the redesign demonstrated to be: efficient use of face-to-face synchronous classes, by proposing asynchronous activities; availability of additional audiovisual material in stages of evaluation preparation; fluid and effective communication between students and teachers; development of audiovisual productions by students. Based on the results obtained, academic actions that incorporated these tools and methodologies were reconsidered. The use of ICT technology aroused the interest and motivation of the students. The teaching material was perfected and reused according to the necessary requirements of the group of students. In addition, the didactic material was made available for the counter-semester for students who did not reach promotion and/or regularization and are preparing to take the subjects free.

Keywords: New face-to-face classes – Redesign – University teaching

1. INTRODUCCIÓN

La vuelta a la plena presencialidad en las aulas universitarias llevó a los docentes a replantearse la necesidad de realizar un rediseño de los procesos de enseñanza y aprendizaje, a fin de aprovechar los conocimientos y experiencias adquiridos durante la virtualidad e incorporarlos en las clases presenciales. Así mismo, este replanteo da respuesta a las necesidades y solicitudes de los estudiantes de mantener aquellas estrategias de enseñanza que resultaron motivadoras y beneficiosas durante la virtualidad.

Las propuestas pedagógicas presenciales en tiempo de post-pandemia deben continuar siendo innovadoras y motivadoras para los estudiantes, e incluir estrategias mediadas por la tecnología, ya que las mismas resultan sumamente efectivas para lograr un aprendizaje significativo y acorde con las inquietudes y preferencias de las nuevas generaciones de estudiantes.

Esta adaptación representa para los docentes un gran desafío, ya que implica rediseñar las estrategias pedagógicas para los procesos de enseñanza y aprendizaje y mantenerse actualizado y capacitado en el dominio de diversas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como así también una significativa demanda de tiempo.

Se hace necesario llevar adelante una planificación de las intervenciones de adaptación, a fin de poder: definir qué hacer, cómo hacerlo, qué recursos y estrategias se deben emplear y registrar el impacto de las mismas y el nivel de logro de los resultados de aprendizaje alcanzados.

1.1 Antecedentes

La situación particular de Pandemia del 2020 y 2021, representó para la comunidad universitaria un punto de inflexión y una posibilidad de cambio. Para afrontar esta situación fue necesario un gran compromiso y una demanda adicional de tiempo y recursos para llevar a cabo la tarea educativa. Se afrontaron diversos tipos de problemas tales como: escasa y/o mala conectividad, falta de recursos tecnológicos, inexperiencia en el manejo de tecnologías para la enseñanza virtual, sumados éstos a los problemas de índole sanitario, personal y emocional originados por la Pandemia y el Aislamiento Social, Preventivo y Obligatorio (ASPO).

Frente a esta situación, con el objetivo de desarrollar competencias para diversificar la didáctica y fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje se rediseñaron las estrategias pedagógicas y se aplicaron diversas TIC. Las propuestas pedagógicas virtuales debieron ser flexibles debido a las limitaciones de conectividad y estar debidamente planificadas y organizadas, con objetivos definidos, metodologías, consignas y criterios de evaluación claros. De esta manera se diseñaron actividades innovadoras y motivadoras para los estudiantes. Algunas de las actividades y estrategias implementadas durante el 2020 y 2021 por los autores de este trabajo se detallan en los apartados siguientes.

1.1.1 Actividades para el desarrollo de clases teóricas y prácticas

- Elaboración de videos cortos con el desarrollo de contenidos teóricos puestos a disposición de los estudiantes en el aula virtual, para ser trabajados como actividades previas o píldoras de conocimiento en modalidad de aula invertida.
- Reuniones de clases sincrónicas, mediante videoconferencia, para realizar consultas, despejar dudas, profundizar los temas presentados en los videos, formalizar retroalimentaciones, entre otros.
- Producción de videos demostrativos para reemplazar las actividades en Planta Piloto de la asignatura Operaciones Industriales (Villanueva, Pistán, & Arciénaga Morales, 2020).
- Diseño de páginas web como material didáctico complementario de algunos temas (Vivas & Romero Dondiz, 2020).

1.1.2 Actividades innovadoras de aprendizaje activo

- Propuesta de una actividad colaborativa para simular la futura actividad profesional de los ingenieros en un proceso de selección de una caldera para la producción de un vapor de determinadas propiedades termodinámicas (Romero Dondiz, Vivas, & Almazán, 2020).
- Adaptación de los estudios de casos reales en modalidad virtual, mediante consultas (telefónicas o por videoconferencia) con expertos de diferentes empresas, completando la información para el estudio del caso con datos de las páginas web empresariales (Villanueva, Pistán, & Arciénaga Morales, 2020).

- Propuesta de aprendizaje basado en desafíos: contactar un Ingeniero con experiencia en la industria que resuma en un breve video la importancia de un dado tema (Vivas L. , Vega, Romero Dondiz, & Domínguez, 2020).
- Observación, relevamiento y análisis de sistemas e instrumentos de medición que están presentes en la vida cotidiana (Vivas L. , Vega, Romero Dondiz, & Domínguez, 2020).
- Implementación de aprendizaje basado en juegos y gamificación (Vivas, Vega, & Romero Dondiz, La gamificación como herramienta de autoevaluación en un proceso de formación continua, 2021)

1.1.3 Actividades de Evaluaciones formativas y sumativas

- Elaboración de Juegos de autoevaluación, utilizando herramientas y aplicaciones web.
- Confección de bancos de preguntas de opción múltiple y desarrollo, mediadas por TIC.
- Diseño de Evaluaciones integradoras orales, estructuradas en función de los Resultados de Aprendizaje.

El diseño e implementación de las actividades antes mencionadas y los materiales didácticos empleados, demandó una gran inversión de tiempo por parte del docente, en la preparación, prueba y puesta en marcha. Todo este esfuerzo tuvo como consecuencia un impacto positivo en los estudiantes, reflejado en buenos resultados durante las diferentes instancias de evaluación y en las retroalimentaciones recibidas por parte de los alumnos. Así mismo, el bagaje de conocimientos aprehendidos por los docentes es la base de la propuesta presentada en este trabajo.

1.2 Objetivos

Se desea compartir con docentes de otras universidades el trabajo colaborativo de investigación desarrollado entre cátedras de carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.

El objetivo de esta investigación fue adecuar los procesos de enseñanza y aprendizaje a la nueva presencialidad post-pandemia.

Los objetivos específicos fueron:

- Replantear los procesos de enseñanza y aprendizaje, identificando los puntos críticos a mejorar en el contexto de la nueva presencialidad.
- Rediseñar metodologías, actividades y materiales que impacten positivamente en los puntos críticos detectados.
- Reutilizar las metodologías, actividades y materiales diseñados, aplicados y validados durante la Pandemia, previa adecuación al nuevo contexto presencial.

1.3 Contexto

Docentes de asignaturas de Ingeniería Industrial e Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Salta han compartido experiencias y aprendizajes alcanzados durante el proceso de educación virtual en Pandemia. A partir de este intercambio colaborativo se replantearon los procesos de enseñanza y aprendizaje para adaptarlos a la nueva presencialidad.

En la Tabla 1 se muestran cuáles fueron las Carreras y Asignaturas que participaron del intercambio colaborativo y volcaron su experiencia en este trabajo.

Tabla 1 Asignaturas y Carreras que participaron de esta propuesta.

Carrera	Asignatura	Cuatrimestre/Año (*)
Ingeniería Industrial	Operaciones Industriales	1er/ 4to
	Gestión Estratégica	1er/ 5to
	Gestión de la Calidad	2do/ 5to
Ingeniería Química	Servicios Auxiliares	1ro/ 5to
	Instrumentación y Control de Procesos	1ro/ 5to

(*) Planes de Estudio: Ingeniería Industrial (Res. CS 447/14, 2014); Ingeniería Química (Res. CS 413/12, 2012).

Los tres momentos significativos que definieron el contexto de este trabajo fueron:

- Periodo lectivo 2020: migración al sistema de enseñanza virtual debido al ASPO como consecuencia de la pandemia de COVID-19.
- Período lectivo 2021: sistema mixto; se continua con la enseñanza virtual autorizándose algunas actividades presenciales con protocolos particulares, tales como: clase experimentales en laboratorios, prácticas en planta piloto y algunos exámenes parciales.
- Período lectivo 2022: retorno a la presencialidad plena; con excepción del Primer Año de todas las carreras de la Facultad hasta después del primer parcial, instancia en la cual se produce una importante reducción del número de alumnos.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 Replanteo, Rediseño y Reutilización

Al comenzar el ciclo lectivo 2022 con presencialidad plena a partir del segundo año de las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, los docentes autores de este trabajo se propusieron replantear las actividades de cada cátedra, rediseñando las metodologías de enseñanza y de aprendizaje, los materiales de cátedra y aprovechando los conocimientos adquiridos durante el 2020 y 2021. En este sentido se propuso la reutilización de los recursos generados para la enseñanza virtual adaptados a la presencialidad. Esta propuesta educativa para la nueva presencialidad se resume así en las “3R” de la docencia universitaria en la nueva presencialidad: Replanteo, Rediseño y Reutilización.

> *Replanteo*: volver a plantear un problema o asunto (RAE, 2022).

Esta acción presupone un análisis sistémico del proceso, y la búsqueda de los puntos críticos donde se puedan aplicar mejoras que efectivamente actúen sobre el resultado. Tomando como analogía el análisis de las cadenas de valor, se deben analizar los “cuellos de botella”, “estrangulamientos” o puntos críticos (Lundvall, Johnson, Andersen, & Dalum, 2002) (Hirschmann, 1958) o “déficits funcionales” (Ewers & Wettmann, 1980). Sin la identificación y determinación de los mismos, no será posible iniciar acciones efectivas de mejora.

> *Rediseño:* volver a diseñar algo o modificar un diseño previo (Pérez Porto, 2016).

De acuerdo al enfoque del trabajo, involucra modificar materiales didácticos y actividades de enseñanza, teniendo en cuenta el impacto en el proceso de aprendizaje y el logro de los resultados de aprendizaje. Sobre la experiencia adquirida en la virtualidad es posible actualizar y modernizar los materiales de acuerdo a las necesidades de los clientes, en este caso los estudiantes, y ofrecer instancias y espacios que propicien aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias tecnológicas y sociales.

> *Reutilización:* Volver a utilizar algo, bien con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines (RAE, 2022).

En esta propuesta, este paso implica darle uso a todo el material didáctico que se preparó para la enseñanza virtual. Del mismo modo, todas aquellas actividades implementadas en virtualidad que tuvieron buena aceptación y lograron un impacto positivo en los estudiantes y en su proceso de aprendizaje, también son factibles de continuar realizándolas adaptadas a la presencialidad.

Las “3R” permiten dar respuesta a los requerimientos de los estudiantes de contar con material digital y audiovisual complementario a las clases presenciales y continuar realizando algunas de las actividades participativas que les resultaron motivadoras y de gran utilidad durante el período de enseñanza virtual; sobre todo aquellas mediadas por tecnología y basadas en juegos.

2.2. Técnica 5W2H

La aplicación de las 3R como propuesta para abordar la docencia universitaria en la nueva presencialidad enfoca sus esfuerzos en aquellos puntos estratégicos factibles de ser adaptados y optimizados. Según lo compartido por los autores de este trabajo, son cuatro los puntos críticos que deben ser replanteados:

- actividades para los procesos de enseñanza y aprendizaje,
- actividades del proceso evaluativo,
- estrategias comunicacionales y

- trabajo colaborativo.

En cada uno de estos aspectos, se pueden proponer alternativas totalmente nuevas o bien adaptar a la presencialidad aquellas que ya tuvieron éxito en la etapa de enseñanza virtual.

Para esta experiencia se empleó la técnica de planificación 5W2H (What – Who – When – Where – Why – How - How much) (Formento & Ramírez, 2015) (Villanueva & Castellini, 2009) con lo cual se permite planificar las acciones, definir responsabilidades y recursos y establecer los momentos de realización de las mismas.

La Tabla 2 resume la aplicación de la técnica 5W2H al primero de los puntos críticos replanteados: Actividades para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se realizó una primera división de este aspecto en: clases teóricas y clases prácticas; estas últimas incluyen, no solo, las clases de resolución de ejercicios y problemas sino todas aquellas de tipo experimental, como laboratorios y prácticas en planta piloto, entre otras.

Tabla 2. Aplicación de la herramienta 5W2H a las Actividades para los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5W2H	Aspecto: Actividades para los procesos de enseñanza y aprendizaje	
What (Qué) REPLANTEO	Clases teóricas	Clases prácticas
Who (Quién)	Docentes	Docentes y alumnos
When (Cuándo)	Previo al inicio del dictado de clases. Durante el dictado de la asignatura. En algunos temas del programa.	Durante el desarrollo de clases prácticas de todo el cuatrimestre
Where (Dónde)	Plataforma Moodle.	Clases presenciales
Why (Por qué)	Material actualizado. Complemento para estudiar y preparar exámenes. Muy buenos resultados durante la virtualidad. Fomenta el trabajo y aprendizaje autónomo.	Muy buenos resultados durante la virtualidad. Favorecen el aprendizaje significativo. Son innovadoras y motivan a los estudiantes.
How (Cómo) REDISEÑO - REUTILIZACIÓN	Rediseño del material de cátedra. Reutilización de material audiovisual. Aplicación de aula invertida.	Aplicación de metodologías activas: aprendizaje basado en retos, basado en juegos, gamificación, estudio de casos reales, debates, taller, seminarios, etc. Actividades de coevaluación.
How much (Cuánto)	Tiempo de actualización del material, organización y gestión del aula virtual.	Tiempo de preparación de las actividades y evaluación de los resultados de aprendizaje alcanzados. Licencia de alguna aplicación.

Se presenta en la Tabla 3 la aplicación de la técnica al siguiente aspecto o punto crítico: Actividades propias del proceso evaluativo. Destacando que se tuvieron en cuenta las evaluaciones del tipo formativa y sumativas.

En la Tabla 4 se resume lo más relevante de la aplicación de la técnica 5W2H a lo referido a las Estrategias comunicacionales. Este aspecto se consideró como punto crítico ya que, a criterio de los autores del presente trabajo, es decisivo para el éxito de cualquier propuesta constituyendo un eje transversal en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Tabla 3. Aplicación de la herramienta 5W2H a las Actividades del proceso evaluativo.

5W2H	Aspecto: Actividades del proceso evaluativo		
What (Qué) REPLANTEO	Parciales	Evaluaciones por tema / cuestionarios	Integradores
Who (Quién)	Docentes	Docentes y alumnos	Docentes y alumnos
When (Cuándo)	Instancias de evaluaciones parciales	Al finalizar un tema. Al inicio de la clase práctica.	Al finalizar el cursado de la asignatura.
Where (Dónde)	Evaluaciones presenciales.	Evaluaciones virtuales o presenciales, sincrónicas o asincrónicas	Clase presencial
Why (Por qué)	Fomentan el análisis y pensamiento crítico. Evita el estudio de memoria evidenciando el aprendizaje significativo.	Resultaron de gran utilidad al momento de la corrección, sobre todo en comisiones numerosas. Se pueden reutilizar año a año.	El manejo de herramientas TIC favorece la producción de los estudiantes.
How (Cómo) REDISEÑO - REUTILIZACIÓN	Problemas de toma de decisiones, selección, diseño. Heteroevaluación.	Banco de preguntas en la plataforma Moodle y Formularios de Google. Heteroevaluaciones, autoevaluaciones.	Casos reales. Problemas abiertos. Producciones audiovisuales.
How much (Cuánto)	Tiempo de preparación de las evaluaciones y corrección.	Tiempo de preparación de las preguntas y cargado en la plataforma.	Tiempo de consultas personalizadas y corrección.

Tabla 4. Aplicación de la herramienta 5W2H a las Estrategias comunicacionales.

5W2H	Aspecto: Estrategias comunicacionales	
What (Qué) REPLANTEO	Virtual	Presencial
Who (Quién)	Docentes y alumnos	Docentes y alumnos
When (Cuándo)	Durante todo el cuatrimestre.	
Where (Dónde)	Plataforma Moodle. Correo electrónico. Foros	Clase presencial y box del docente.
Why (Por qué)	Son vías formales de comunicación. Queda evidencia de la comunicación. Es posible calificar las intervenciones en los foros.	Ayuda a mantener una dinámica activa de las clases. Las consultas presenciales son bien aprovechadas por los estudiantes.
How (Cómo) REDISEÑO - REUTILIZACIÓN	Vía plataforma Moodle: avisos y foros de consulta. Correo electrónico.	Durante las clases y en horarios de consulta.
How much (Cuánto)	Tiempo	Tiempo

Finalmente, en la Tabla 5 se muestra la aplicación de la técnica al aspecto: Trabajo colaborativo. Esta competencia tan importante para el desempeño laboral de todos los profesionales debe ser fomentada y puesta en práctica.

Tabla 5. Aplicación de la herramienta 5W2H al Trabajo Colaborativo

Aspecto	Aspecto: Trabajo colaborativo	
What (Qué) REPLANTEO	Capacitaciones	Participación en eventos
Who (Quién)	Docentes de toda la Facultad. Expertos en diferentes temáticas.	Docentes y alumnos de la Facultad
When (Cuándo)	Continuas y programadas.	Calendario de diferentes eventos: Jornadas, Congresos, Encuentros, etc.
Where (Dónde)	Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Universidades de todo el país	Congreso Nacional de Ingeniería Industrial. Jornadas de Ciencia y Tecnología del NOA. Encuentro Sociedad Argentina Pro Mejoramiento Continuo. Congreso Argentino de Enseñanza en Ingeniería, entre otros.
Why (Por qué)	Para compartir aprendizajes experiencias con otros docentes. Fomentar el trabajo colaborativo, generando espacios de intercambio y crecimiento sinérgico.	
How (Cómo) REDISEÑO - REUTILIZACIÓN	Virtuales y Presenciales	
How much (Cuánto)	Fondos del presupuesto Institucional. Fondo de Capacitación docente.	Presupuestos de Escuela y proyectos de Investigación. Fondos propios de los docentes.

3. RESULTADOS

La aplicación de las 3R como propuesta para abordar la docencia universitaria en la nueva presencialidad dio resultados altamente satisfactorios.

Se puede destacar el aprovechamiento eficiente de las clases presenciales al plantear actividades asincrónicas, como ser: visualización de videos sobre desarrollos teóricos, autoevaluaciones, juegos, entre otros.

Además, resultó de gran provecho para los estudiantes el poder disponer de material audiovisual e información digital adicional tanto para repasar, preparar prácticos y parciales y para la investigación correspondiente a seminarios, casos reales e integradores. Como un resultado adicional, que redunda en beneficio para los estudiantes, es posible dejar disponible en la plataforma virtual el material de cátedra a contra-cuatrimestre para ser aprovechado por aquellos que no alcanzaron la promoción y/o regularización y se preparan para rendir libre las asignaturas.

Es importante resaltar que los alumnos también han realizado sus propias producciones audiovisuales a partir de las propuestas de actividades participativas y colaborativas generadas por los docentes de las diferentes cátedras. La calidad de las producciones de los estudiantes, en muchos casos superan las expectativas de los docentes en cuanto a contenido, diseño, calidad audiovisual y agregado de valor, denotando una facilidad para el manejo de las TIC propias de su generación.

Si bien el tiempo destinado a la elaboración del banco de preguntas de la plataforma Moodle o bien el armado de Formularios Google es significativo, la ventaja que presenta es que se pueden reutilizar y enriquecer año a año. La inversión inicial de tiempo redunda en beneficio durante los años siguientes. El hecho de que las evaluaciones estén estructuras con estas herramientas reduce significativamente el tiempo de corrección, ya que algunas de las preguntas pueden ser de corrección automática. De todas maneras, es importante que en alguna instancia de evaluación se formulen preguntas abiertas o problemas de toma de decisión, selección o diseño para evaluar el análisis y el pensamiento crítico desarrollado por los estudiantes.

Un aspecto primordial detectado durante la virtualidad fue el establecimiento de canales de comunicación fluidos y efectivos, tanto entre docentes como entre docentes y alumnos. Es por esto, que dichos canales fueron mantenidos y reforzados al volver a la presencialidad.

La sinergia del trabajo colaborativo experimentado durante la enseñanza virtual fue altamente positivo para desarrollar estrategias de enseñanza y de aprendizaje y lograr superar las dificultades propias de la Pandemia. Por tal motivo mantener capacitaciones continuas y fomentar la presentación de trabajos en eventos de divulgación favorece el crecimiento institucional y la calidad educativa de las carreras.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de las “3R” de la docencia universitaria en la nueva presencialidad fue una experiencia en donde se replantearon los puntos críticos del proceso de enseñanza y aprendizaje y se rediseñaron las estrategias pedagógicas para lograr una mejora de los mismos. Se reutilizaron los recursos con impacto positivo, validados en la virtualidad, adaptados a la nueva presencialidad post-pandemia. Los resultados obtenidos en las distintas cátedras que participaron de esta experiencia fueron gratamente satisfactorios.

Como aspecto a destacar, y confirmando lo ya observado en Pandemia, el uso de tecnología para mediar las diferentes actividades mantiene el interés y la motivación de los estudiantes, quienes se mostraron predispuestos a participar de manera activa en las distintas instancias del proceso.

Por otra parte, se pudo perfeccionar el material didáctico de cada cátedra y reutilizarlo según los requerimientos surgidos del grupo de estudiantes.

Las 3R de la docencia universitaria en la nueva presencialidad ofrecen una propuesta eficaz para ser aplicada por las cátedras de cualquier carrera que busquen la mejora continua de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5. REFERENCIAS

Ewers, H. J., & Wettmann, R. W. (1980). Innovation oriented regional policy. *Regional studies*, 161-179.

Formento, H., & Ramírez, G. (2015). Manual de buenas prácticas de consultoría para asesores en tecnologías de gestión. *Instituto Nacional de Tecnología Industrial y Unión Europea.* Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: INTI.

Hirschmann, A. (1958). *The Strategy of Economic Development.* New Haven.

Lundvall, B., Johnson, B., Andersen, E., & Dalum, B. (2002). *National systems of production, innovation and competence building* (Vol. 31). Research policy.

Pérez Porto, J. M. (2016). *Definición.de.* Recuperado el 14 de 10 de 2022, de https://definicion.de/rediseno/

RAE. (2022). *Diccionario Real Academia de la Lengua Española*. Recuperado el 14 de 10 de 2022, de https://www.rae.es/

Res. CS 413/12. (2012). Plan de estudios 1999 modificado de la Carrera de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Salta. Salta, Salta, Argentina.

Res. CS 447/14. (2014). Plan de estudios 1999 modificado de la Carrera de Ingeniería Industrial. Salta, Salta, Argentina.

Romero Dondiz, E., Vivas, L., & Almazán, E. (2020). Trabajo colaborativo virtual para simular la futura actividad profesional de los ingenieros. *Revista de Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*.

Villanueva, B. M., & Castellini, M. A. (2009). Sistema de Gestión de la Calidad. En I. P. (Ed), *Enseñar a emprender: Manual para promotores del micro-emprendedorismo* (Tercera ed., págs. 95-103). Argentina: Fundación CIPPEC.

Villanueva, B., Pistán, D., & Arciénaga Morales, A. (2020). Adaptar la forma sin perder el contenido. *Actas Congreso Internacional de Ingeniería Industrial.* Oberá - Misiones: Universidad Nacional de Misiones.

Vivas, L. A., & Romero Dondiz, E. M. (10 y 11 de diciembre de 2020). Diseño y elaboración de páginas web para la enseñanza en línea. *Primeras Jornadas Virtuales de innovación educativa en la Universidad: "Virtualización de la Universidad en tiempos de Pandemia"*. Salta, Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.

Vivas, L. A., Vega, J. M., & Romero Dondiz, E. M. (2021). La gamificación como herramienta de autoevaluación en un proceso de formación continua. *Actas del Congreso Argentino y Latinoamericano de Ingeniería 2021. CADI-CLADI -CAEDI 2021.* Buenos Aires.

Vivas, L., Vega, M., Romero Dondiz, E., & Domínguez, O. (2020). Diseño de propuestas pedagógicas virtuales en tiempos de pandemia. *Revista de Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA*.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer en primer lugar a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta, por el apoyo para la capacitación continua y la participación en eventos de divulgación científica de sus docentes.

También se agradece la motivación que generan los estudiantes, para mantener la calidad educativa desde cada una de las cátedras.

LAS DECISIONES POR VALORES EN LA DIRECCIÓN CIENTÍFICA. EL APRENDIZAJE EMPÍRICO DE LA ÉTICA EN LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Cachay, Orestes, Acevedo, Adolfo Oswaldo*; Linares, Martha Carolina

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Ciudad Universitaria. Calle Germán Amézaga 375, Cercado-Lima, Lima-1
aacevedob@unmsm.edu.pe

RESUMEN

Los ingenieros industriales, como profesionales enfocados en la labor empresarial, resuelven problemas en las áreas productivas de las organizaciones aplicando diferentes herramientas cuantitativas y convergentes aprendidas en el ambiente académico. En la empresa, enfrentan situaciones problemáticas sociotécnicas, con decisiones en manejo de recursos y dirección de personas donde el criterio racional sistemático estructurado, resulta insuficiente para resolver la elevada complejidad de los problemas, surgiendo la necesidad de asumir nuevas perspectivas de análisis y resolución con criterios emocionales, más difusos y blandos, los que se aprenden empíricamente por conducta o experiencia o meméticamente, mediante observación, imitación, transmisión de unidades de información. Las situaciones sociotécnicas se refieren a elecciones que consideran emociones, empatía, bienestar, placer, también valores, principios, reglas, normas, englobadas bajo la denominación general de decisión ética, la disyuntiva surge cuando se genera un conflicto, donde la opción elegida implica beneficio empresarial y perjuicio social o ecológico. El objetivo del estudio es plantear las diferencias en el aprendizaje de valores para decisión racional y para decisión ética, en el ambiente de los ingenieros industriales. Los resultados muestran la influencia del contexto en el modo de aprendizaje de los valores, también la importancia del aprendizaje sistemático académico de valores y conductas éticas.

Palabras Claves: Decisiones, Ética, Aprendizaje de valores, Dirección científica, Ingeniería industrial.

ABSTRACT

Industrial engineers, as professionals focused on business work, solve problems in the productive areas of organizations by applying different quantitative and convergent tools learned in the academic environment. In the company, they face socio-technical problematic situations, with decisions in resource management and people management where the structured systematic rational criterion is insufficient to solve the high complexity of the problems, arising the need to assume new perspectives of analysis and resolution with criteria emotional, more diffuse and soft, those that are learned empirically by behavior or experience or memetically, through observation, imitation, transmission of information units. Sociotechnical situations refer to choices that consider emotions, empathy, well-being, pleasure, also values, principles, rules, norms, encompassed under the general name of ethical decision, the dilemma arises when a conflict is generated, where the chosen option implies benefit business and social or ecological harm. The objective of the study is to raise the differences in the learning of values for rational decision and for ethical decision, in the environment of industrial engineers. The results show the influence of the context in the way of learning values, as well as the importance of systematic academic learning of values and ethical conduct.

Keywords: Decisions, Ethics, Value learning, Scientific management, Industrial engineering.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Entre los principales antecedentes de la ética se encuentra la filosofía moral de Kant que defiende el principio del respeto a las personas, donde cualquier práctica mercantil que ponga el dinero por sobre las personas es inmoral, define que el mayor bien es la voluntad buena y formula una ética del deber donde la persona ética es la que actúa movida por buenas intenciones cuyo principio fundamental es el imperativo categórico: 1) obra de tal modo que esperes que el motivo que te ha llevado a obrar sea una ley de observancia universal, 2) trata a las personas como un fin y nunca como un medio, 3) actúa como si pertenecieras a un reino ideal de fines en el cual eres siervo y rey al mismo tiempo (Frederick, 2001).
La ética se amplía con el criterio utilitarista de los negocios, los principales antecedentes (Witzel, 2013) se encuentran en Aristóteles con su Ética a Nicómaco donde considera que la actividad de negocio es una actividad moral y necesaria, EKai Kaus, en su obra El espejo del príncipe, define el importante rol del mercader islámico donde obtener ganancias de manera legal y ética es una virtud en sí misma, al mismo nivel que los mártires de la guerra santa, Agustín de Hipona afirma que todos los comerciantes son practicantes del engaño y el fraude, y sus prácticas no éticas los llevan al pecado, Finalmente Maquiavelo, con su obra El Príncipe devela las prácticas comunes de los líderes con profundas implicaciones éticas cuando se busca que el sistema, el Estado o la organización sean viable, sostenible y sobreviva, plantea que el fin justifica los medios, empleando incluso el engaño, subterfugios, mentiras y tortura si fuere necesario.
La definición de ética empresarial o de negocios en la administración científica es “disciplina que trata de lo bueno y lo malo desde el punto de vista del deber y la obligación moral” (Weihrich et al., 2017), donde la ética en las organizaciones se considera deber y obligación moral, y como una disciplina adicional a la rentabilidad en la toma de decisiones. Desde la perspectiva antropológica, la ética es la costumbre común establecida y aceptada, a la que se añade la intención y los resultados, ampliando el concepto de ética empresarial al de moral empresarial (Acevedo y Linares, 2008). La visión inicial de Taylor implica una técnica apoyada en una filosofía de la dirección, técnicamente se busca superar el aspecto empirista en la gestión, otorgándole estatus de ciencia a la administración mediante el estudio sistemático. El éxito de Taylor se debe al desarrollo de técnicas para administrar científicamente a los sistemas productivos, y al establecimiento de normas y métodos e implantación de estándares que eliminaron el riesgo de uso del juicio por parte del ingeniero de producción (Witzel, 2013). En la dirección de operaciones existen diez decisiones básicas y solo una se refiere al ambiente para la máxima productividad de los trabajadores (Heizer y Render, 2009).

1.2. Estado del arte

La ética se define de diferentes maneras, en función al enfoque prevaleciente (Frederick, 2001), en la definición conductista, se denomina ética a la conducta aceptada en un medio social-cultural, en la definición normativa se consideran tres tipos de ética: 1) basada en el utilitarismo donde se prioriza los resultados en función a los objetivos, 2) basada en derechos donde la persona es fin y medio a la vez, y 3) basada en justicia donde se busca la equidad en la sanción para mantener el equilibrio social.
Desde el punto de vista de la dirección empresarial, los conceptos éticos se consideran irrelevantes (Weihrich, 2017), aunque la dirección científica exige una revolución mental de la dirección y los operarios (Chiavenato, 2019) cuyo objetivo es la máxima prosperidad para el patrón y empleados, por lo que debe haber congruencia en los intereses de ambos. Estas corrientes de dirección generan resultados emergentes que resquebrajan el clima laboral mediante desmotivación, stress y otras conductas nocivas en el trabajo. Andrews, en su teoría del management enuncia que existen valores no económicos importantes para la empresa los que forman parte de la conducta organizacional, como solidaridad, honradez, amor a la naturaleza, respeto a las personas (Gallardo, 2012).
Empíricamente se observa que, respecto a la ética y valores, la enseñanza académica considera dos vertientes: 1) la administración de organizaciones no relaciona valores y ética con otras áreas como economía, finanzas, operaciones o marketing, de manera que la decisión de actuar éticamente depende exclusivamente del directivo (Frederick, 2001), 2) los directivos de empresas participan en costosos programas de enseñanza de ética y valores en universidades de alto nivel sin resultados verificables en cambio de perspectivas o criterios de decisión (Goleman, 2017).

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. La decisión ética

La decisión es el proceso a través del cual se escoge un curso de acción, la resolución de problemas comprende además las actividades de instrumentalización y control de la ejecución (Huber, 2012). Se consideran tres tipos de decisión: la decisión racional, la decisión emocional-conductual, la decisión en grupo (Griffin y Van Fleet, 2016). La decisión racional es el proceso sistemático que busca resultados económicos u óptimos, incluye la racionalidad limitada y la intuición como una racionalidad del subsconciente, la decisión emocional-conductual comprende la personalidad, las emociones, la pasión, la conducta, la cultura, la ética, la decisión grupal considera la concertación, participación, pensamiento de grupo, presión sobre juicio y valores, planes de contingencia y crisis (Robbins y Judge, 2017). En este marco, la racionalidad de la dirección científica enfatiza que las decisiones racionales y lógicas superan la imperfección de las decisiones conductuales que están constreñidas y sesgadas por valores, hábitos, ignorancia, desconocimiento, falta de información, falta de entendimiento.

1.3.2. Planteamiento del problema

El aprendizaje de valores para las decisiones se realiza en diferentes ámbitos, el aprendizaje académico, sistemático y secuencial, presenta limitaciones para enseñar valores. Las decisiones éticas y nuevos criterios valorativos surgen de la necesidad de asumir nuevas perspectivas para resolver problemas con criterios emocionales difusos y blandos, los que se aprenden empíricamente en la familia y en el trabajo, mediante observación E imitación de conductas y mediante la transmisión memética de las visiones, creencias, valores y paradigmas culturales. La creación de valores es una actividad de aprendizaje por imitación, este proceso prueba-error, emulación y reforzamiento, se inicia con una necesidad o un deseo que se satisface a través de una elección y una acción subsiguiente (Acevedo, 2016), si el resultado es bueno se afirma, se forma un valor conceptual, si el resultado es negativo, se cuestiona, se rechaza, toda consecuencia de una acción se evalúa, surge un valor. Los valores se afirman a través de las consecuencias de la elección y la asimilación de los mensajes inmersos en las decisiones adoptadas. El planteamiento del presente estudio se refiere al efecto de las decisiones en las personas. Donde el aprendizaje de los valores eleva la importancia del empleo del criterio ético y de valores dentro de las decisiones en empresa.

1.3.3. El problema de investigación

La pregunta de investigación del estudio es:
¿Cómo impacta el escenario o contexto en el aprendizaje de valores y criterios éticos para su aplicación en las decisiones de resolución de problemas en las organizaciones?

1.4. Objetivo e hipótesis de investigación

1.4.1. Objetivo general

El objetivo del estudio es plantear el escenario o contexto en el aprendizaje de valores y criterios éticos para su aplicación en las decisiones de resolución de problemas en las organizaciones. Este objetivo permite delinear y aplicar los criterios éticos en la resolución de problemas.

1.4.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Mostrar la influencia del contexto en el proceso de aprendizaje.
- Describir el proceso de aprendizaje de valores.
- Definir la importancia de los procesos de aprendizaje en la decisión ética.

1.4.3. Hipótesis de investigación

La hipótesis general es:
El escenario o contexto ejerce influencia relevante en el aprendizaje de valores y criterios éticos para su aplicación en las decisiones de resolución de problemas en las organizaciones

1.5. Contribución e impacto

El aporte es su contribución al estudio de las decisiones en el contexto local, enfocando el proceso de aprendizaje de la ética y valores, en los diferentes contextos de la academia, empresarial y social. Además, se plantean las decisiones directivas en función a criterios éticos, definir modelos de decisión para diferentes escenarios, en relación a los diferentes tipos de problemas que el ingeniero industrial enfrenta. Otro aporte es la identificación de criterios de decisión estructurada (sistemático y cuantitativo) y criterios de decisión éticos (valorativos y cualitativos), aplicados a problemas de diferente tipo, ampliando las técnicas y herramientas de decisión empleadas en el ambiente empresarial.

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La investigación es documental y exploratoria, con una parte cualitativa y otra cuantitativa. El estudio cualitativo se refiere al diseño del constructo de aprendizaje de ética y valores a partir del modelo conceptual de las cuatro dimensiones para la resolución de problemas (Acevedo, 2010), el estudio cuantitativo se refiere la corroboración de la hipótesis con estadística inferencial. La investigación cualitativa se inicia con el estudio documental de fuentes escritas acerca de ética y valores, relaciona campos de actuación con teoría ética y método de sistemas para definir el modelo de aprendizaje de valores y ética, luego se realiza focus group para identificar el tipo de aprendizaje según cada campo de actuación, luego se diseña el cuestionario para validar los resultados del trabajo grupal. La investigación cuantitativa se realiza en base al cuestionario para identificar el aprendizaje de los valores éticos, mediante recolección de datos por encuesta que permitan corroborar la hipótesis, empleando una muestra aleatoria de profesionales graduados y estudiantes. El tamaño de muestra se ha determinado mediante estadística inferencial para pequeños grupos con comportamiento que tiende a la distribución normal y donde se no se conoce la desviación estándar. Se ha considerado dos grupos aleatorios de estudiantes y graduados en ingeniería industrial. Adicionalmente el estudio se complementa con entrevistas abiertas a académicos para desarrollar criterios éticos adicionales. Los hallazgos se muestran y discuten en taller académico que incluye a los participantes de las muestras.

3. EL MODELO DE CULTURA Y ÉTICA

3.1. El concepto de cultura y ética

3.1.1. Definición de cultura

La cultura se define como el patrón de asunciones básicas, inventadas, desarrolladas, descubiertas o asumidas por un grupo durante su proceso de aprendizaje en el tratamiento de los problemas de adaptación externa y de integración interna. La cultura es un proceso que se desarrolla en un ciclo de aprendizaje permanente, es relativo y contingente al espacio y tiempo (Beauchamp, 2010).

3.1.2. El modelo básico de cultura. La cultura comprende dos procesos básicos: la cultura invisible y la cultura visible. La cultura invisible es intangible, se percibe indirectamente a través de intuiciones de sus componentes implícitos: valores y principios, visiones y weltanschauung, misiones y propósitos, paradigmas y creencias, dentro del grupo. La cultura visible es tangible, se percibe por sus formas tangibles: formas de vida, conductas, y expresiones culturales propias del grupo (Acevedo, 2001). La integración entre ambas, se realiza mediante reglas y normas, cosmovisiones y visiones, líneas de acción y estrategias, enmarcados por los límites cultural-social. Ver la figura 1.

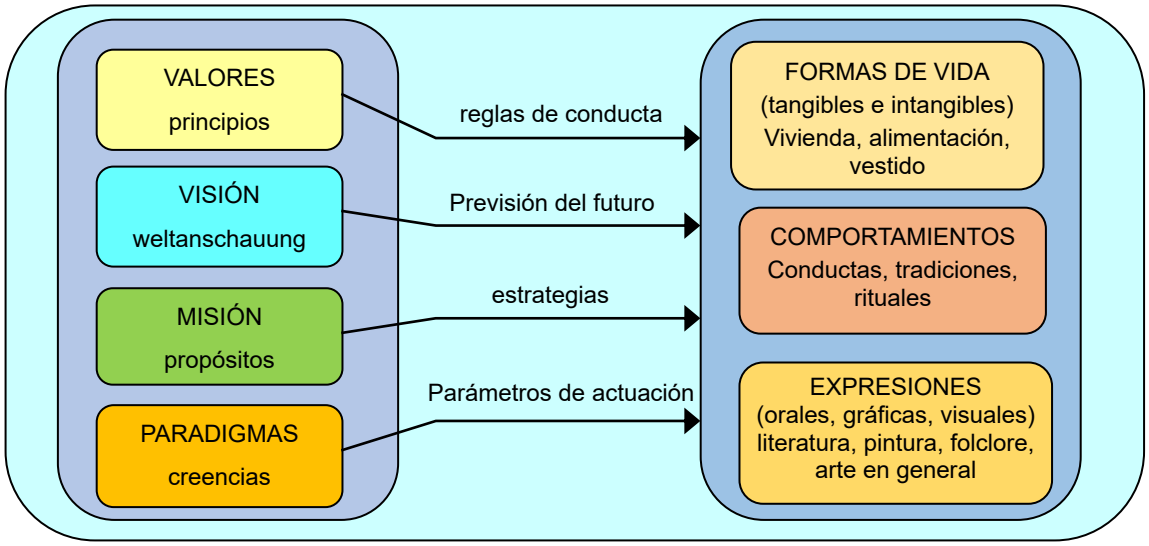


Figura 1. El modelo básico de cultura

3.2. La ética y valores como parte de la cultura

3.2.1. La ética

La ética es la costumbre común establecida y aceptada. Se deriva de la palabra griega *ethos* que significa, precisamente, costumbre. Vista desde un plano de mayor nivel, la ética es una parte del proceso cultural. La ética está compuesta de tres elementos: los valores y principios, las reglas y normas, la conducta y las pautas de actuación. La ética se define según el contexto del grupo social.

La ética empresarial se plasma por sus tres componentes: valores, reglas y políticas, prácticas de negocio. Los elementos generales se muestran en la figura 2.

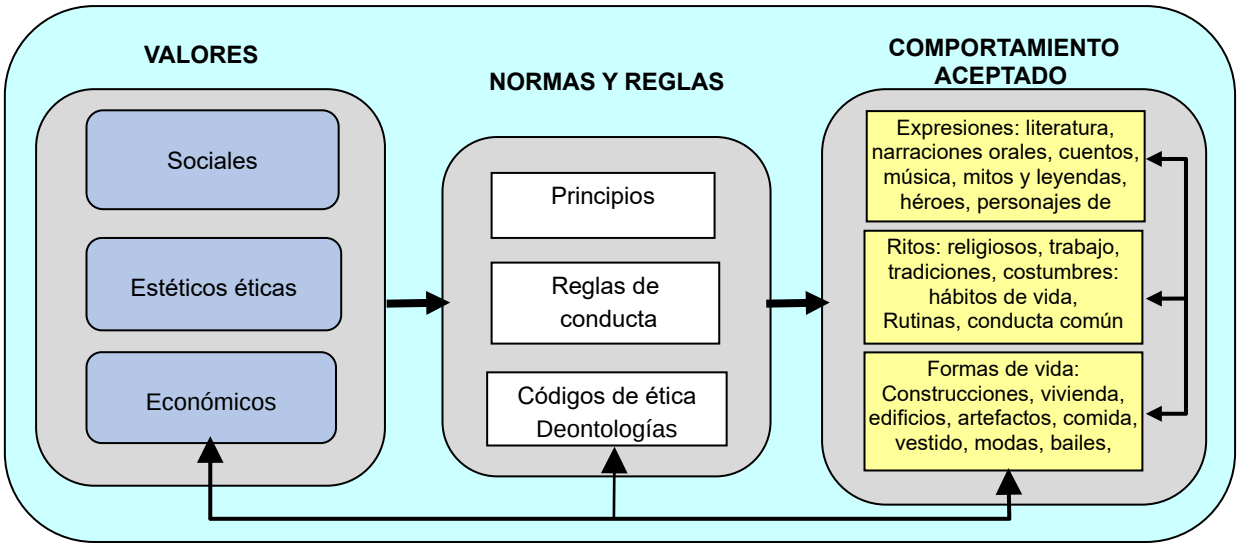


Figura 2. Elementos del modelo ético

3.2.2. Cultura y valores

Se denomina valor a los conceptos o cosas preciados como muy importantes, surgen cuando se conceptualizan conductas, comportamientos o hábitos con elevada utilidad para la adaptación y convivencia social, para satisfacer necesidades, deseos, y para proporcionar afecto, placer, bienestar, cambio. Valor es lo que permite la adaptación y sobrevivencia, aprendido por trasmisión de los padres, en la escuela y mediante la experiencia propia. Los Valores son las variables culturales clave y se operacionalizan mediante la aplicación de principios, reglas, políticas de actuación y reglamentación de los premios y castigos. Los Valores representan los cimientos visibles sobre los que se construye la cultura, sea de grupo, sociedad o empresa.

3.2.3. Clasificación de los Valores

Los valores son de tres tipos: 1) Valores Sociales: igualdad y adaptación a convivir en grupos humanos, 2) Valores Estéticos: búsqueda de placer y felicidad, 3) Valores Económicos: bienestar y el logro (Acevedo y Linares, 2008).

- **Valores Sociales.** Relacionados a la actuación correcta, se orientan y dirigen hacia las otras personas, la vida en sociedad y los límites a los derechos propios frente a los derechos de los demás. Perfilan las relaciones en los grupos, se encuentran muy desarrollados en las personas que ayudan al prójimo o sirven a los demás tales como jueces, abogados, políticos, misioneros. Están enfocados en los conceptos de equidad y justicia.
- **Valores Estéticos.** Tienen connotación hedonista ya que se dirigen hacia sí mismo en la búsqueda de sentirse bien. Plantean la manera en que la persona se adapta de cara a los estímulos y presiones del medio ambiente familiar, laboral, profesional. Se enfocan en los conceptos de atracción-repulsión, están especialmente desarrollados en las personas altamente sensibles y con intereses divergentes, tales como artistas, escritores, músicos.
- **Valores Económicos.** Se relacionan a mejorar la calidad de vida y vivir bien mediante la labor productiva y el rol de cada persona dentro de organizaciones. Están enfocados en los conceptos de productividad y eficiencia, y se incentivan al interior de las empresas. Se encuentran desarrollados en personas emprendedoras que toman decisiones con fines utilitarios tales como los ejecutivos, administradores, empresarios, directores.

3.3. El aprendizaje de valores

3.3.1. Definición de valores éticos

Los Valores representan los cimientos visibles sobre los que se construye la sociedad y se manifiestan a través de la cultura (grupo, sociedad o empresa Los valores son variables culturales clave que se plasman en principios, reglas, políticas, que se fortalecen a través de premios y castigos. Los Valores sociales son conceptos definidos como las anclas de las prioridades sociales. Son importantes por cuanto integran criterios para la supervivencia, adaptación y crecimiento de personas y grupos, y delinean pautas de conducta para satisfacer las necesidades, obtener

bienestar, cumplir con obligaciones y deberes y asumir adecuadamente los roles, dentro de los escenarios donde actúan las personas. Desde la perspectiva de la condición humana, donde el hombre está en la búsqueda permanente de la igualdad y la felicidad (Hobbes, 2004), los valores éticos persiguen la igualdad entre las personas, y se engarzan con la justicia y la equidad. Según Kant, la ética puede ser materialista o formal (Navarro y Calvo, 1990), en el primero se consideran los valores por sus efectos, en el segundo se consideran los valores por sus intenciones.

3.3.2. Las normas y reglas

Las normas y reglas son las pautas para la acción, los Valores se operacionalizan a través de la aplicación de las normas y reglamentos, delineando las fronteras de la conducta para ejecutar adecuadamente los roles directivos y subalternos, o las habilidades y competencias de los trabajadores. Desde la perspectiva de ética materialista, las normas de actuación, como principios, políticas, reglas de conducta, mandamientos, códigos deontológicos, decálogos, reglamentos y otros, se asumen conscientemente y su cumplimiento se incentiva o restringe mediante premios y castigos, para lo cual se emplean criterios normativos, indicativos y contingentes, es normativo cuando su cumplimiento es obligatorio, es indicativo cuando se recomienda su cumplimiento, es contingente cuando se plantean amplios criterios sobre su cumplirlo o no. Desde la perspectiva de ética formal o moral existe valoración de las consecuencias, añadiendo intenciones y premisas (ver la tabla 1).

Tabla 1. Criterios de aplicación de los valores éticos

Criterios	Normativo	Indicativo	Contingente	Clave de la acción
Ética utilitarista	De cumplimiento obligatorio y estricto	Se recomienda su cumplimiento	Se puede cumplir, según circunstancias o según sus efectos	Hacer lo que es correcto para personas y ambiente. Valoración por consecuencias.
Ética formal	De cumplimiento obligatorio	No aplica	No aplica	Hacer lo que es bueno para los demás. Valoración por intenciones.

3.3.3. El proceso de aprendizaje de los valores

Existen diversos modelos de aprendizaje: académico, por experiencia, por conducta, por creación o descubrimiento (Acevedo et al., 2019). El adquirir valores se ubica dentro del proceso de aprendizaje por conducta operante desarrollado por investigadores conductistas (Miltenberger, 2013), el cual empieza con un propósito que se cubre mediante una acción, cuyas consecuencias inmediatas, permiten afirmar o rechazar la acción, si el resultado es positivo (aumenta lo bueno, reduce lo perjudicial), se reafirma y "adquiere valor", si el resultado es negativo o perjudicial, se rechaza. Evaluando las consecuencias, deviene en antecedente conductual que se graba en la memoria social, y se convierte en referencia para decisiones futuras.

La creación de los valores es una actividad de aprendizaje por prueba-error, emulación y reforzamiento de resultados, se inicia con la aparición de un deseo, una necesidad, una curiosidad, que se cubre inventando o imitando las maneras en que se ha resuelto, lo cual lleva a la acción, según el resultado, si es bueno, se afirma la acción, se vuelve importante y valioso, si es malo, se cuestiona lo realizado y sus consecuencias, se evalúa íntimamente y sufre un sutil proceso de redefinición que concluye en su reafirmación o su rechazo. Una acción aceptada adquiere significado que se plasma en un concepto abstracto al que se denomina valor, se asume como verdadero y se consolida para decisiones futuras. Complementariamente, una acción rechazada y cuestionada genera un valor negativo o disvalor que se intenta evitar en decisiones futuras. El aprendizaje de valores es un proceso cultural que se sustenta en la transmisión de unidades de información social o memes, a través de la historia (Dawkins, 1976). Los valores se consolidan cuando surge relatos a modo de mitos y se transmiten meméticamente como fábulas con moralejas y enseñanzas, que muestran y afirman las conductas socialmente aceptadas (Fomin, 2019) (Robles, 2020), paulatinamente se van incorporando a la cultura del grupo, enriqueciendo los paradigmas, visiones, creencias del grupo (Acevedo, 2017). Ver la figura 3.

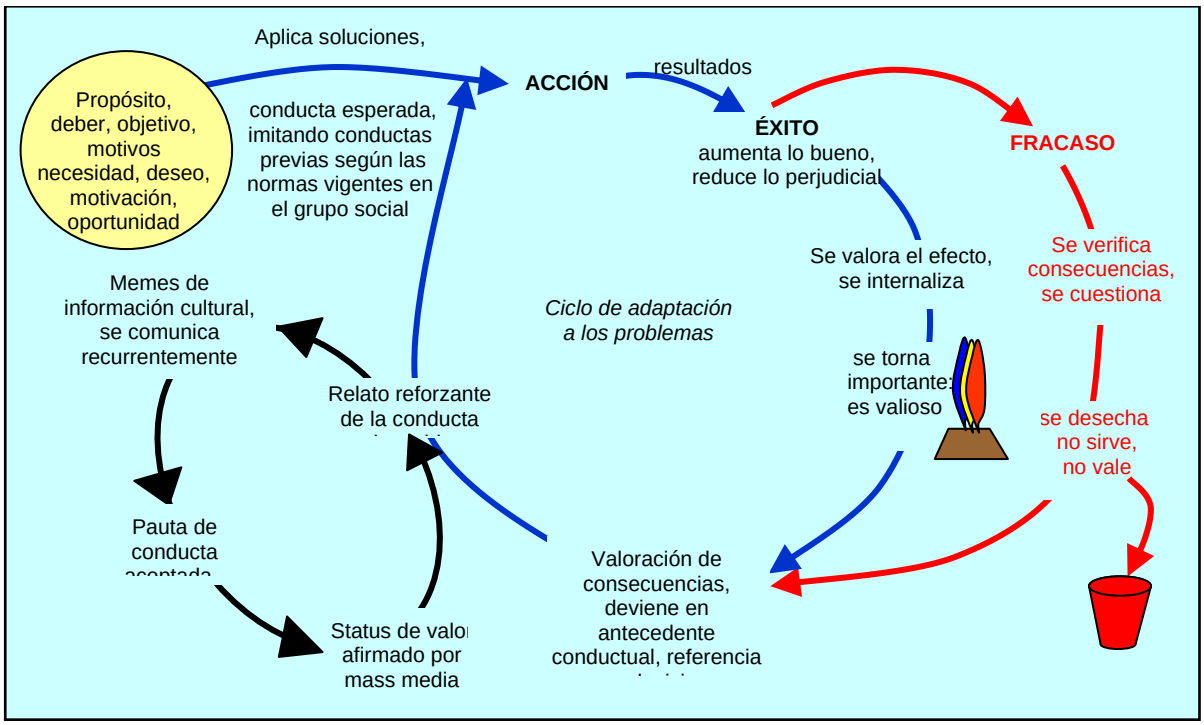


Figura 3. El aprendizaje de valores y comportamientos, memes y conducta operante

3.4. Los valores en el ingeniero industrial

3.4.1. Misión y Visión de la Ingeniería Industrial

La Ingeniería Industrial es una facultad reciente dentro de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, que es la universidad pública más antigua de América, ligada a la historia, la cultura, la política, y el desarrollo y crecimiento del país (FII-UNMSM, 2018).

Visión: "Ser la mejor facultad de Ingeniería Industrial del sistema universitario peruano, reconocida internacionalmente por formar profesionales líderes, con altas competencias en gestión de empresas e instituciones, aplicación de tecnología en el desarrollo sostenido del país y del medio ambiente, con una formación humanista integral".

Misión: "Somos una facultad de la UNMSM, con alto nivel académico en la formación de profesionales en el ámbito de la Ingeniería Industrial, flexibles, innovadores y capaces de responder a las necesidades de la sociedad peruana, con sólidos valores éticos y morales; comprometidos con el desarrollo sostenible del país y la preservación del medio ambiente".

3.4.2. Principios y Valores en la FII

Los Principios: 1) Compromiso responsable con universidad, estado, empresa e instituciones sociales, 2) Respeto a las normas y el ordenamiento legal, 3) Ética en el comportamiento, 4) Profesionalismo y excelencia en el desempeño, 5) Identidad con la tradición sanmarquina.

Los Valores: Responsabilidad social, Disciplina, Compromiso con la FII, Respeto a la diversidad cultural, Transparencia, Honestidad, Equidad, Flexibilidad, Puntualidad.

3.4.3. Significado ético de los valores del ingeniero industrial

El ingeniero industrial ejerce roles profesionales en empresas, donde encuentra oportunidades de mejora y desarrollo personal. Los criterios éticos, que se encuentran inmersos en los valores de la facultad, no constituyen barreras para el crecimiento sino representan ventajas competitivas que deben aplicarse y mejorarse empíricamente a través de las decisiones para resolver problemas. En un mundo cambiante se elevan los puntos de contacto entre diferentes dominios de conocimiento, los enfoques especializados son reemplazados por nuevas perspectivas multidisciplinarias y transdisciplinarias, de manera que se unifican los criterios económicos, sociales, técnicos y éticos. Los valores sociales, estéticos, empresariales, suponen consideraciones primordiales y constantes en el análisis de los problemas y en las decisiones empresariales.

4. RESULTADOS DEL ESTUDIO

4.1. Hallazgos del estudio

4.1.1. Hipótesis nula y alternativa

La hipótesis nula:

Hipótesis nula **H_0** es: "El escenario o contexto no ejerce influencia alguna en el aprendizaje de valores y criterios éticos para su aplicación en las decisiones de resolución de problemas en las organizaciones".

La hipótesis alternativa:

Hipótesis alterna **H_1** es: "El escenario o contexto ejerce influencia relevante en el aprendizaje de valores y criterios éticos para su aplicación en las decisiones de resolución de problemas en las organizaciones".

4.1.2. Prueba de hipótesis

Hipótesis nula:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu$

Todas las μ_i son iguales ; donde $i = 1, 2, ..k$, $k= 5$

ó: todas las medias de las k preferencias son iguales

Hipótesis alternativa:

H_1 : No todas las μ_i son iguales

ó: $\exists\ i / \mu_i \neq \mu$

donde: μ_i : Media del aprendizaje de valores i en un campo de actuación y decisión.

Nivel de significancia y Nivel de confianza (n.s. y n.c.)
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
Nivel de confianza $1 - \alpha = 0.95$

4.1.3. Resultados del estudio

La tabla 2 presenta los descriptivos del estudio, sobre la manera en que los ingenieros industriales realizan aprendizaje de valores. Se perciben diferencias en el modo de aprendizaje preferente. El cálculo de F se realiza con paquete estadístico SPSS.
Cálculo de F: El cálculo mediante SPSS, se presenta en la tabla 2 y tabla 3.

APRENDIZAJE DE VALORES		N	Media	Desv. estándar	Error estándar	95% intervalo de confianza de media		Míni-mo	Máxi-mo	Varianza entre-compo-nente
						Límite inferior	Límite superior			
1 ACADEMIA		25	25,00	5,986	1,197	22,53	27,47	13	32	
2 EMPRESA		25	17,12	6,635	1,327	14,38	19,86	4	31	
3 PRAXIS		25	26,04	5,579	1,116	23,74	28,34	15	34	
4 TRIBU		25	28,28	5,668	1,134	25,94	30,62	16	40	
Total		100	24,11	7,250	,725	22,67	25,55	4	40	
Modelo	Efectos fijos			5,981	,598	22,92	25,30			
	Efectos aleatorios				2,428	16,38	31,84			22,158

Tabla 2. Descriptivos de aprendizaje de valores

	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	1769,150	3	589,717	16,483	,000
Dentro de grupos	3434,640	96	35,778		
Total	5203,790	99			

Tabla 3. Corroboración de hipótesis ANOVA

Prueba F para análisis de varianza de un factor, de manera gráfica: Ver la figura 4.

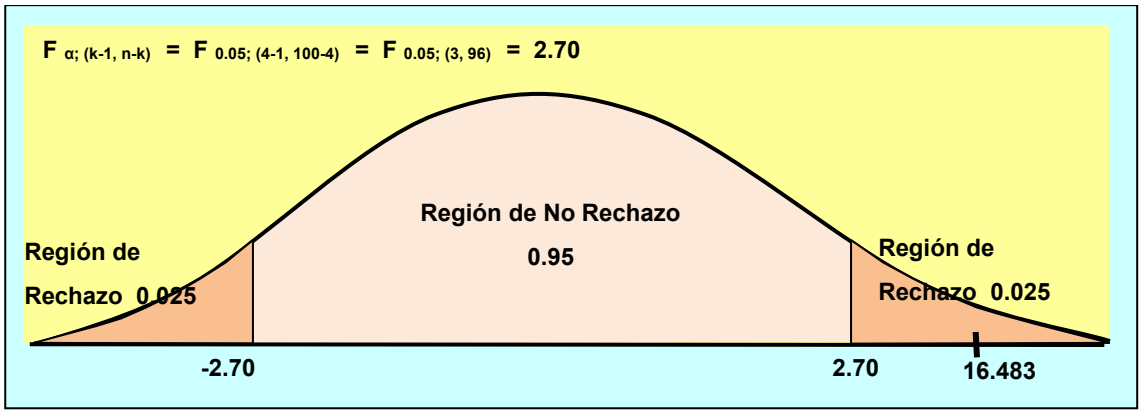


Figura 4. Prueba de hipótesis de la investigación –aprendizaje de valores

4.2. Análisis de resultados

Para un nivel de significación de 0.05, empleando paquete estadístico SPSS, el F se ubica dentro del rango de rechazo, respecto al F teórico (2.70 < 16.483), de manera que no es posible aceptar la hipótesis nula que afirma que el contexto o campo de decisión no ejerce influencia en el modo de aprendizaje de los valores de la ingeniería industrial.
Alternativamente, se corrobora la hipótesis alterna, que afirma que el contexto o campo de decisión influye significativamente en el modo de aprendizaje de los valores de la ingeniería industrial.

- Se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significación de 0.05.
- Se acepta la hipótesis alternativa a un nivel de significación de 0.05.

4.3. Discusión de los resultados

En la parte empírica del estudio, se corrobora la hipótesis alterna, según el cual el aprendizaje de los valores éticos se realiza principalmente en el campo de la tribu (familia, barrio, amigos de infancia).

4.3.1. Aporte empírico de la investigación

Durante el estudio se encuentra que la muestra aprende los valores en su ambiente familiar, siguiendo el ejemplo de sus mayores e imitando conductas que, mediante la repetición, se vuelven hábitos o comportamiento habitual, los que posteriormente adquieren significado, dicho significado es la valoración de la conducta y su abstracción en conceptos a los que se denomina valores. El significado se consolida cuando la persona entiende que estos valores reflejados en conductas cotidianas, le permiten mejorar su actuación y su desarrollo personal y cuando percibe su utilidad para obtener resultados, en los diversos escenarios en que se desenvuelve.
Se observa que el ambiente ejerce diferente influencia en el aprendizaje de los valores (ver la figura 5). En los resultados, se verifica que el espacio de actuación donde se aprenden liminarmente todos los valores, sean sociales, empresariales o estéticos, es el ambiente de familia, primero como conducta imitada, que se transforma en hábito incosnciente y rutina de vida, después adquiere significado a través del aprendizaje personal íntimo y a través del ambiente académico.

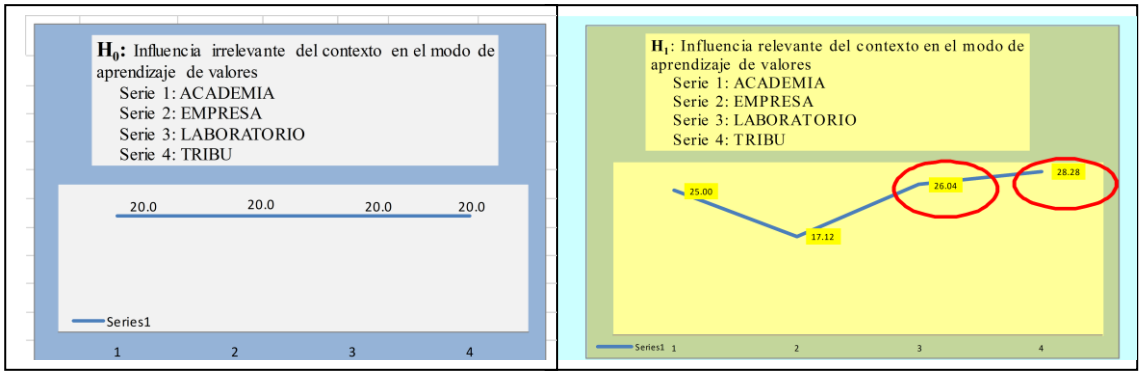


Figura 5. Prueba empírica de hipótesis-Efecto del contexto en el aprendizaje de valores

En la figura 6 se muestra el espacio de consolidación de los valores aprendidos. En la parte a) de la figura se observa que el aprendizaje y consolidación en la muestra 1 de estudiantes, se realiza con mayor énfasis en la universidad dentro del campo de la sophia, la parte b) de la figura es semejante aunque el énfasis se ubica en la tribu en el campo del caritas.

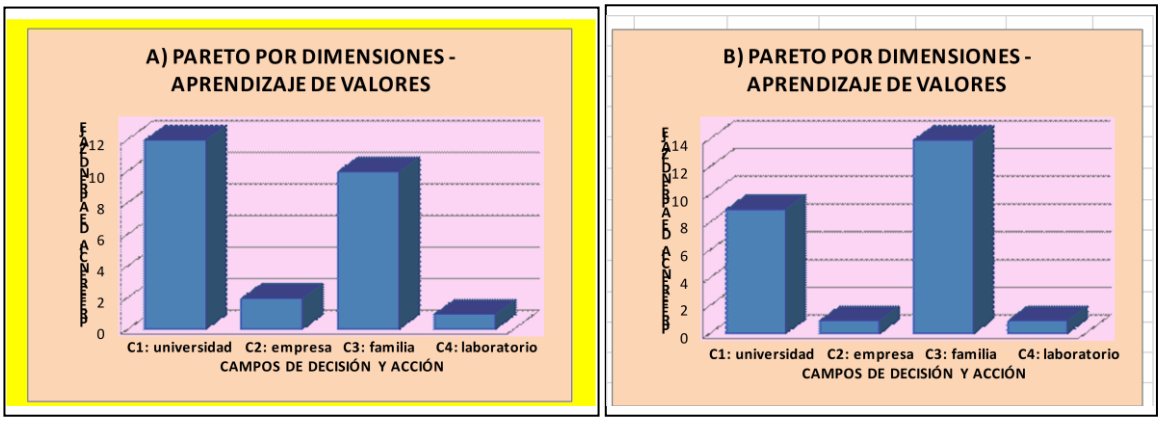


Figura 6. Campos de aprendizaje de valores relevantes

El perfil de aprendizaje de valores en ambas muestras es semejante, como lo señala la figura 7, lo que corrobora los hallazgos discutidos.

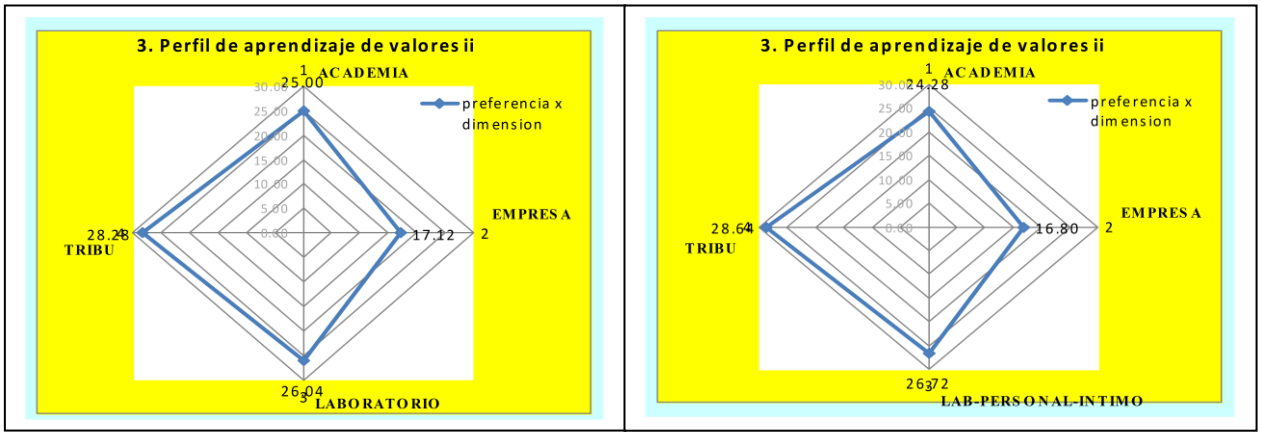


Figura 7. Perfil de aprendizaje de valores en muestra 1 y muestra 2.

4.3.2. Aporte teórico de la investigación

El aporte teórico se encuentra en cuatro aspectos:

- Inclusión de la ética dentro de procesos de decisión para resolver problemas.
- Perspectiva transdisciplinaria para la integración de valores y decisiones.
- Identificación del proceso de aprendizaje de los valores empresariales.
- Definición del modelo de aprendizaje por conducta para aprender valores, considerando que los modelos de aprendizaje se han de emplear dentro de determinados campos de actuación, según el objeto, el contexto y la finalidad del aprendizaje, ver la tabla 4. En el campo de la universidad se emplea el modelo de aprendizaje académico para adquirir conocimiento para adquirir saber y poder, en el campo de la empresa se emplea el aprendizaje por experiencias para adquirir habilidades de decisiones y resolver problemas, en el campo de la tribu se emplea el aprendizaje por conducta operante para adaptación y crecimiento personal, en el campo de la praxis el aprendizaje es por indagación e invención para develar, descubrir e inventar.

4.3.3. Aporte social y ético de la investigación

El aporte social y ético se encuentra en la definición de las decisiones es agregando el criterio ético que se refiere a la inclusión de los valores en la toma de decisiones, estos valores pueden ser empresariales o utilitarios dirigidos a la productividad y uso de recursos, sociales o humanísticos dirigidos al respeto y el imperativo categórico, valores estéticos o personales dirigidos a la belleza, el arte y el hedonismo.

El criterio ético permite que el ingeniero industrial amplíe su perspectiva de las situaciones problemáticas de las organizaciones, enriqueciendo su visión, añadiendo nuevas técnicas y

herramientas derivadas de otras disciplinas, de manera que se enfrenta todas las facetas problemáticas al interior de los sistemas sociotécnicos.

Tabla 4. Modelos de aprendizaje y su finalidad

AMBIENTE DE APRENDIZAJE	PROCESO DEL APRENDIZAJE	QUÉ SE APRENDE – DERIVADO DE VALORES	FINALIDAD
1. UNIVERSIDAD	Estudio-lectura, clase-monografía-exposición-discusión	Contenidos académicos. Conocimiento de teorías, técnicas e instrumentos. Weltanschauung y paradigmas	Saber y poder
2. EMPRESA	Hechos-Reflexión-Abstracción-Acción	Habilidades y hábitos Rutinas empresariales	Decidir y resolver
3. TRIBU	Propósito-imitación-acción-consecuencia-	Conductas, rituales, expresiones que reflejan el respeto a conceptos, personas y entorno	Adaptación y crecimiento
4. LABORATORIO	Imaginación-eureka, creatividad-invención, desarrollo-innovación, emprendimiento	Visiones, perspectivas, especulaciones, creaciones, descubrimientos, propuestas	Descubrir e inventar

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En un mundo turbulento y en cambio creciente, los dominios de conocimiento especializado resultan insuficientes para entender y resolver los problemas, de manera que son superados por perspectivas multidisciplinarias y transdisciplinarias novedosas que implican la confrontación dialéctica entre dominios diferentes, que enriquecen la praxis de la dirección científica de las organizaciones.

La investigación busca definir la manera en que se adquieren los valores empresariales que conforman la base de la formación profesional del ingeniero industrial, complementarios a las herramientas sistemática de diseño y resolución de problemas de productividad ye eficiencia, de manera que se unifican los criterios utilitarios con los valores sociales, estéticos y empresariales, para la mejora de los resultados en la tarea de las decisiones empresariales. La muestra estudiada manifiesta que el aprendizaje de los valores empresariales se realiza en el ámbito de la tribu o la familia, al igual que los otros tipos de valores, y se consolida primordialmente en el ambiente académico. El ingeniero industrial con la valoración ética ha de ampliar sus técnicas y herramientas de decisión en el ambiente empresarial.

El aporte directo de la investigación es su contribución al estudio de las decisiones en el contexto peruano, enfocando el proceso de aprendizaje sistemático, de la ética y valores en los ingenieros industriales, en los diferentes contextos de la academia, empresarial y social. Además, se plantea el aprendizaje de las decisiones directivas en función a criterios éticos, lo que permite definir modelos de decisión para diferentes contextos o escenarios y en relación a los diferentes tipos de problemas que el ingeniero industrial o decisor enfrenta durante su desarrollo profesional. El aporte indirecto es la identificación criterios de decisión estructurada (sistemático y cuantitativo) y criterios de decisión éticos (valorativos y cualitativos), que se aplican ante la elección frente a problemas de diferente tipo.

5.2. Recomendaciones

La presente investigación ha de contribuir al desarrollo y aplicación del criterio ético y los valores dentro de la formación profesional para que sea parte del toolkit de conocimiento, técnicas y herramientas del ingeniero industrial cuando percibe, entiende, analiza y resuelve en su praxis profesional.

Considerando los hallazgos y discusión en el estudio, se recomienda lo siguiente:

- La elaboración de estudios de amplio alcance en diversas poblaciones profesionales para verificar la hipótesis corroborada, y para desarrollar elementos de las decisiones con criterio ético.
- La elaboración de estudios con metodologías diversas como investigación en acción, trabajo de campo, experimentación para verificar la aplicabilidad de técnicas de aprendizaje de valores y su efecto en la toma de decisiones ante diferentes situaciones problemáticas.
- La elaboración de estudios para identificar los modos de aprendizaje y de aplicación de decisiones éticas, considerando que los modelos de decisión se enfocan en decisiones racionales, decisiones meta racionales que no contemplan, la valoración ética en la elección de las alternativas de resolución de problemas.

Adicionalmente se recomienda desarrollar estudios exploratorios acerca del aprendizaje de los diferentes tipos de valores y su efecto en las decisiones empresariales, dentro del ambiente peruano en sus diferentes escenarios académico, empresarial, político, entre otros. El estudio de los valores, su aprendizaje y su aplicación, como parte de la tarea directiva ha de llevar a un mayor conocimiento de las formas del liderazgo y de las decisiones que surgen en el contexto local.

6. REFERENCIAS

Acevedo, A., Linares, C. y Cachay, O. (2019). *Escritos selectos sobre Dirección Científica en organizaciones complejas. Weltanschauung y paradigmas en administración de organizaciones*. Perú: 1ra.edición. Fondo Editorial UNMSM.

Acevedo, A. (2017). El enfoque sistémico de la ingeniería industrial para la resolución de problemas complejos. Una visión transdisciplinaria en la gestión de organizaciones. *Perú: Informe Técnico de investigación 2016. VRI-UNMSM.*

Acevedo A. (2016). *Lecturas para la dirección científica en las organizaciones*. Perú: Ed. AAB.

Acevedo, A. (2010). El modelo conceptual de las 4 dimensiones para la resolución de problemas. *Industrial Data Revista de Investigación 13*(2), 15–024. https://doi.org/10.15381/idata.v13i2.6179

Acevedo, A. y Linares, C. (2008). Apuntes sobre ética empresarial en Hispanoamérica. Una guía para entender ambientes de negocios en América Latina. *Revista AHCIET de telecomunicaciones 113(1) 69-80.*

Acevedo, A. (2001). El proceso cultural en las organizaciones de telecomunicaciones. *Revista AHCIET de telecomunicaciones 86*(1) 61-71.

Beauchamp, T. (2010). Relativism. multiculturism, and universal norms: their role in business ethics en *Brenkert, G. y Bauchamp, T. The Oxford Handbook of Business Ethics* New York: Oxford University Press.

Chiavenato, I. (2019). *Introducción a la teoría general de la administración*. 10ª edición. Editorial McGraw Hill. México.

Dawkins, R. (1976). *El gen egoísta: las bases biológicas de nuestra conducta*. New York: Oxford University Press.

FII-UNMSM. (2018). Visión y Misión. http://industrial.unmsm.edu.pe/mision-y-vision/

Fomin, I. (2019). Memes, genes, and signs: Semiotics in the conceptual interface of evolutionary biology and memetics. *Revista Semiotica 230* 327–340. https://doi.org/10.1515/sem-2018-0016

Frederick, R. (2001). *La ética en los negocios*. Oxford University Press. México.

Gallardo, J. (2012). *Administración estratégica. De la visión a la ejecución*. México: Editorial Alfaomega.

Goleman, D. (2017). *La inteligencia emocional en la empresa*. México: Penguin Random House, Grupo Editorial.

Griffin, R. y Van Fleet, D. (2016). *Habilidades directivas. Evaluación y desarrollo*. México: Cengage Learning.

Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México: Pearson Prentice Hall.

Hobbes, T. (2004). *Leviathan*. España: Primera edición, Tercera reimpresión, Alianza Editorial.

Huber, G. (2012). *Toma de decisiones en la gerencia*. . México: Editorial Trillas.

Miltenberger, R. (2013). *Modificación de conducta*. España: Editorial PIRÁMIDE.

Navarro, J. y Calvo, T. (1990). *Historia de la Filosofía*. España: Grupo Anaya.

Robbins, S., Judge, T. (2017). *Comportamiento organizacional*. México: 17ª edición. Ed. Pearson.

Robles, R. (2020). Richard Dawkins, el gen egoísta extendido en *Revista Crítica 51*(151). https://doi.org/10.22201/iifs.18704905e.2019.06

Weihrich, H., Cannice, M., Koontz, H. (2017). *Administración. Una perspectiva global, empresarial y de innovación.* México: Decimoquinta edición. Ed. McGraw-Hill.

Witzel, M. (2013). *Historia de pensamiento administrativo*. México: Grupo Editorial Patria.

PERCEPCIONES EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS GENÉRICAS DE EGRESO

Dra Lucía Brottier[1], Mg Elena Caliguli[2], Mg Carlos Nallim[3]

Facultad de Ingeniería UNCuyo, Mendoza, Argentina

[1]lucia.brottier@ingenieria.uncuyo.edu.ar; [2]elena.caliguli@ingenieria.uncuyo.edu.ar

[3]carlos.nallim@ingenieria.uncuyo.edu.ar

RESUMEN

Aprobados los nuevos estándares de acreditación de las carreras de ingeniería, resulta de suma relevancia en el ámbito de la formación analizar /establecer los niveles de adquisición de competencias sociales, políticas y actitudinales que se desarrollan a lo largo de las carreras de ingeniería, así como establecer si hubo correlato con estrategias didácticas implementadas en el proceso de aprendizaje en el desarrollo de las competencias en los alumnos.
Para ello se han considerado dos vertientes para el relevamiento de la información de trabajo:

- Evaluación de las competencias requeridas relevadas
  - a través del relevamiento presentado en las plataformas de empleos y
  - relevadas en encuestas a profesionales de áreas de recursos humanos.
- Evaluación de las competencias adquiridas en la carrera de ingeniería
  - relevadas a alumnos de carrera de cuarto y quinto año de las carreras de ingeniería y
  - relevadas a egresados de carreras de ingeniería.

Los resultados evidencian un desfasaje entre las necesidades del ámbito profesional con las competencias actuales de egreso principalmente en temas tecnológicos.
La adquisición de competencias fuera del ámbito de la formación curricular también ha sido relevada, como los aportes de los alumnos sobre las asignaturas en las que pueden desarrollarse nuevas competencias.

Palabras Clave: Competencias – Estrategias – Profesión- Egreso- Ingeniería

ABSTRACT

Once the new accreditation standards for Engineering Careers have been approved, it is extremely important to analyze/establish the acquisition of social, political and attitudinal skills levels developed throughout engineering careers, as well as establish if there was a correlation with didactic strategies implemented in the learning process to develop these competencies in students.
Two aspects have been considered for the survey of work information:

- required skills Assessment
  - through the survey presented on the job platforms and
  - relieved in surveys of professionals in human resources areas.
- acquired skills in the engineering career
  - released to fourth and fifth year students of the engineering careers and
  - released to graduates of engineering careers.

The results show a gap between the needs of the professional field with the current graduate skills, mainly in technological issues.
The acquisition of skills outside the scope of curricular training has also been revealed, such as the contributions of students on the subjects in which new skills can be developed.

Keywords: Competencies – Strategies – Profession- Graduation- Engineering

1 INTRODUCCIÓN

En el enfoque de Educación basada en Competencias (EBC), se establecen los nuevos estándares de acreditación de las carreras de ingenierías y en particular de la carrera de Ingeniería Industrial [1] que fueron publicados en mayo de 2021 en base a las propuestas de definidas en el Libro Rojo de Confedi [2] consideran la adquisición de las competencias de egreso sociales, políticas y actitudinales desde las Ciencias y Tecnologías complementarias (Conceptos de Ética y Legislación; Conceptos de Economía para ingeniería; Comportamiento organizacional y Relaciones del trabajo; Sistemas Informáticos para la gestión y Desarrollo Socioeconómico) y también se requiere desarrollar de manera transversal formación en los siguiente ejes (se han seleccionado los relacionados con el relevamiento realizado):

- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería industrial.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial.
- Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo.
- Fundamentos para una comunicación efectiva.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora

El perfil de egreso del graduado de Ingeniería es que “posea una adecuada formación científica, técnica y profesional que lo habilite para ejercer, aprender, desarrollar y emprender nuevas tecnologías, con actitud ética, crítica y creativa para la identificación y resolución de problemas en forma sistémica, considerando aspectos políticos, económicos, sociales, ambientales y culturales desde una perspectiva global, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad”.

En correlato con el enfoque EBC, el proceso educativo se planifica centrado en el aprendizaje del estudiante y desde allí comenzaremos a visualizar qué estrategias didácticas se ponen en práctica en la experiencia áulica virtual o presencial, aunque no siempre sea con el conocimiento del propio docente.

Así mismo, la Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, perteneciente al Ministerio de Trabajo de la Nación Argentina ofrece la siguiente definición sobre las competencias claves para la empleabilidad: “Son aquellas habilidades necesarias para que la persona emprenda la búsqueda de empleo y pueda desempeñarse en una ocupación.” Entre las mismas podemos encontrar coincidentes con las propuestas por los estándares de acreditación:

- Compromiso y responsabilidad.
- Trabajo en equipo: relacionamiento interpersonal.
- Resolución de problemas: búsqueda de alternativas, capacidad de anticipar resultados y solucionar problemas en situaciones de trabajo.
- Disposición al aprendizaje permanente.
- Comunicación: oral y escrita, interpersonal, argumentación.
- Conocimiento y uso de herramientas informáticas (TICs).
- Autonomía, iniciativa y toma de decisiones.
- Negociación.

Del análisis realizado se observa que cuando el puesto crece en complejidad, jerarquía o remuneración, las exigencias de habilidades y competencias personales, no técnicas aumentan. Se consultaron también artículos sobre las competencias requeridas por los ingenieros [3]; [4]

Conforme a los objetivos planteados, en este trabajo buscamos contrastar las competencias requeridas actualmente desde plataformas de empleo encuestadas a profesionales de áreas de recursos humanos, en relación a la percepción de los alumnos de cuarto y quinto año de las carreras de ingeniería, relacionado con la información provista por egresados de dichas carreras.

2 METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo es descriptiva con un enfoque mixto con la implementación de métodos de tipo encuestas semiestructuradas con preguntas cerradas y otras abiertas de opinión. Se realizaron diferentes encuestas con los formularios de Google Form con los siguientes resultados

2.1 Encuesta a profesionales del área de Recursos Humanos (Comunidad Virtual de RRHH)

Fue respondida por 30 profesionales, evidenciando las competencias requeridas y más valoradas en los postulantes, se puntuó conforme se indica en la Tabla 1. Se propusieron otras competencias como la proactividad (68%), adaptabilidad (52%), orientación a los resultados (48%)

El 65% consideró que frecuentemente los postulantes cuentan con esas competencias y que los jóvenes se adaptan rápidamente a los puestos de trabajo.

Competencias más valoradas por reclutadores	
● Identificación, formulación y resolución de problemas	48%
● Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial. (herramientas informáticas)	48%
● Desempeño en equipos de trabajo.	72%
● Comunicación efectiva.	28%
● Actuación profesional ética y responsable	72%
● Aprendizaje continuo	36
● Actitud emprendedor	44%
● Negociación	56%

Tabla 1. *Competencias más valoradas por reclutadores – elaboración propia*

Una consulta interesante en el contexto de desempeño profesional, arrojó que el ámbito más propicio para mejorar el desarrollo de las competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales, es en primer lugar la participación en actividades deportivas, en segundo lugar las actividades solidarias y finalmente mejorar las actividades propias educativas de formación, es decir involucrar más el proceso educativo pensando en el aprendizaje del estudiante con metodologías activas que permitan potenciar no solo el aprendizaje cognoscitivo, sino también potenciar habilidades de tipo político actitudinales.

2.2 Encuesta a trabajadores (Secundarios y universitarios)

La misma fue respondida por 207 personas (76% hombres y 24% mujeres; 51% entre 25 y 38 años de edad y el 60% con más de 5 años de experiencia laboral y 74% con estudios universitarios)

Coinciden en que las principales competencias más requeridas son el trabajo en equipo, la actuación ética y responsabilidad, la resolución de problemas y la negociación.

A la consulta de si pudieron adquirir las competencias en el ámbito universitario el 70.9% contestó que no se logran en la universidad y el 89.1% que las adquirió a través de la experiencia laboral.

2.3 Encuesta a ingenieros estudiantes y egresados

Participaron 118 ingenieros de las siguientes especialidades: Mecatrónica, Petróleo, Industrial (72%), Civil, Sistemas de Información, Química y Recursos renovables entre 24 y 59 años de las universidades Universidad Nacional de Cuyo, UTN Regional Mendoza y Universidad de Mendoza.

Los encuestados consideran haber desarrollado a lo largo de la carrera las siguientes competencias: Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería (65%); desempeñarse en equipos de trabajo,(54%) aprender en forma autónoma y continua (44%) y actuar con ética, responsabilidad y compromiso social (28%)

También reconocen carencias en gestionar, planificar y ejecutar proyectos, comunicar con efectividad, generación de desarrollos tecnológicos y actuar con espíritu emprendedor.

El 68% de los egresados ha realizado cursos fuera de la universidad siendo el principal interés la programación, idiomas y otras herramientas informáticas como Excel, Autocad, Solid, Power Bi, Redit y metodologías ágiles. De los encuestados 7 de cada 10 debieron aprender estas habilidades

o uso software por otros medios, como cursos virtuales, cursos presenciales y en el trabajo principalmente.

El 98% considera que debe seguir formándose en competencias sociales como comunicación efectiva, creatividad, herramientas tecnológicas.

Se aprovechó la encuesta para ver la percepción que tienen sobre el uso de redes sociales y cómo afectan a las habilidades sociales, siendo que la mayoría pasa más de una hora al día participando de las mismas, con los siguientes resultados:

Afectan negativamente	Afectan positivamente	No inciden
Manejo del Stress	Creatividad	Trabajo en Equipo
Concentración		Asertividad
Capacidad de Sociabilización		Autoconfianza
Comunicación Efectiva		
Pensamiento Crítico		

Tabla 2. Percepción de competencias y redes sociales – Elaboración propia

2.4 Relevamiento de competencias en LinkedIn

Se analizaron 40 puestos ofrecidos para ingenieros industriales o afines en la Red LinkedIn y se registraron las competencias requeridas publicadas según se muestra a continuación

Empresa	Puesto	Empresa	Puesto
Coty	Demand Planner	Grupo Arcor	Supervisor Operaciones Logísticas
SC Johnson	Sr. Associate, Customer Supply Chain	Grupo Cepas	Analista de procesos y mejora continua
Feas Electrónica S.A.	Ingeniero Industrial	Knight Piesold	Ingeniero Industrial
Process Engineer	Lear Corporation	MVL Limited	Ingeniero Industrial Junior
ID Logistics Argentina	Ingeniero de Proyectos Jr.	Prodeman S.A.	Ingeniero de procesos
Mondelēz International	Process Engineer	Givaudan	Ingeniero de procesos
ILVA S.A.	Ingeniero de Proyectos	Mondelēz International	Ingeniero de procesos
Avery Dennison	Ingeniero de Procesos	Biogénesis Bagó S.A.	Ingeniero para compras
Talent Recruiters	Ingeniero/a de Planta	HUB RH	Gerente de planta y proyectos
Talent Recruiters	Analista de Compras	Elizalde Gestión de Talento	Jefe de mantenimiento
Mondelēz International	Sr Analyst Warehousing	Costumbres Argentinas	Gerente de mantenimiento
Grupo Abans	Ingeniero de Proyectos	Serial de la Torre	Jefe de Mantenimiento
Alsea	Analista de Compras No Productivas	RedTrabaje	Ingeniero Industrial
Pepsico	Ingeniero en procesos	Muebles Tiempo	Control de producción
Sherwin-Williams	Ingeniero de mejora continua	Bernabeu Consultora	Ingeniero senior de procesos

Grupo Consultores de Empresas	Ingeniero Industrial o Mecánico	Grupo Consultor	Gestión y Coordinación de Equipo IT
Kavak	Business & Process Analyst	Focalizar Capital Humano	Ingeniero de Procesos
INVAP	Ingeniero de Costos	ADN	Ingeniero Industrial Metalúrgico
FATE	Ingeniero de planeamiento industrial	Kalpa Group S.A.	Ingeniero Jefe de producción
Multinacional	Ingeniero Industrial JR	Ferrum S.A.	Ingeniero Industrial

Tabla 3. Organizaciones y Puestos analizados de LinkedIn

Se clasificaron las competencias y se ordenaron según la mayor frecuencia de requerimiento dando la siguiente jerarquía:

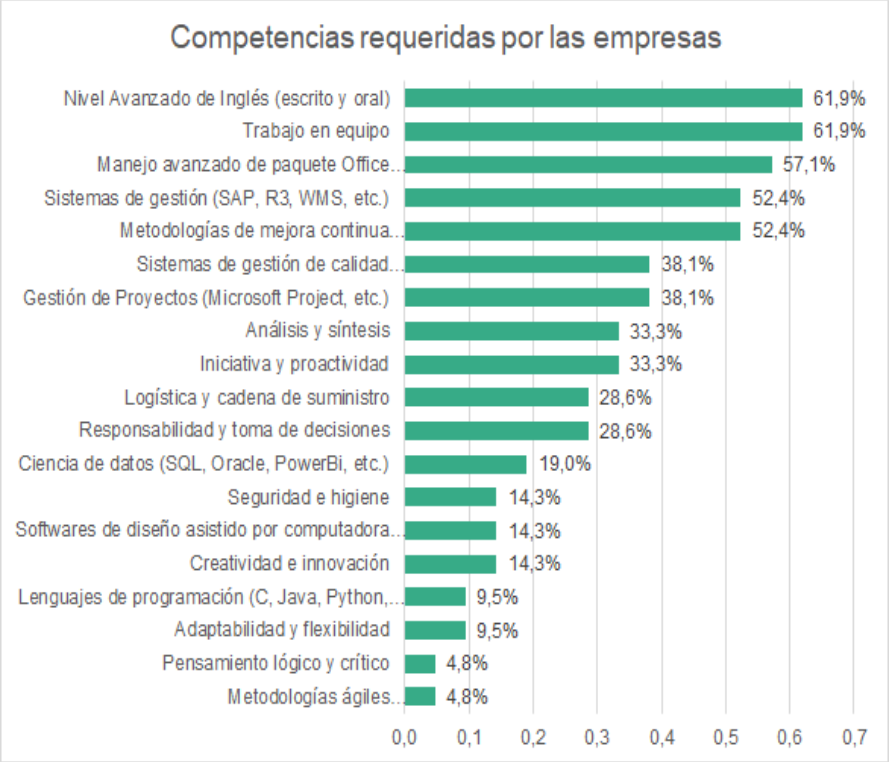


Gráfico 1. Competencias requeridas por las empresas – Elaboración propia

Con respecto a las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas en los estándares de acreditación se verifica que las mismas son requeridas con la siguiente frecuencia:

- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería industrial. No se evidencian porque son propias del título.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería industrial. Se refieren a herramientas informáticas y de gestión. Se requiere en el 57% de los casos
- Desempeño en equipos de trabajo. Es el más alto de las competencias requeridas con el 61.9%.
- Fundamentos para una comunicación efectiva. No se requiere.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable. Si se asemeja a responsabilidad y toma de decisiones es requerida el 28.6% de los casos.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo. No se requiere.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora. Si se asemeja a iniciativa y proactividad es requerida para el 33% de los puestos.

2.5 Gráficos

Con respecto a la pregunta abierta de las encuestas sobre los temas que podría enfocarse la facultad y no lo hace, si bien las respuestas resultaron variadas ve una clara tendencia en:

- Herramientas informáticas, de análisis de datos y otros sistemas de gestión.
- Prácticas y visitas desde los primeros años de la carrera.
- Fomentar los lenguajes de programación, como así también sus aplicaciones en inteligencia artificial, machine learning, etc.
- Entrenar al alumno para la hora de su inserción laboral.
- Actualizar no solo los planes de estudio o materias, sino también los métodos de enseñanza y la manera de evaluar.

3 RESULTADOS

Este trabajo presenta los resultados de un relevamiento inicial que ha buscado identificar las competencias solicitadas por las organizaciones con las que se proponen en los nuevos estándares de acreditación y las percepciones que tienen los alumnos y egresados del logro de esas competencias.

De las competencias genéricas político actitudinales la más requerida es el trabajo en equipo, seguidas de la proactividad e iniciativa propias de actuar con autonomía.

Por otra parte se relevaron las expectativas de los reclutadores con relación a las competencias sociales y actitudinales requeridas por las empresas (sin especificar las carreras) y se evidencia coincidencia con las que requieren las organizaciones.

Las habilidades de comunicación si bien están dentro de las competencias de los estándares no se evidencian como requerimiento de las organizaciones en forma específica, lo que llama la atención. (Exceptuando el dominio del idioma inglés).

4 CONCLUSIONES

Finalmente en las conclusiones con respecto a si la formación en la Facultad permite adquirir dichas competencias, se evidencia que se debe reforzar algunas de ellas ya que la mitad de los encuestados considera que no las ha adquirido o las ha adquirido parcialmente y que ha debido recurrir a formaciones adicionales fuera del entorno universitario. En este sentido cabe destacar que el desarrollo de las mismas se alinea con metodologías de enseñanza centradas en el estudiante tal cual exige el modelo de EBC, con propuestas más activas como estrategias didácticas, que no son objeto de descripción en este trabajo.

Por otra parte sugieren que se deben proponer otros saberes particularmente relacionados con el conocimiento de herramientas informática, programación y softwares de gestión.

Agradecimientos

Los alumnos de la cátedra de Gestión de las Personas colaboran con el diseño y relevamiento de las encuestas realizadas y las conclusiones alcanzadas

Referencias

[1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN Resolución 1543/2021 Estándares de Ingeniería Industrial. Ciudad de Buenos Aires, 13/05/2021.

[2] Recuperado de https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

[3] Recuperado de https://estudiar-a-distancia.uniclaretiana.edu.co/habilidades-indispensables-para-un-ingeniero-industrial (17 de mayo de 2021)

[4] Recuperado de https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/7-habilidades-que-debe-tener-un-ingeniero-para-alcanzar-el-exito-profesional (04 de febrero 2016)

[5] Recuperado de https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2020/01/13/10-habilidades-profesionales-mas-demandadas-en-2020 (20 de enero de 2020)

La educación superior en el territorio de Rafaela

Detección de nuevas necesidades de formación profesional en tecnología en el rubro metalmecánico.

Monier Eduardo Carlos; Fornari, Javier
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela. Grupo GIAMNCI
ecmonier@gmail.com; javier.fornari@frra.utn.edu.ar

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende conocer y definir necesidades de la educación superior en el territorio de Rafaela, desde la óptica principalmente del empresario a fin de detectar las nuevas necesidades de formación profesional en tecnología en el rubro metalmecánico. Estas necesidades se detectaran a través de empresarios, a fin de encontrar las disciplinas ausentes en el territorio y que las encuestas a empresas inmersas en el mundo globalizado, necesitan para seguir siendo competitivas en este mercado a corto y mediano plazo. A fin de generar círculos virtuosos donde el sector educativo forme profesionales de una rápida salida laboral y que estos aportan soluciones rápidamente en las empresas para que el desarrollo profesional mejore nuevamente y de nuevo tengamos nuevas disciplinas que implementar. Parecen situaciones ideales, pero desde el punto del desarrollo territorial y las relaciones público-privadas ya existentes en la región, es un nuevo reto alcanzable, para los próximos años.

Palabras clave: necesidades formativas terciarias, educación superior, formación rubro metalmecánicos

ABSTRACT

In the present work, it is intended to know and define the needs of higher education in the territory of Rafaela, mainly from the perspective of the entrepreneur in order to detect the new needs of professional training in technology in the metal-mechanic field. These needs will be detected through businessmen, in order to find the disciplines absent in the territory and that the surveys of companies immersed in the globalized world need to remain competitive in this market in the short and medium term. In order to generate virtuous circles where the education sector trains professionals with a quick job opportunity and who quickly provide solutions in companies so that professional development improves again and once again we have new disciplines to implement. They seem ideal situations, but from the point of territorial development and public-private relations already existing in the region, it is a new achievable challenge for the coming years.

Keywords: tertiary training needs, higher education, metalworking sector training

1. INTRODUCCIÓN

Desde distintos ámbitos se valoran o generan nuevas alternativas de formación educativa superior, pero en ciertas oportunidades carecen de una mirada integral de las ofertas presenciales existentes. Esto lleva, en algunas oportunidades, a destinar esfuerzos y recursos en alternativas educativas similares a las existentes o poco relevantes para el territorio. Con el presente estudio se pretende generar una serie de análisis a través de encuestas acerca de cómo relevar las necesidades educativas del territorio, específicamente en empresas del rubro metalmecánica, a fin de saber cuáles son y si están satisfechas o no, por las ofertas educativas existentes. La problemática inicial es analizar e identificar las necesidades dentro de las empresas, a fin de relevar la formación de sus integrantes y las nuevas tecnologías que incorporan. Por otro lado, se utilizan fuentes informativas existentes tales como: relevamiento socioeconómico, relevamiento de empresas, encuestas a estudiantes secundarios del ICEDEL, nuevo personal incorporado por las empresas, o falencias de su personal que tengan las mismas, siendo esto relevado desde sus departamentos de Recursos Humanos. Con estos datos se analizan las necesidades de las empresas y si estas se corresponden con las formaciones existentes en el territorio, estaremos ante la presencia de una disciplina o competencia de formación superior de prioridad para él territorio. Pregunta problema ¿Cuál son las necesidades prioritarias de recursos humanos en las empresas del rubro metalmecánico y de formación en educación tecnológica superior que deben generarse en el territorio a corto y mediano plazo?.

Como conclusión obtendremos las principales competencias que deben tenerse en cuenta en las actuales y futuras carreras a corto y mediano plazo.

2. DESARROLLO

Este estudio se desarrolla a través de la explotación de variables cuantitativas, de un alcance descriptivo con un enfoque secuencial probatorio. (Sampieri, 2014).

2.1 La primera etapa, se estudia las encuestas a los alumnos egresados de escuelas secundarias de la ciudad de Rafaela, (ICEDeL, 2020), en el año 2018-2019, para relevar las carreras cortas más elegidas para estudiar dentro y fuera de la ciudad. De aquí se tendrá un ranking de carreras más o menos elegidas y con un número de alumnos que así lo mencionaron.

2.2 Con estos datos y antes de proceder a encuestar a representantes de gremiales empresarias y de empresas, se definirá una encuesta a fin de relevar datos de dichas empresas, tales como: productos que desarrollan, principales problemas que afrontan en cuanto a incorporación de tecnología, problemas que impiden un normal crecimiento de la empresa y en que disciplina, cantidad de personal, últimas incorporaciones en el último año y que nivel académico poseen su personal, que formación específica, y si ha incorporado personal de otros territorios. Las variables de estudio son las siguientes: a. Profesional, b. De Gestión del Conocimiento c. Tecnológico d. Epistemológico e. Equipos de trabajo f. Económico g. Cultural.

2.3 El presente estudio se realiza a través de encuestas y preguntas concretas y cerradas, priorizando de forma efectiva las disciplinas más necesarias para resolver las problemáticas actuales o a futuro que experimentan los dirigentes en su empresa. Dado que el presente estudio es de corte cuantitativo, se ha creído conveniente adoptar la presente herramienta de análisis, considerando también que las personas encuestadas no disponen de un tiempo prolongado para responder y brindar este tipo de información. La población de empresas del rubro metalmecánico es de 172 empresas en el territorio con más de 50 empleados son solo el 5% y que suman alrededor de 9 empresas. De las

cuales podemos clasificar en producción de bienes, servicios, publicidad y producción de repuestos. En las encuestas a los representantes de empresas o cámaras, se debe ser claro en cuáles son las tecnologías que ellos manejan dentro de sus cadenas de valor, cuáles son sus productos, vida útil promedio del desarrollo de sus productos y desde este punto de vista, definir si su problemática es el dominio de tecnologías, dentro de su cadena de valor o es su producto que carece de aplicación de nuevas tecnologías que impiden su crecimiento, descartando los problemas coyunturales que pueden existir o no, en el territorio. Las áreas como cadenas de valor, se definen para un producto desde su definición o diseño, proveedores, logística externa e interna, producción, importación y exportación, y formas de comercialización.

2.4 En resumen en la siguiente Figura 1, se describe los puntos a relevar de las necesidades del territorio y se ha clasificado diferentes tipos de preguntas bases a realizar a los representantes, donde a través de encuestas se realiza la recolección de datos para el desarrollo del estudio. Debajo de cada columna de representantes se ha colocado las características de las preguntas bases.

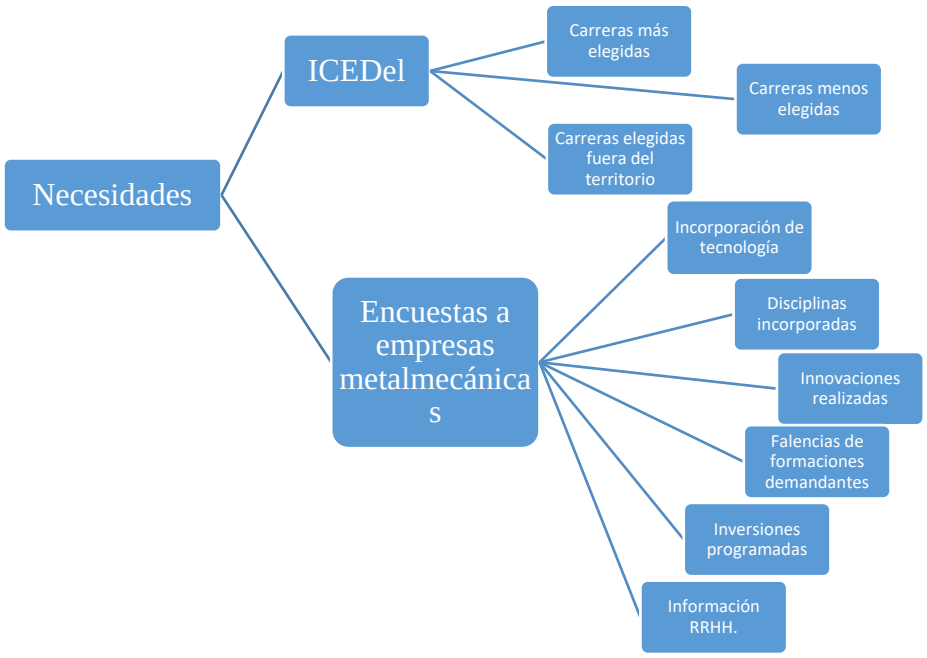


Figura N° 1 – Lineamientos generales a seguir

3. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el abordaje de las necesidades de desarrollo y formación planteados, se definen algunas variables dimensionales que resultan prioritarias para el presente estudio:

“a. Profesional,
b. De Gestión del Conocimiento
c. Tecnológico
d. Epistemológico
e. Equipos de trabajo
f. Económico
g. Cultural “
(Aránega, 2013, pág. 10)

Visto los resultados obtenidos y procesados en las 7 dimensiones, se puede empezar a definir algunos resultados en cuanto a necesidades de formación que surgen justamente de la valoración y que en algunos casos una dimensión ratifica la falencia o la necesidad evidenciada en otras.

Del análisis global se observa que existen diversas necesidades de que en algunos casos son simplemente la posibilidad de agregar en alguna formación esa disciplina y en otros casos, dada su importancia serán posibles nuevas carrera a corto, mediano o largo plazo. (ICEDeL, 2020), podemos asegurar que:

Del análisis de datos extractados de ICEDeL

El 69,8 % de los estudiantes secundarios deciden estudiar en la ciudad, y dentro de las carreras más elegidas se encuentran las de áreas en informática en diferentes trayectos, desde tecnicaturas a ingenierías. Si podemos agregar que estas en su gran mayoría hacia corto plazo deben aggiornarse para adecuar los términos de industria 4.0 dentro de sus formatos curriculares debido que en las encuestas, las empresas mencionan que es una tecnología a invertir en los próximos años. No descartando carreras de especialización definidas solo para esta nueva disciplina de industria 4.0.

De lo expuesto en cada punto de las dimensiones enumeradas en este análisis y retomando el objetivo de relevar las necesidades a fin de dilucidar competencias que a futuro van a ser necesarias como nuevas formaciones para estudiantes como posible mano de obra especializada de las empresas.

No se puede nombrar carreras en forma específica de cómo se titularán, pero si las competencias que deberán tener para afrontar los nuevos desafíos a corto y mediano plazo se deban cumplir.

4. CONCLUSIONES

De la figura 2, podemos observar las competencias relevadas:

- *Figura N° 2 – Competencias específicas.*

Competencias específicas son:

Industria 4.0

Gestión de liderazgo en procesos de cambio

Electrónica e informática

Formación en oficios de soldadura y electricidad

Específicas del sector de frío con aplicación de CO2 refrigeración natural, si bien esta es muy específica de un sector, esta deriva en producciones sustentables, producción más limpia, cuidado del medio ambiente y utilización de energías renovables.

Lo que además se agregan competencias, de idiomas, logísticas, abastecimientos, comercio exterior, home office, y trabajos virtuales versus presenciales y sus potencialidades.

Solo mencionaremos los nombres de nuevas competencias específicas de Industria 4.0 en las empresas es desarrollar y temas específicos que deberían formarse:

Extractado de: https://proleanerp.com/industria-4-0-ii-tecnologias-implicadas/

Nota [1]

Figura N° 3 - Industria 4.0

Por todo lo expuesto es simple deducir que exigen nuevas carreras a corto y medianos plazo que deben ser analizadas de acuerdo a las competencias faltantes relevadas y por supuesto que también las actuales en muchos casos siguen vigentes.

Estas decisiones deberían tomarse en ámbitos acordes y con las capacidades para hacerlo y no me atrevo a decir cuáles son esos ámbitos, pero sí que son instituciones que se deben reunirse para dialogar y llegar a acuerdos de mutua conveniencia.

Es cierto que se debe pensar que las especializaciones año a año se diversifican y se debe captar más masa crítica de estudiantes no solo de Rafaela y los grupos de alumnos no serán de un número importante y que cada apertura de cursos oscilaran entre 10 y 25 alumnos según los tipos de carreras o formaciones.

Sin lugar a dudas es un nuevo desafió de cara a la próxima década, poder detectar y anticipar las nuevas formaciones, capacidades a formar a nuestros estudiantes, y no solo formarlos y que aprendan sino también que aprendan a aprender en forma autónoma o a su formación continua a lo largo de su vida, un gran desafío pero no menos importante, por qué cada vez los cambios son más rápidos y las innovaciones disruptivas y dejan oficios o capacidades totalmente superadas.

5. REFERENCIAS

2015, UNESCO. (2015). https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232697. En UNESCO, *Rethinking Education: Towards a global common good?* (pág. 92). FRANCIA: UNESCO - ISBN 978-92-3-300018-6.

ACDICAR. (14 de 10 de 2016). *Rafaela productiva 2020.* Recuperado el 14 de 12 de 2016, de http://rafaelaproductiva.com.ar/pagina/106/educacion-y-capital-humano

Aránega, S. (09 de 01 de 2013). *Cuaderno 25- De la detección de las necesidades de formación en la universidad.* Recuperado el 14 de diciembre de 2016, de www.octaedro.com: http://www.ub.edu/ice/sites/default/files/docs/qdu/25cuaderno.pdf

Becerra Rodriguez, F. (2008). Las redes empresariales y la dinámica de la empresa: aproximación teórica. *Innovar Revista de Ciencias*, 20.

Bermudez, G. M. (2020). El reto de la educación 4.0: Compentencias laborales para el trabajo emergente por la covid-19 . *articulos cientificos*, 23.

CUR. (9 de 12 de 2010). *CUR Consejo Universitario de Rafaela.* Recuperado el 20 de 02 de 2017, de Consejo Universitario de Rafaela: https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/Seccion.aspx?s=44

[1] Estractado de: https://proleanerp.com/industria-4-0-ii-tecnologias-implicadas/

Daniel Panzera, V. (12 de enero de 2016). *Volkswagen Argentina promueve la formación de profesionales en la industria automotriz*. (D. Panzera, Editor) Obtenido de https://www.16valvulas.com.ar/volkswagen-argentina-promueve-la-formacion-de-profesionales-en-la-industria-automotriz-2/

Deloitte, C. S. (20 de 06 de 2010). *Observatorio Digital.* Recuperado el 14 de 12 de 2016, de Estudio de levantamiento de necesidades tecnológicas en subsectores económicos: http://www.observatoriodigital.gob.cl/sites/default/files/estudio_necesidades_tic_segun_sector_productivo.pdf

Didriksson, A. (29y30 de 08 de 2008). *Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe.* Recuperado el 14 de 12 de 2016, de IESALC UNESCO: www.iesalc.unesco.org.ve

Dory Araujo de Cendros, J. B. (2009). Limitaciones de las tecnologías de información y comunicación en la educación universitaria. *Horizontes Educacionales*, 24.

Francisco Alburquerque. (octubre 2004). *El enfoque del desarrollo económico local.* Buenos Aires: OIT.

G.P.Bunk. (94). *La transmisión de las competencias en la formación y perfeccionamiento profesionales en la RFA.* Recuperado el 14 de 02 de 2017, de Formación Profesional 1/94: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/131116.pdf

ICEDeL, I. d. (Setiembre de 2020). *Encuesta a estudiantes que finalizaron estudios 2019*. Obtenido de http://www.icedel.rafaela.gob.ar/: http://icedel.rafaela.gob.ar/archivos/ORDICEdel/AnexoEstudiantes2018.pdf

IESALC, U. (16 de 11 de 2020). *Hacia el acceso universal a la educación superior: tendencias internacionales*. Obtenido de http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/: https://www.iesalc.unesco.org/wp-content/uploads/2020/11/acceso-universal-a-la-ES-ESPANOL.pdf

Jiménez Ramirez, M. H. (2006). Modelo de competitividad empresarial. *Umbral Científico*, 115 a 125.

Julio Cesar Tovar-Galvez y German Antonio Garcia Contreras. (2016). EPISTEMOLOGIA DE LA TECNOLOGIA Y SUS IMPLICACIONES DIDACTICAS. *REVISTA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA, CONOCIMIENTO Y SOCIEDAD*, 156.

Julio Cesar Tovar-Galvez y German Antonio Garcia Contreras. (2016). Epistemología de la Tecnología y sus Implicancias Didácticas. *REVISTA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA, CONOCIMIENTO Y SOCIEDAD*, 156.

Kearns, D. T. (28 de 09 de 2012). *Entrepreneur.* Recuperado el 28 de 01 de 2017, de Que es benchmarking: https://www.entrepreneur.com/article/265507

Maslow, A. H. (1991). *Motivación y personalidad.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.

Méndez Zuñiga, A. (25 de 09 de 2006). *Investigación Educativa.* Recuperado el 14 de 12 de 2016, de Necesidades formativas : Un estado de la cuestión: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2880941.pdf

Mintzberg, H. (1989). *Diseño de organizaciones eficientes.* BUENOS AIRES: EL ATENEO.

Mintzberg, H. (1989). *Diseño de Organizaciones Eficientes.* BUENOS AIRES: EL ATENEO.

Nelson Antonio Quintanilla Juárez M.E. (marzo 2014). *Herramientas TIC´s y la gestión del conocimiento.* El Salvador: Universidad Don Bosco (UDB).

proLeanERP. (20 de junio de 2018). *Industria 4.0 ll: Tecnologías implicadas*. Obtenido de proleaenERP: https://proleanerp.com/industria-4-0-ii-tecnologias-implicadas/

Puig, Sabater y Rodriguez. (2012). Necesidades Humanas, Evolución del concepto según la perspectiva social. *Aposta, revista de ciencias sociales*, 12.

Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria.* Bilbao: Facultad de ingeniería de la Universidad del Deusto.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación.* México: Mc GRAW HILL.

Suarez, L. Y. (Mayo 2015). *La importancia del trabajo en equipo en las organizaciones actuales.* Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Área G

Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento

Título del Trabajo	Código
Introducción	Área G
Explotación de datos y simulación sobre un sistema de stock y transporte	CO22-G02
Aplicación integral de técnicas de excelencia operacional con simulación de eventos discretos para la mejora productiva en una industria cerámica.	CO22-G03
Análisis de casos de nuevos productos en empresas de base tecnológica	CO22-G06
Incorporación de tecnologías inteligentes para el agregado de valor en una empresa alimenticia marplatense	CO22-G08
Procesado de señales con wavelet: aplicación en el filtrado de ruido y compresión de la información	CO22-G09
Tratamiento de imágenes por transformación del dominio: aplicación de la transformada de wavelets en segmentación de imágenes	CO22-G10
Aprendizaje Automático y Movilidad Google para predecir la Demanda de Combustible en Argentina.	CO22-G11
Utilización de herramientas de BI en proyectos de investigación. Caso de estudio: Hogar tipo argentino	CO22-G15
Estrategia lean 4.0, la optimización de procesos industriales en el marco del paradigma industria 4.0	CO22-G19

Área G - Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento

Prólogo del Eje por:
Luciana Belén Tabone y Verónica Aída Mortara

El presente capítulo comprende las contribuciones presentadas en el eje “Industrias 4.0, Ciencia de Datos, Internet de las Cosas Industriales y Economía del Conocimiento” en el marco del XV Congreso Internacional de Ingeniería Industrial. Los nueve trabajos presentados dieron cuenta de la valiosa labor realizada por los autores pertenecientes a diversos centros educativos a nivel nacional e internacional, brindando una visión integral de los distintos contextos, experiencias, dificultades, retos y transformaciones futuras en el marco de la cuarta revolución industrial. Las metodologías implementadas en los trabajos se basan en técnicas de modelado y simulación, diseño de experimentos, teoría de restricciones (TOC), gestión lean, six sigma, transformada de Wavelet, inteligencia de negocios y aprendizaje automático, aplicadas a casos de estudio o a diversos sectores de la industria de bienes y servicios. Estas metodologías demuestran ser eficientes para planificar, controlar, optimizar costos, generar ventajas competitivas, fomentar la innovación y agregado de valor en los distintos sectores, empresas y procesos analizados.

En un primer trabajo “Minería de datos y simulación sobre un sistema de stock y transporte”, se muestra la eficacia del uso de minería de datos y simulación aplicados a un sistema de stock y transporte de una empresa logística. La combinación de técnicas estadísticas, de explotación de datos y de simulación implementadas sirven de marco metodológico general para casos similares que vinculen todos estos aspectos y proporcionen una respuesta óptima en términos de costos y beneficios. Sus autores son Bosio, Bazán, Núñez, López, Cristóbal y Santa María.

Siguiendo esta línea, el trabajo “Aplicación integral de técnicas de excelencia operacional con simulación de eventos discretos para la mejora productiva en una industria cerámica”de Heredia, Letier, Roark, Chiodi, Franco y De Paula, se expone un caso de aplicación conjunta del modelo TLS que combina tres enfoques de mejora de procesos (TOC, Lean y Six Sigma) junto a tecnologías de simulación de eventos discretos para generar una mejora en la capacidad productiva de una línea de porcelanato. Los resultados obtenidos evidencian un aporte relevante en la identificación de los puntos de mejora y en análisis y selección de alternativas de solución a la problemática abordada, sin poner en riesgo al sistema real.

Un tercer trabajo “Análisis de casos de nuevos productos en empresas de base tecnológica”, presenta un análisis de cinco casos de empresas que han implementado diferentes tecnologías convergentes como la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la comunicación y la información y las cognitivas, a fin de lograr alcanzar nichos de mercado vacantes o inexistentes mediante productos y servicios nuevos o innovadores. Se obtiene que todas las firmas relevadas contaban con I+D interna y recursos humanos con elevada formación, generando nuevos desafíos en la incorporación y desarrollo de habilidades en profesionales y científicos que deciden orientar sus actividades en negocios de base tecnológica. El estudio demuestra la importancia de los procesos de convergencia tecnológica en el desarrollo económico de la sociedad del conocimiento. Sus autores son Lujan Blanc, Pietroboni y Rodriguez.

En el trabajo “Incorporación de tecnologías inteligentes para el agregado de valor en una empresa alimenticia marplatense”, de los autores González, Vidal, Tabone, y Morcela, analizan las diversas formas de agregado de valor a los procesos productivos mediante el aprovechamiento e incorporación de tecnologías de la Industria 4.0. Mediante auditorías tecnológicas, benchmarking y vigilancia tecnológica se identifican las debilidades más importantes y se pudo determinar la posición de la organización respecto al avance tecnológico y posibles formas de incorporar tecnologías inteligentes.

A continuación, se presentan dos trabajos del mismo autor (Gelid, P.B.) de aplicación de la transformada de wavelet, uno consistente en la segmentación de imágenes para la detección de zonas boscosas en imágenes aéreas “Tratamiento de imágenes por transformación del dominio: aplicación de la Transformada de Wavelets en segmentación de imágenes” y otro en el procesado de señales para el filtrado del ruido y compresión de información “Procesado de señales con

Wavelet: aplicación en el filtrado de ruido y compresión de la información". En ambos casos, los algoritmos desarrollados resultan adecuados para el procesamiento de imágenes y señales y sirven como base para la implementación de un algoritmo más robusto que permita el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Por otro lado, en el trabajo "Aprendizaje Automático y Movilidad Google para predecir la Demanda de Combustible en Argentina" se presentaron nuevos modelos predictivos relacionados con un conjunto de datos inusuales, como la geolocalización de los conductores. Se modeliza la demanda regional de combustible en Argentina mediante técnicas de aprendizaje automático con indicadores de geo-movilidad sobre la logística terrestre. La manipulación y el análisis adecuado de estos datos proporcionan un pronóstico que mejora la previsión de la demanda de combustible asociada al consumo real. Sus autores son No, Tornillo, Pascal y Rabbione.

El octavo trabajo denominado "Utilización de herramientas de BI en proyectos de investigación. Caso de estudio: Hogar tipo argentino" de Moreno, Jara, Luque Vazquez y Rubiolo, consiste en un proyecto que se enfoca en la creación de una guía de buenas prácticas aplicadas a hogares para contribuir en la reducción de la huella de carbono mediante la implementación de inteligencia de negocios (BI). La caracterización del sector residencial, mediante la utilización del software y procesos de BI, permite calcular y establecer índices y correlación entre los parámetros analizados, con el fin de estudiar el comportamiento de los hogares de las diferentes regiones. Luego, mediante proyecciones y escenarios se logra analizar el impacto de la aplicación de las buenas prácticas definidas.

Por último, el trabajo "Estrategia Lean 4.0, la optimización de procesos industriales en el marco del paradigma Industria 4.0" tiene como objetivo la generación de metodologías para facilitar la adopción del modelo de gestión lean y el paradigma industria 4.0. Se indaga sobre los efectos de la complementación de ambas, analizando cómo el modelo industria 4.0 puede facilitar y fortalecer la adopción de la metodología lean. Sus autores son Walas Mateo, Tornillo, Orellana Ibarra, Fretes y Seminario Vilc.

El aporte conjunto de todos los trabajos del eje fomenta una comprensión más profunda y holística de los problemas, enfoques y estrategias relacionados a la implementación de las tecnologías de la era analítica, facilitado la exploración de nuevas perspectivas, la identificación de soluciones creativas y el abordaje de los obstáculos comunes que surgen en su adopción, contribuyendo así a su éxito y desarrollo sostenible.

Minería de datos y simulación sobre un sistema de stock y transporte

Agustín Bosio, Mariana Bazán, Héctor Núñez, Luis López, Cristóbal R. Santa María

DIIT-UNLaM
Florencio Varela 1903 San Justo Pcia. de Buenos Aires
54-011-44808952
abosio@unlam.edu.ar
marianasbazan@gmail.com
hnuniez@unlam.edu.ar
llopez@ing.unlam.edu.ar
csantamaria@unlam.edu.ar

RESUMEN

Las técnicas de modelado aplicadas a distintas ramas de la industria y los servicios han demostrado su eficiencia para planificar, controlar y optimizar costos. Sin embargo, en muchos campos por simple hábito, por urgencia de los tiempos de entrega, o por considerar costosa o engorrosa su implementación, no se hace uso de esta poderosa herramienta para la decisión óptima. Con el ejemplo de operatoria de una empresa del área de logística, dedicada al alquiler de pallets, se pretende mostrar la eficacia del modelado frente al uso de métodos heurísticos basados en la idoneidad de los operadores. Desde distintos almacenes ubicados en el país la empresa distribuye a clientes de todas las provincias los pallets, organizando el transporte, la recuperación y la reparación de acuerdo a la demanda general. Se involucran cuestiones de registro y proceso de los datos, de stocks, de demanda, de transporte, de reparación e inutilización, en los costos de una operatoria que presenta “cuellos de botella” en los cuales no llega a satisfacerse toda la demanda. Con base en la explotación de los datos existentes se determinaron los patrones de comportamiento del sistema. Dado esto se propuso entonces realizar un modelo de simulación que vincule todos estos aspectos y de una respuesta óptima en términos de costos y beneficios. Para ello se combinan técnicas estadísticas, de explotación de datos y de simulación cuyo empleo podrá servir como marco metodológico general para casos similares. Este desarrollo se realiza dentro del Programa de Incentivos a la Investigación en la Cátedra de Investigación Operativa de UNLAM

Palabras Claves: Stock-Demanda-Transporte-Minería de Datos-Simulación

ABSTRACT

Modeling techniques applied to different branches of industry and services have demonstrated their efficiency in planning, controlling and optimizing costs. However, in many fields due to simple habit, the urgency of time, or because its implementation is considered costly or cumbersome, this powerful tool is not used. The operation of a company in the logistics area, dedicated to the rental of pallets, is presented here as an example, and it is intended to show the effectiveness of data mining techniques, together with simulation modeling, compared to the use of methods based on heuristics, and suitability of operators. From different plants located in the country, the company distributes its stock pallets to its customers in all provinces, organizing transport, recovery and repair according to general demand. Issues of stocks, demand, repair and disablement are then involved in the costs of an operation that presents "bottlenecks" over time, during which not all demand is satisfied. Based on the exploitation of existing data that determines the behavior patterns of such a system, it is, then proposed to formulate a simulation model that links them and provides an optimal response in terms of costs and benefits. Statistical, data mining and simulation techniques are combined whose use also aims to provide a general methodological framework to address similar cases. This development is carried out within the Program of Incentives for Research in the Chair of Operational Research of UNLAM

Keywords: Stock-Demand-Transportation-Data Mining-Simulation

1. INTRODUCCIÓN

Se parte del conocimiento experimental de la operatoria de una empresa con actuación en el ámbito nacional que adquiere, almacena, distribuye en alquiler, repara y repone cantidades variables de un producto de uso masivo en logística. Se trata de pallets. Para ello dispone de varias plantas ubicadas en distintos puntos geográficos del país en tanto sus clientes se hallan diseminados también sobre todo el territorio nacional. El stock con que se cuenta para esta operatoria está mayormente distribuido entre los diferentes clientes, desde los cuales deberá ser trasladado a alguna planta, reparado o desechado allí, si correspondiera, y luego tal vez incrementado para satisfacer la dinámica de la demanda. La demanda de pallets es satisfecha entonces desde las distintas plantas de distribución o por remisiones directas desde los fabricantes en el caso en que sea material nuevo que adquiere la empresa. Los pallets se transportan y entregan teniendo en cuenta los criterios de celeridad y cuidado, distancia geográfica y costos de envío. En ciertas oportunidades se producen “cuellos de botella” durante los cuales la alta demanda no puede ser cumplida satisfaciendo los criterios apuntados. La operatoria se resuelve actualmente en forma empírica basada en la idoneidad de los operadores más que en adecuados cálculos que optimicen su costo global y atenúen o eliminen los “cuellos de botella”. Por estas razones se ha pensado en diseñar un modelo del sistema que permita considerar la interrelación entre la demanda, el stock y los costos. De tal forma, se espera contar con una herramienta de simulación que, variando dinámicamente condiciones de demanda, tamaño de stock y costos, permita evaluar las decisiones óptimas en cuanto a transporte e inventario.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Datos disponibles

Se cuenta con datos de la operatoria durante un año volcados sobre una planilla Excel. Corresponden a 3148 instancias que representan la misma cantidad de envíos de pallets desde las plantas de distribución hacia los clientes en el período comprendido entre el 10 de marzo de 2017 al 31 de marzo de 2018. La primera columna es para la variable cualitativa que establece si el material es nuevo o usado. La segunda contiene la fecha de carga y la tercera la de descarga. La cuarta es el número interno de envío, la quinta establece el tipo de pallets que contiene el envío, la sexta la cantidad de pallets en el envío. Séptima y octava columna están reservadas para la planta de origen y el cliente de destino respectivamente. La novena corresponde al transportista que realiza el viaje y la décima es la variable que establece si el despacho se canceló, se rechazó o fue efectivizado. La siguiente columna es para observaciones y luego hay dos columnas más donde se consignan costo total del envío y costo por cada pallet. La planilla es acompañada por otras que establecen el número de viajes por fecha, los viajes de recupero de pallets realizados y una de costos por unidad.

2.2. Ideas de Modelado

La idea principal es integrar el modelo del sistema con tres bloques correspondientes a demanda, stock y costos. A través del proceso de explotación de los datos se busca establecer los patrones que rigen sus comportamientos, las variables que puedan resultar de interés para la decisión y la escala temporal con la que resulte adecuado trabajar. También se verá en esa etapa que hipótesis deben adoptarse para cubrir faltas de información, cómo debe ser el registro de la operatoria a futuro para alimentar nuevas simulaciones sin necesidad de nuevas fases de explotación y, en general la granularidad con la que considerar cada variable.

La secuencia de modelado requerirá conocer la Demanda de los clientes, determinar el Stock disponible para cubrirla y finalmente evaluar los Costos sumando los de transporte a los de reposición y/o arreglo del material. Se tratará de considerar en primer término un esquema que englobe estos aspectos relacionalmente con hipótesis lo más generales posibles para luego ir particularizando en las situaciones específicas que la operatoria conlleva. Debe observarse que en este sistema el stock total con que cuenta la empresa es itinerante pudiendo encontrarse cada pallet en una planta propia, en un cliente o en tránsito lo que requerirá establecer un stock disponible a intervalos fijos de tiempo para satisfacer una demanda que también deberá considerarse en

adecuados intervalos temporales. Sobre esto habrá que establecer los cálculos de costos y los parámetros y variables a tener en cuenta para resolver las situaciones de faltantes.

2.3 Curado de la Base de Datos

Se comenzó por dar nombres a las variables de la base de datos (planilla BD) que representen adecuadamente su contenido. Allí donde fue necesario se modificó el tipo de dato para hacerlo numérico o categórico según las necesidades funcionales y el software a utilizar. Se estudiaron los datos faltantes y las inconsistencias provenientes de la utilización de distintos nombres para un mismo caso de algunas variables. Esto se hizo particularmente necesario en las variables nominadas como Origen y Destino donde existían plantas y clientes singulares que figuraban bajo distintas nominaciones. En la variable Destino además se consideró como uno el caso del cliente que tuviera depósitos receptores distintos, próximos geográficamente, pues estas diferencias no tenían incidencia alguna en los costos. En la variable Origen se observó que algunos correspondían a Fabricantes que enviaban directamente los pallets adquiridos por la empresa a los clientes y los demás a plantas de la empresa, lo que se tuvo en cuenta en el análisis como se detallará más adelante. Además, al considerar los pares Origen-Destino se observó que algunos orígenes correspondían a clientes que enviaban pallets a las plantas, es decir que se habían registrado de esa forma algunos retornos, lo que requirió tipificar cada instancia con una variable Tipo de Destino, A o B. Esto sin duda representa un desorden de registro que debe solucionarse a futuro. La variable Tipo de Pallets contiene los casos Arlog, muy mayoritario, Europeo, Perimetral y unas pocas instancias Sin Identificar. Se decidió no considerarla en el armado inicial del modelo porque los costos de transporte eran los mismos y porque el stock y la demanda son en realidad para cada tipo por lo cual, una vez armado el esquema, podría fácilmente particionarse adecuadamente replicándolo para cada caso. Por último, se consideró necesario crear la variable Mes a partir de la variable Fecha de Carga para poder así cumplir con la idea de tomar el mes como la unidad temporal si así se lo decidiera. Del resto de las planillas disponibles se consideró muy útil aquella que contiene los retornos de pallets. En ella la variable Origen indica el cliente que envía los pallets o a veces el depósito del transporte desde donde salen, el Destino es la variable que indica la planta de la empresa a la que los pallets retornan. Hay que anotar aquí que los pallets no siempre vuelven a la planta de la que salieron lo que requerirá una compensación interna de la empresa que se analizará más adelante. Los costos totales por cada origen-destino, la cantidad anual de pallets y el número de viajes realizados al año figuran en sendas variables. Se nombró adecuadamente las variables, se les asignó su tipo adecuado, se estudiaron faltantes y outliers, y se observó especialmente que los nombres de destinos y orígenes fueran consistentes con los establecidos en la base de datos. Por otra parte, se notó que no existe discriminación por tipo de pallet en estos datos lo que abonó aún más la idea de considerarlos todos en una única clase hasta lograr una registración adecuada. La planilla de costos también adjuntada se refiere al costo de cada pallet y no a su transporte. Consigna su costo nuevo, los costos de reparación, de inspección y de tratamiento térmico, pero tampoco consigna estas cifras discriminando por tipo de pallet. Por supuesto en todo este trabajo se tuvo en cuenta la perspectiva de modelado que se consideró inicialmente y las posibles transformaciones a realizar para explotar los datos.

2.4. Explotación de datos

Disponer los datos para que respondan a la idea de modelo concebida, requiere distintas transformaciones de formatos y variables basadas en decisiones tomadas en consulta con quienes efectivamente llevan adelante la operatoria de la empresa. No cualquier simplificación ni agrupación de variables, realizada en forma general y sin conocimiento específico, resulta adecuada. Sin embargo, se logró llevar a cabo algunas que permitieron compactar y hacer más ágiles los cálculos y la visión de los resultados. Por otra parte, las variables tomadas en cuenta o diseñadas deben poder expresar las relaciones entre los distintos bloques del modelo. Ambos aspectos de presentación y contenido de las variables resultan entonces el primer paso necesario para la explotación de los datos. Como consecuencia de esto los datos se transformaron y dispusieron en tres bloques según se detalla.

2.4.1. Demanda

Para procesar los datos se comenzó ordenando las instancias según la fecha carga. A continuación, se analizaron los orígenes desde los cuales salen los pallets. Se observó que había dos tipos de orígenes. Uno que correspondía a Fabricantes que enviaban directamente los pallets nuevos adquiridos por la empresa a los clientes, y el otro que se refería a las Plantas (o Paleteras) de distribución de la empresa desde donde pallets ya usados, recuperados y eventualmente reparados eran enviados nuevamente a clientes. Luego del curado de los datos se obtuvo entonces la distribución de la Tabla 1 que muestra el aporte de cada planta (paletera), en cantidad de transportes realizados, a la satisfacción anual de la demanda de los destinos y el aporte realizado directamente desde los fabricantes de pallets nuevos.

Tabla 1 *Frecuencias absolutas de envíos mediante camión*

Origen	Total	Porcentaje	
Fabricante 1 Colonia Caroya	219	6,96	
Fabricante Campana	133	4,23	
Fabricante Federación		146	4,64
Fabricante Misiones	205	6,52	
Fabricante Rosario	176	5,59	
Paletera Cba. Capital	204	6,48	
Paletera Chaco	254	8,07	
Paletera La Plata	46	1,46	
Paletera Mar Del Plata	37	1,18	
Paletera Mendoza	136	4,32	
Paletera Santa Fe	24	0,76	
Paletera Tigre	255	8,11	
Paletera Tucumán	242	7,69	
Planta AMBA Norte	1069	33,98	
Total	3146	100,00	

Se plantea además un problema que debe resolverse. Al considerar que los datos cubren un lapso temporal de aproximadamente un año se observa que la demanda de los clientes medida en cantidad de entregas mediante camión anuales tiene una gran dispersión por lo cual hay que establecer adecuadamente la unidad temporal a considerar. Si se tiene en cuenta que los datos de retorno de pallets aportados en cuanto a cantidades y viajes consideran el total en 13 meses, de marzo 2017 a marzo 2018, parece una buena idea establecer inicialmente el mes como la unidad temporal. Esto resulta coherente con el tiempo que, en términos habituales, los pallets permanecen en poder de los clientes, aproximadamente unos dos meses. Cabe aclarar además que se resuelve tomar la fecha de carga, que es la fecha en la cual la empresa dispone los pallets para envío a efecto de establecer la demanda. Mes a mes hay entonces una demanda de los clientes sobre cada planta de la empresa que se transformará en la función de extracción del stock. Esto lleva a integrar la demanda de los clientes que se realiza sobre una misma planta. En realidad, a efecto de evaluar el stock mes a mes en cada planta es necesario elaborar un poco más estos datos observando el mes que corresponde a la fecha de carga de cada transporte y la cantidad de pallets transportada en cada oportunidad. Así puede establecerse la cantidad que cada fabricante y planta (o paletera) debe enviar por mes hacia los clientes. Entonces, una vez determinados los transportes mensuales hay que calcular la cantidad de pallets que llevan en total, considerando además como ya se dijo, todos los tipos de pallets en conjunto. La Tabla 2 muestra los resultados de haber realizado este trabajo.

Tabla 2 Demanda mensual sobre Fabricantes y Paleteras. Frecuencias absolutas en pallets

Origen	M1P	M2P	…	M12P
Fabricante 1 Colonia Caroya	0	18348	…	10274
Fabricante Campana	4800	6624	…	3200
Fabricante Federación	400	6352	…	5900
Fabricante Misiones	11900	7260	…	10700
Fabricante Rosario	7400	7400	…	5600
Paletera Cba. Capital	2400	1690	…	0
Paletera Chaco	9414	7200	…	9538
Paletera La Plata	2320	3200	…	400
Paletera Mar Del Plata	780	750	…	250

Paletera Mendoza	400	400	…	1990
Paletera Santa Fe	0	0	…	0
Paletera Tigre	10070	18802	…	5000
Paletera Tucumán	7560	9576	…	3456
Planta AMBA Norte	37820	21700	…	3369

Esta tabla será insumo de la simulación a efectuarse y en adelante recibirá el nombre de Tabla Input.Demanda Adicionalmente se considera solo una parte de esta tabla en la cual se tiene solo la demanda efectuada a los fabricantes mes a mes. Esta nueva Tabla Input.Demanda.Fabricantes será útil a efecto de cubrir según la distribución mensual de demandas los faltantes de stock que se produzcan. A continuación, se traspuso la Tabla.Input.Demanda de modo tal que cada fabricante o paletera resultara una variable para el trabajo de simulación estadística ulterior. A tal fin, para cada una de estas variables, también se calculó su máximo y su mínimo lo que quedó registrado en la Tabla Input.min.Max.Demanda.

2.4.2 Stock

El stock disponible mes a mes se integra con los pallets que ya están acumulados en las distintas plantas como excedente no comercializado durante ese lapso, los que retornan a ellas desde los distintos clientes y los que se compran nuevos para cubrir ampliaciones de demanda y roturas, pérdidas etc. que se hubieran producido. Es decir, cada planta debe contar con un perfil disponible de stock anual detallado mes a mes. Como ya se apuntó hay registro de transportes que regresan pallets hacia las paleteras para inspección, reparación o descarte, y nuevo envío. Ese flujo esta detallado, por imperio de un registro de datos desordenado, en dos lugares. Por un lado, se encuentra en la base de datos expresado como viajes que se realizan desde los clientes hacia las plantas (o paleteras). En la expresión de esos datos han tenido que corregirse distintas inconsistencias nominativas. El otro lugar donde se encuentran datos similares es en la planilla de Retornos. Allí nuevamente se hizo necesario resolver inconsistencias. En esta planilla además del origen y destino, hay una variable que detalla los costos totales del transporte para cada par origen-destino, la cantidad de pallets totales retornados durante el año, la cantidad de viajes, y las cantidades de pallets promedio por viaje y por mes. Para evaluar la existencia de stock mes a mes en cada paletera deberá entonces consolidarse la información de los pallets existentes en cada planta (o paletera) con los aportes de los recuperos indicados en la base de datos más los retornos indicados en planilla separada. Tipificados con distinto nombre según su lugar de registro, los recuperos y los retornos involucran siempre el regreso de pallets a las plantas o paleteras para formar parte del stock. Se denominó recuperos mensuales a los retornos anotados en el caso B de la variable Tipo de Destino que se asocia con el tránsito interno de la empresa, producido desde un cliente hacia una planta o paletera, o como viajes entre plantas y/o paleteras. Con el auxilio de la variable Mes puede establecerse la cantidad de viajes de este tipo efectuados por mes a los destinos donde los pallets serán acopiados para su posterior reenvío a clientes. Se construye entonces la Tabla 3 que informa los recuperos en cantidad de pallets por mes.

Tabla 3. Recuperos por mes. Frecuencia absoluta en pallets

Destino	M1P	M2P	…	M12P
Paletera Cba Capital	0	0	…	1990
Paletera Chaco	0	0	…	0
Paletera La Plata	2400	0	…	0
Paletera Mar Del Plata	1080	360	…	0
Paletera Mendoza 1	400	0	…	0
Paletera Santa Fe	0	1000	…	500
Paletera Tigre	800	0	…	800
Paletera Tucuman	0	0	…	1560
Planta AMBA Norte	0	480	…	0

El tema de los retornos resulta un poco más complejo ya que no están desglosados por mes ni por cantidad de pallets. La solución propuesta a este problema fue considerar, en consulta con la empresa, el momento habitual en que retornaban los pallets alquilados. Se consideró así entonces,

que los retornos se producían dos meses después del envío hacia el cliente desde una planta. Sin embargo, no necesariamente los pallets que llegan a un cliente desde una paletera o planta regresan al mismo lugar de modo que se apeló al criterio empírico de cercanía y al origen, en cada caso, para decidir en cual fecha y planta los retornos se podían suponer efectivizados. Hay que destacar aquí que el problema surge, no de la imposibilidad de realizar un mejor registro de toda esta operatoria de carácter mensual, sino del hábito que más o menos idóneamente se ha establecido para producir los retornos y registrarlos. Perfectamente se podría a partir de los requerimientos de modelado optimizador organizar los viajes de retorno y tomar estas estadísticas en forma más detallada y óptima. Esta es justamente una de las causas por las que se planteó la necesidad del modelado a efecto de minimizar costos, ya que la contabilización del real stock mensual de pallets en cada planta resulta, en los hechos, aproximada en forma grosera. Al adoptar criterios heurísticos para realizar el modelado y aconsejar luego un registro estadístico distinto y ajustado a la necesidad del modelo, se logra despejar el grado de incertidumbre sobre este aspecto crucial de la operatoria logística. Hay que considerar además que los pallets regresados son siempre menos que los enviados pues hay pérdidas, robos y destrucciones en un porcentaje que en la operatoria real actual se estima, una vez más, con aproximación grosera. Esta estimación deberá contemplarse al realizar la simulación a través, por ejemplo, de un parámetro fijado por el usuario que establezca un porcentaje de pérdida en la operatoria. La Tabla 4 muestra un ejemplo de cómo se dispone luego de todo el trabajo relatado la información de retornos.

Tabla 4. Retornos por mes. Frecuencias absolutas en pallets y viajes

Origen	Destino		Pallets	Viajes		M1P	M12P
Cliente 1 - Villa Mercedes.	Paletera Cba Capital	3600	9	1600	…	0	
Cliente 10 - Santa Fe	Paletera Santa Fe	800	3	0	…	0	
Cliente 11 - Pilar	Planta AMBA Norte	2520	6	0	…	0	
Cliente 12 – Cipolletti.	Paletera La Plata	1100	5	0	…	0	
Cliente 13 – Rosario	Paletera Chaco		405	1		0	....

Con la información de los recuperos, mes a mes, extraídos de la base de datos, y con la tabla de retornos por mes realizada integrando los datos existentes con hipótesis razonables de operación, se está en condiciones de establecer el stock real existente, mes a mes, para cada paletera o planta. Para esto se comienza por sumar las cantidades retornadas y recuperadas de pallets y disponerlas según la Tabla 5.

Tabla 5 Input Recuperación. Frecuencias absolutas en pallets

Destino	M1P	M2P …	M12P
Paletera Cba Capital	17224	14200 …	11462
Paletera Chaco	5188	6150 …	4405
Paletera La Plata	2722	0 …	800
Paletera Mar Del Plata	1330	1360 …	1250
Paletera Mendoza 1	2100	2000 …	1560
Paletera Santa Fe	2800	8200 …	4100
Paletera Tigre	800	43200 …	800
Paletera Tucuman	6828	0 …	1560
Planta AMBA Norte	49690	18850 …	52940

La Tabla 5 será otro insumo de la simulación bajo la denominación Input.Recuperación A efecto de la simulación resulta útil trasponer esta tabla para considera como variable cada origen y hallar sus máximos y mínimos de demanda. Esto se vuelca en la tabla Input.min.Max.Recuperación Para determinar el stock real mes a mes la información de recuperos y retornos deberá integrarse con la demanda sobre las plantas que efectúan los clientes. Esta se obtendrá de la tabla denominada Input.Demanda. Puede verse en la Tabla 6 como quedan estructurados estos datos.

Tabla 6. Input.Demanda. Frecuencias absolutas en pallets

Origen	M1P	M2P	…	M12P
Paletera Cba Capital	2400	1690	…	0
Paletera Chaco	9414	7200	…	9538
Paletera La Plata	1600	3200	…	400
Paletera Mar Del Plata	780	750	…	250
Paletera Mendoza	400	400	…	0
Paletera Santa Fe	0	0	…	0
Paletera Tigre	5670	18802	…	5000
Paletera Tucuman	7560	9576	…	3456
Planta AMBA Norte	34260	21340	…	33692

Se puede establecer que si hay faltantes de stock, deben cubrirse con adquisición de más pallets a los fabricantes, restando al stock disponible las cantidades de pallets demandadas a cada planta o paletera. Con todo, esta es una cuenta estática y no muestra adecuadamente la dinámica de la operatoria pues, en el caso de existir un sobrante de pallets en una planta un determinado mes, este será naturalmente destinado a cubrir la demanda del mes faltante por lo cual hace falta reflejar esta dinámica en el modelo. De este modo se cubren los faltantes de stock con pedidos a fabricantes y la simulación permitirá establecer a que fabricantes pedir desde que paleteras o plantas. Mes a mes se dispondrá de esta información y podrán compensarse anualmente los desequilibrios que ocurran sin afectar la satisfacción de la demanda.

2.4.3 Costos

Los costos tienen básicamente dos componentes: el costo de los pallets y el costo del transporte. La empresa no ha informado sobre costos de almacenamiento ni restricciones de espacio para realizarlo en cada paletera, aunque el modelo podría eventualmente incorporarlos con modificaciones sencillas. El costo de los pallets nuevos se obtiene de la planilla Costos Pallets donde no hay discriminación por tipo de pallets. Para obtener el costo total mensual por compra de pallets nuevos habrá que multiplicar la cantidad de pallets mensual que entrega cada fabricante por lo que se denominará Input.Costo.Pallet en la entrada a la simulación y que no es otra cosa que el costo por pallet nuevo. Los costos de transporte se relacionan con la distancia a recorrer entre paleteras o plantas o fabricantes y clientes. En una primera instancia se ha tenido en cuenta que la provisión de los clientes desde plantas, paleteras o fabricantes se realiza siguiendo criterios de cercanía. Esto hace posible establecer un costo promedio por pallet transportado desde cada origen a los clientes que abastezca. Tal información se obtiene de la base de datos aportada y es expuesta en la Tabla 7.

Tabla 7 Costo de transporte por pallet

Fabricante 1 Colonia Caroy..	31,23
Fabricante Campana	22,39
Fabricante Federación	11,76
Fabricante Misiones	35,63
Fabricante Rosario	9,77
Paletera Cba Capital	27,24
Paletera Chaco	37,76
Paletera La Plata	20,69
Paletera Mar Del Plata	13,23
Paletera Mendoza	43,52
Paletera Santa Fe	20,45
Paletera Tigre	11,63
Paletera Tucumán	20,73
Planta AMBA Norte	16,53

La Tabla 7 será entonces la entrada Input.Costo.Transporte en el modelo de simulación. Para establecer el costo de transporte por cada pallet que se reintegra a una planta o paletera se pueden usar los mismos costos pues si bien no siempre los pallets regresan al mismo lugar desde donde fueron enviados la alternativa de variarlo no implica en general costos distintos pues siempre se continúa empleando el criterio de cercanía. Vale aclarar que este criterio fijado originariamente en forma empírica se puede validar de acuerdo a los costos de transporte por pallets estableciendo una asociación entre cada origen destino y costo por pallet. Los pallets que reingresan al stock son inspeccionados lo que tiene un costo por pallet que se extrae de la planilla Costos

Pallets. Este costo entrará en la simulación como la cantidad Input.Costo.Inspección que deberá aplicarse a cada pallet reingresante. En forma inicial el modelo aplicará un porcentaje de roturas a reparar que implicará un aumento a sumar a los costos del transporte. Esté número será otra de las entradas de la simulación denominada Input.Porcentaje.Roturas y se aplicará al total de pallets retornados multiplicando la cantidad obtenida por el costo de reparación por pallet, también obtenido de Costos Pallets y cuya entrada en la simulación de denominará Input.Costo.Rotura. Todos los costos calculados deberán integrarse mes a mes para obtener el costo de operación total.

2.5 Modelado de simulación

La información obtenida por explotación de los datos ingresará como distintos Inputs, sean parámetros o tablas de datos, a la simulación. El objetivo es simular el comportamiento del sistema durante el siguiente período con distintos valores de los parámetros a efecto de minimizar costos y hacer una previsión económica y financiera de los mismos. La Figura 1 muestra un esquema general del modelo.

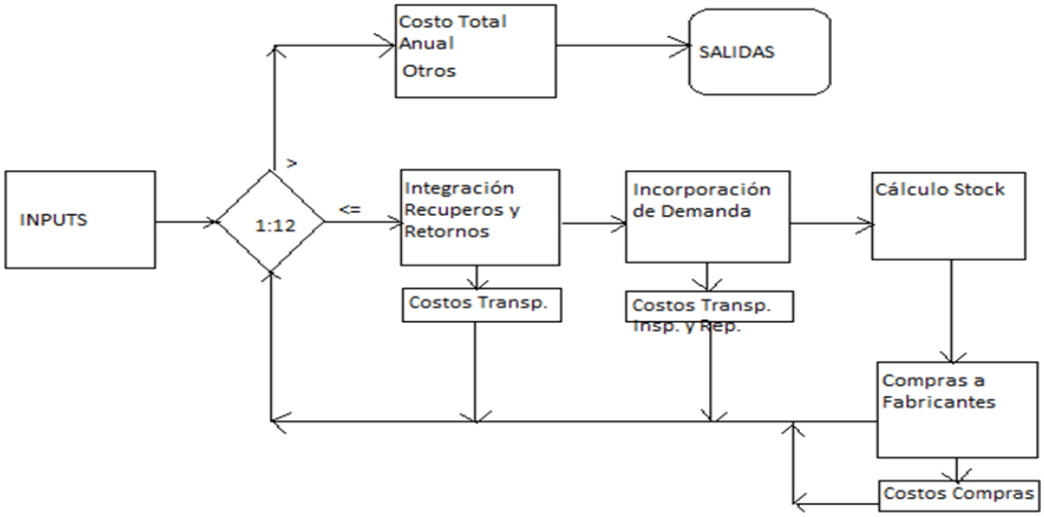


Figura 1. Esquema general del modelo

2.5.1 Entradas y Salidas

Las entradas al modelo de simulación son de dos tipos. El primer grupo está integrado por tablas extraídas de la explotación de datos realizada anteriormente y/o del registro estadístico que con igual formato pueda realizarse en adelante. El segundo grupo está constituido por los parámetros que caracterizan la operatoria.
Tablas de entrada: según lo ya visto las tablas de entrada serán las denominadas Input.Demanda, Input.Demanda.Fabricantes, Input.Demanda.Traspuesta, Input.min.Max.Demanda, Input.Recuperación, Input.Recuperación.Traspuesta, Input.min.Max.Rescuperación e Input.Costo.Transporte.
Parámetros de entrada: serán los valores de P (proporción de extravío, robo, destrucción) $0 \leq P \leq 1$, R (proporción de rotura $0 \leq R \leq 1$) Input.Costo.Pallet, Input.Costo.Inspección, e Input.Costo.Rotura. Todos estos estos parámetros son los que hacen dinámico al modelo

2.5.3 Incremento del tiempo

El modelo procederá a incremento de tiempo fijo. Es decir; las cantidades se actualizarán en forma mensual

2.5.4 Integración de Recuperos y Reintegros

Este bloque consistirá en la incorporación de la planilla Input.Recuperación al modelo.

2.5.5 Integración de la Demanda

Este bloque consistirá en la incorporación de la planilla Input.Demanda al modelo.

2.5.6 Cálculo de Stock

A efecto de establecer el stock es importante fijar una proporción de perdida, rotura total etc a través del parámetro P que puede tomar valores entre 0 y 1. Hay que aclarar que este coeficiente representa en realidad la proporción de pallets que no se recuperan por lo que su valor máximo es 1 cuando se lo hace con todos y 0 si no se recupera ninguno. Se multiplica cada columna de la planilla recuperación por este parámetro y se la denota Input.Recuperación.P El stock del mes de enero del primer año se integra con los recuperos más los retornos aportados por Input.Recuperación.P Cuando se resta a esa columna la demanda de enero, primera columna de la planilla Input.Demandas la cuenta puede dar positiva o negativa. Se constituyen así los residuos en falta o en exceso a agregar al stock disponible el mes siguiente. Si el residuo del mes de enero resulta positivo indicará sobrante y si es negativo faltante. Finalmente, entonces la primera columna del stock será la obtenida como se indicó y corresponderá al mes de enero del primer año. Ahora, para calcular el stock real (residuos) de febrero se suman a la primera columna la recuperación de febrero más los residuos del mes anterior y se restan las demandas del mes actual. Una vez más esta cuenta podrá dar positiva o negativa y constituye los residuos de febrero. Así se continua hasta el mes de diciembre. En cada mes se guarda entonces el residuo. La planilla completa con demandas, recuperaciones y residuos se guarda como Output.Stock.

2.5.7 Cálculos de Costos

2.5.7.1 Costos de transporte de recuperación

El material reingresado cada mes fue transportado desde los clientes a las paleteras. Los costos por pallets de esta operación se obtienen de la tabla Input.Costo.Transporte que permiten calcular el costo de reingreso a cada paletera de los pallets devueltos multiplicando su cantidad por el costo señalado. Hay que observar aquí que el cálculo de pérdidas, faltantes, así como la necesidad de reparaciones del material se efectúa una vez transportado de regreso a las paleteras, motivo por el cual debe trabajarse con la planilla Input.Recuperación original sin multiplicar por el parámetro P. Se construye una planilla de costos de transporte por recuperación que mes a mes va señalando estos costos. Luego será integrada al costo total mensual. Se utiliza el nombre Output.Costo.Transporte.Recuperación.

2.5.7.2 Costo de inspección

Utilizando las entrada Input.Recuperación y el costo de inspección por pallet que figura en Input.Costos.Pallets se calcula el costo de inspección multiplicando cada cantidad de Input.Recuperación por el costo respectivo. Se guarda en la planilla Output.Costo.Inspección

2.5.7.3 Costos de rotura y reparación

Sobre la planilla Input.Recuperación se calcula la cantidad de pallets rotos a reparar aplicando a cada cantidad por mes y paletera el coeficiente de rotura que es la entrada Input.Porcentaje.Rotura.R. De nuevo hay que aclarar que este coeficiente representa en realidad la proporción de pallets que no se rompen por lo que su valor máximo es 1 cuando no hay pallets rotos y 0 si se rompieron todos. A las cantidades así obtenidas se las multiplica por el parámetro Input.Costo.Rotura. Se guarda en Output.Costo.Reparación

2.5.7.4 Costos de Compra a Fabricantes

Se opera con la fila suma de la tabla Input.Demanda. multiplicando cada cantidad solicitada a cada Fabricante por el parámetro Input.Costo.Pallet. La salida de guarda en Output.Costo.Compras.

2.5.7.5 Costo de transporte demanda a Paleteras Con la entrada Input.Demanda se procede multiplicando cada cantidad de demanda sobre paleteras por el costo de transporte cargado en Input.Costo.Transporte. Esto se guarda en Output.Costo.Transporte.Demanda.Paleteras

2.5.7.6 Costo de transporte demanda a Fabricantes

Se opera con la fila suma de la tabla Input.Demanda. multiplicando cada cantidad solicitada a cada Fabricante por el costo de transporte cargado en Input.Costo.Transporte. Esto se guarda en Output.Costo.Transporte.Demanda.Fabricantes

2.5.7.7 Costos totales

Las cantidades que figuran el cada una de las salidas de costos Output.Costo.Transporte.Recuperación, Output.Costo.Inspección, Output.Costo.Reparación, Output.Costo.Compras, y Output.Costo.Transporte.Demanda.Paleteras y Output.Costo.Transporte.Demanda.Fabricantes se suman para cada mes obteniéndose la salida Output.Costos.Totales. Sobre esta se calcula el costo total anual.

2.6 Simulación de período anual

El procedimiento puede repetirse en adelante hasta simular todos los años que se desee. Cada año las entradas paramétricas pueden variarse pues el modelo da esa posibilidad. Lo mismo ocurrirá con la tabla de costos de transporte. Además, para preservar la distribución de la aleatoriedad presente en la operatoria las tablas correspondientes a recuperación y demanda pueden simularse. Con la información de mínimos y máximos de demanda sobre cada origen, obtenida de la Tabla Input.min.Max.Demanda, se genera una nueva demanda por origen colocando una observación uniforme entre el mínimo y máximo apuntado que corresponde a la demanda para un mes. Esto se repite los 12 meses para cada origen obteniéndose una nueva Tabla Input.Demanda sobre la hipótesis de que la distribución de la demanda por fabricante tiene un comportamiento aleatoriamente uniforme. Este supuesto puede reemplazarse por cualquier otro, incluido uno que siga la distribución empírica que se obtiene de los datos originales. En forma similar se procede a la simulación de la tabla Input.Recuperación a partir de los datos de mínimos y máximos obtenidos de la Tabla Input.min.Max.Recuperación Todo el programa que vincula las distintas planillas y realiza los cálculos y la simulación, fue realizado en lenguaje C. En cada corrida pueden seleccionarse todos los parámetros de entrada y con pequeñas modificaciones simular distintos comportamientos estocásticos de la demanda y la recuperación.

3. RESULTADOS

Se han realizado hasta aquí distintas pruebas. La corrida 0, que se realizó para comprobar el funcionamiento adecuado del programa, se introdujeron todos los datos y se supuso que no había pérdidas ni reparaciones a efectuar. Esto equivale al valor 1 de los parámetros P y R. Así se calculó el costo anual. Luego se realizaron corridas del programa simulando con distintos valores de parámetros P y R, para lo cual se adoptó el criterio de simulación basado en la aleatoriedad uniforme señalada pero solo para aquellos meses en los cuales los datos originales fueran distintos de cero. Si había cantidades nulas de demandas o recuperaciones se suponía que estas provenían de comportamientos estacionales que convenía mantener en la simulación. Las distintas salidas que se obtuvieron y que se muestran en la Tabla 8

Tabla 8 Simulaciones

Corrida Nº	Coeficiente P	Coeficiente R	Costos Totales	Stock Residual
0	1	1	349187946,79	332199
1	0,9	0,8	465862600,11	425526
2	0,80	0,70	420579739,77	281775
3	0,75	0,65	441645356,02	116033

Se observa que el costo en la corrida 0 es más bajo por cuanto se ha supuesto que no hay roturas ni pérdidas. El residuo de stock acumulado muestra que los pallets en poder de la empresa al cabo de un año cubren completamente la demanda y que los ocasionales cuellos de botella deben estudiarse pormenorizadamente allí donde ocurran. En cada una de las corridas siguientes se ha tomado la misma demanda inicial y la misma recuperación y se han variado los parámetros correspondientes a las pérdidas y roturas. Como era de esperar hay un sensible aumento de los costos cuando hay pérdidas y roturas. Sin embargo, el crecimiento del residuo de stock podría mostrar que resulta necesario ajustar con mayor precisión la representación aleatoria de la demanda y la recuperación utilizando las distribuciones empíricas observadas para las mismas en la fase de explotación de datos, descartando expresiones analíticas más sencillas como la distribución uniforme utilizada hasta aquí. Se observa que, si bien los costos se mantienen dentro del mismo orden de magnitud, la reducción del residuo de stock es coherente con los valores decrecientes de los parámetros P y R que representan un crecimiento de la pérdida y la rotura.

Para analizar los llamados cuellos de botella y tomar decisiones es útil observar los residuos de stock por paletera. La Figura 2 muestra los residuos en dos corridas. Se ve que, aunque existen faltantes de stock en algunas paleteras el total de stock disponible en el año es suficiente para cubrir toda la demanda. Por lo tanto, resolver los faltantes en algunas paleteras requiere establecer un mecanismo de compensación interna adecuado que mensualmente vaya cubriendo faltantes allí donde los hay.

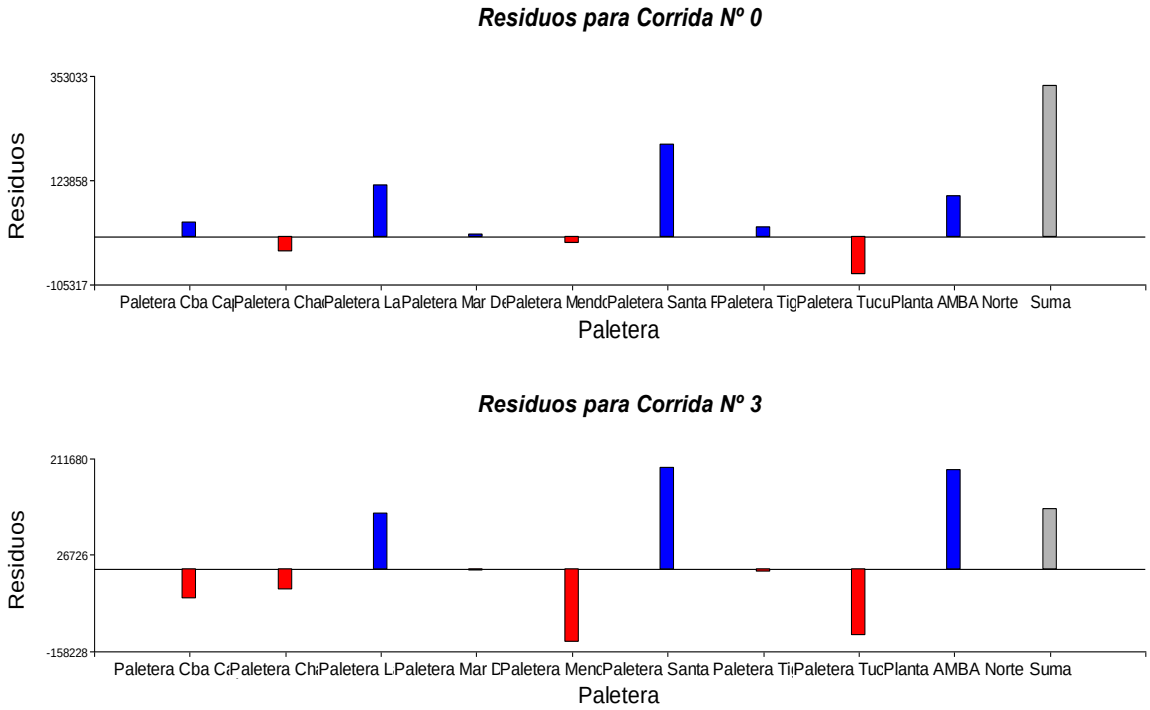


Figura 2. Análisis de faltantes de stock

4. CONCLUSIONES

El modelo desarrollado permite en primer término recomendar, a partir de la explotación de los datos realizada una forma de registro de operaciones que permita evaluar, programar y controlar, en forma más automatizada, la actividad de la empresa en función de satisfacer la demanda con mínimo costo. Tal cual muestra el grado de avance hasta aquí, se requiere ajustar el perfil estadístico de la demanda y de la recuperación de pallets para validar los parámetros y calibrar el modelo de acuerdo a la operatoria real observada. La estructura elegida facilita incorporar la variación de todos los costos reemplazando valores en sus planillas de entradas denominadas con el prefijo Input. De igual manera pueden considerarse diferentes situaciones de pérdida o necesidad de reparación de material. La capacidad de simular la operatoria para siguientes períodos permite predecir comportamientos e identificar problemas para tomar decisiones adecuadas. En particular la

posibilidad de observar mensualmente el stock en cada paletera según el esquema de demandas y recuperación de material en cada lapso temporal facilita las decisiones en pos de cubrir los “cuellos de botella” que dejan insatisfecha la demanda aun cuando se dispone de stock en forma global.

La continuidad del trabajo se orienta a considerar el registro completo de la actividad por tipo de pallets, cosa que las estadísticas tomadas hasta aquí en realidad no permiten, para facilitar un análisis más fino de la demanda, del stock y de los costos. Por otra parte, con datos obtenidos con esa precisión cobraría mayor sentido obtener la simulación sobre el comportamiento observado de la demanda y la recuperación. También sería de mayor relieve, en ese caso, programar una forma automática de compensación de los faltantes de stock, allí donde los hubiere, que tuviera un mínimo costo. Estas son entonces las direcciones en las que debe proseguir el desarrollo del modelo.

5. BIBLIOGRAFÍA

Ballou, R. (2004) *Logística: Administración de la cadena de suministro.* Pearson Education.

Browersox, D. J; Closs, D.J; Cooper M.B. (2007) *Administración y logística en la cadena de suministros*. McGraw-Hill

Cruz Herradón, A. M; de Prado Morante, S.R; y Meseguer Galán, P. (2020) *Gestión logística y comercial.* MacMillian Education.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2018) *InfoStat versión 2018*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL http://www.infostat.com.ar

Endres, D.; Schindelin, J. (2003) *A new metric for probability distributions*. IEEE Transactions on Information Theory. Vol. 49 N° 7 pp1858-1860.

Everitt, B. Landau, S. Leese, M.(2011) *Cluster analysis*. Wiley.

Gaffney,C. (2019) *Definition of Logistics Costs: Small Business-Chron.* https://smallbusiness.chron.com/

Gómez Aparicio, J. M. (2013) *Gestión logística y comercial*. McGraw-Hill.

Gómez M, R y Correa E, A. (2011) *Análisis del transporte y distribución de materiales de construcción utilizando simulación discreta en 3D.* Boletín de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia. rbct@unalmed.edu.co

Guerrero Salas, H. (2017*) Inventarios. Manejo y Control*. Ecoe Ediciones.

Han, J; Komber, M; Pei, J. (2011) *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann.

Hillier, F; Lieberman,G. (2010) *Introducción a la Investigación de Operaciones*. McGraw-Hill.

Jiménez Avello, A. (2013) *Simulación de procesos y aplicaciones*. Dextra.

Johnson, D. (2000) *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Thomson editores.

Marino, N. (2013) *Global facts.* Inbound logistics- Latam N°97. V7.2013 pp. 16-19

Mba Skool. Logistics Costs. (2019) https://www.mbaskool.com/business-concepts/operations-logistics-supply-chain-terms/14446-logistics-costs.html

Mora García, L. A. (2011) *Gestión logística en centros de distribución y almacenes y bodegas.* Ecoe Ediciones.

Paz, H. R. (2008) *Canales de distribución: Gestión comercial y logística*. Lectorum Ugerman.

Torres, M.M. (2014) *Gestión de stock*. Días de Santos.

Weil, M. I.T. (2013) *Toolki*t. Inbound logistics- Latam N°97. V7 pp. 12-18

Yong Shi, Yingjie Tian, Gang Kou, Yi Peng, Jianping Li (2011) *Optimization based data mining: theory and aplications*. Springer https://doi.org/10.1007/978-0-85729-504-0

APLICACIÓN INTEGRAL DE TÉCNICAS DE EXCELENCIA OPERACIONAL CON SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA MEJORA PRODUCTIVA EN UNA INDUSTRIA CERÁMICA

Heredia, Ignacio; Letier, Micaela; Roark, Geraldina
Chiodi, Franco; De Paula, Mariano.

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

nachoheredia5@gmail.com, micaelaletier@gmail.com, groark@fio.unicen.edu.ar, fchiodi@fio.unicen.edu.ar, mariano.depaula@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Actualmente las organizaciones productivas afrontan una era de constantes desafíos vinculados con la adaptación de sus procesos al nuevo paradigma productivo de industrias inteligentes, mercados globalizados, alta competitividad y personalización de productos. Bajo este escenario, las metodologías de excelencia operacional integradas con tecnologías de gemelos digitales juegan un papel preponderante para mejorar el desempeño empresarial y generar ventajas competitivas.
El presente trabajo expone un caso de aplicación conjunta del modelo TLS (TOC, Lean, Six Sigma) con técnicas de simulación de eventos discretos y diseños de experimentos, como base para generar una mejora en la capacidad productiva de una línea de porcelanato en una industria cerámica, ubicada en la provincia de Buenos Aires.
La metodología utilizada para su desarrollo se compone de cuatro (4) fases principales. Una primera fase de caracterización del proceso y cuantificación de recursos para el desarrollo de un modelo conceptual. Una segunda fase de desarrollo y validación del modelo computacional, utilizando FlexSim® como herramienta de simulación. Una tercera fase de diagnóstico, donde a través de la técnica VSM y la teoría de restricciones se identificó a la operación de cocción como cuello de botella del sistema. Y una última fase, de análisis, en la cual mediante un diseño de experimento unifactorial se evaluaron diferentes escenarios para potenciar la capacidad productiva de la línea implementando cambios en la estructura actual del horno.

Palabras Claves: TOC, Lean, Six Sigma, Simulación de Eventos Discretos (DES), FlexSim®

ABSTRACT

Currently, productive organizations face an era of constant challenges related to the adaptation of their processes to the new productive paradigm of intelligent industries, globalized markets, high competitiveness and product customization. Under this scenario, operational excellence methodologies integrated with digital twin technologies play a leading role in improving business performance and generating competitive advantages.
The present work exposes a case of joint application of the TLS model (TOC, Lean, Six Sigma) with discrete event simulation techniques and experimental designs, as a basis to generate an improvement in the productive capacity of a porcelain tile line in an industry. pottery, located in the province of Buenos Aires.
The methodology used for its development consists of four (4) main phases. A first phase of characterization of the process and quantification of resources for the development of a conceptual model. A second phase of development and validation of the computational model, using FlexSim® as a simulation tool. A third phase of diagnosis, where through the VSM technique and the theory of restrictions, the cooking operation was identified as the bottleneck of the system. And a last phase, of analysis, in which, through a unifactorial experiment design, different scenarios were evaluated to enhance the productive capacity of the line by implementing changes in the current structure of the furnace.
Keywords: TOC, Lean, Six Sigma, Discrete Event Simulation, FlexSim®

1. INTRODUCCIÓN

El entorno económico y de fabricación actual se caracteriza por una creciente incertidumbre y complejidad. En este escenario existe una imperiosa necesidad de una industria reformulada, que permita un mayor nivel de digitalización e informatización para elevar su eficiencia y competitividad [1]. En este sentido, la adopción de metodologías y herramientas de la administración de operaciones, junto a tecnologías vinculadas con la industria 4.0, constituyen una opción promisoria y sustentable para mejorar el desempeño empresarial, favoreciendo la gestión estratégica para el logro de objetivos con mayor eficiencia, productividad y competitividad [2][3].

Estudios actuales demuestran que los sistemas de mejora continua más efectivos en términos de reducción de costos y de mejora de calidad lo constituyen aquellos modelos que combinan la Teoría de Restricciones (TOC) con conceptos y herramientas de *Lean* y *Six-Sigma.*

En la literatura se evidencian múltiples implementaciones exitosas de los enfoques antes mencionados de manera individual, con relevantes aportes en la mejora de procesos, costos productivos, calidad, velocidad de respuesta, plazos de entrega y flexibilidad. [4].

Por otra parte, numerosos trabajos evidencian la aplicación de técnicas híbridas de mejora de procesos combinando dos de los enfoques citados para potenciar aún más las mejoras alcanzadas de forma individual.

En este sentido, existen varios artículos, que evidencian la fusión de herramientas y principios de *Lean* y *Six Sigma* mediante la metodología “LSS”, que apunta a maximizar el valor para los accionistas a través de productos y servicios de mejor calidad, costos bajos, procesos estables y predecibles. [5][6]. Con la metodología LSS se logra un desempeño superior en prioridades competitivas como calidad, confiabilidad y velocidad, generando un mayor rendimiento de los procesos y ventajas competitivas globales [7].

Otro enfoque híbrido que se aborda en la literatura consiste en la metodología sistemática *Lean* – TOC, que combina eficazmente el pensamiento lean con los principios y herramientas de la Teoría de Restricciones como base para la mejora de procesos y operaciones de manufactura, transporte y logística [8]. Esta metodología permite potenciar los resultados alcanzados de forma individual debido a que los principios y técnicas de tales enfoques se complementan entre sí. Cuando estas metodologías se utilizan de manera integrada, las limitaciones de TOC son compensadas por las virtudes de *Lean* y viceversa [9].

Finalmente, se identifican en la literatura aplicaciones combinadas de TOC y *Six Sigma* con el fin de maximizar la eficiencia en sistemas productivos con recursos limitados o definir, medir y analizar las fallas de los procesos de producción con menos esfuerzo [10].

A pesar de las relevantes potencialidades que exponen las metodologías antes citadas, existen escasos estudios que contemplen su implementación conjunta para obtener el máximo rendimiento y fortalecer el posicionamiento de empresas industriales ante los desafíos del entorno actual. [11].

En este contexto, [12] propone un modelo integrado de TOC, *Lean* y *Six-Sigma* (TLS), combinando de forma sinérgica y armónica las mejoras prácticas de las tres metodologías para fortalecer sus debilidades individuales y contribuir con mejoras relevantes en el desempeño de sistemas productivos. Dicho modelo utiliza las características de TOC para identificar la restricción del sistema y enfocar allí la mejora en pos de alcanzar la optimización global del desempeño del sistema. Por su parte, las herramientas de *Lean* y *Six-Sigma* son clave para maximizar la utilización de las restricciones y elevar sus capacidades a través de la eliminación de actividades que no agregan valor y la reducción de la variabilidad en los procesos. Investigaciones que aplican esta metodología integral en industrias manufacturas han evidenciado resultados sumamente satisfactorios. [13].

La conjunción del enfoque TLS con las tecnologías de la industria 4.0 puede aportar aún mayores beneficios a las empresas. Este nuevo paradigma productivo, facilita la optimización de los procesos, con mayor eficiencia y flexibilidad, incrementando la propuesta de valor ofrecida a los clientes [14]. Dentro de tales tecnologías, la Simulación de Eventos Discretos (DES) representa una relevante herramienta para desarrollar un modelo representativo de un sistema de producción, que permita el análisis de su desempeño, la detección de puntos de mejora, la predicción de comportamientos y la evaluación de alternativas de acción, de forma tal de facilitar la toma de decisiones, sin afectar la operación del sistema real. [15]

En la actualidad no existen suficientes estudios acerca de la integración de metodologías de excelencia operacional con tecnologías de I4.0, por lo que hay un gran espacio de investigación por explorar en esta temática. [16].
El presente trabajo consiste en un caso de aplicación conjunta de metodologías de mejora de procesos con simulación de eventos discretos y diseños de experimentos, para efectuar una mejora en la capacidad productiva de una línea de porcelanato, en una industria cerámica ubicada en la provincia de Buenos Aires.
El documento está estructurado de la siguiente manera: en la siguiente sección se describe un breve marco teórico de los principales conceptos abordados en el estudio. Seguidamente, se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación. En tercer lugar, se detallan las características del caso de estudio. Luego se abordan las diferentes etapas para el desarrollo del modelo de simulación. Y finalmente se exponen los resultados obtenidos y las conclusiones finales del trabajo.

2- REVISION DE LA LITERATURA

En esta sección se abordarán brevemente los principales conceptos utilizados para el desarrollo de una mejora en la capacidad productiva mediante la integración de enfoques de excelencia operacional y tecnologías de la industria 4.0. Para más detalle, el lector podrá referirse a las citas indicadas oportunamente.

2.1 - Teoría de restricciones – TOC

TOC se centra en la identificación y abordaje de las restricciones del sistema, diseñando e implementando formas efectivas para mejorar su desempeño y facilitar el logro de objetivos[17]. Tales limitaciones deberán ser el foco de las mejoras a realizar a través de los enfoques *Lean* y *Six Sigma*. La gestión de las restricciones permite reducir notablemente los inventarios y al mismo tiempo generar mejoras sistemáticas en el desempeño organizacional. Los cinco pasos que utiliza este enfoque consisten en: Identificar la restricción del sistema, explotar la restricción, subordinar el proceso a la restricción, elevar la restricción del sistema y evaluar restricción. Este ciclo es iterativo, repitiendo las etapas con la nueva restricción identificada en el sistema. [18].

2.2 - Six Sigma – SS

La metodología *Six Sigma*, por su parte, se enfoca en reducir la variabilidad de los procesos y sus defectos, contribuyendo a procesos más estables y predecibles a través del uso de herramientas estadísticas. La misma se basa en el método DMAIC (Define, Measure, Analize, Improve, Control) para aumentar la capacidad de los procesos, maximizando la calidad de sus productos y servicios, con la consecuente mejora en productividad y competitividad. [12].

2.3 - Manufactura esbelta – *Lean*

Durante la última década, el concepto Lean ha tomado mayor relevancia en empresas de manufactura. Sus técnicas y herramientas fueron desarrolladas para apoyar a las empresas en sus esfuerzos por mejorar los costos productivos, calidad, velocidad de respuesta, plazos de entrega y flexibilidad. Tal filosofía se focaliza en el agregado de valor al cliente y la eliminación de desperdicios mediante la aplicación del mapeo del flujo de valor (VSM) [19] y la resolución de problemas para alcanzar la mejora continua de los sistemas de producción.[4][20].

2.4 - Modelo TLS

El método integrado TOC, *Lean* y *Six Sigma* (TLS) implica el uso conjunto de las principales herramientas, principios y conceptos de los tres enfoques, contemplando para su aplicación las 5 fases de la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). En la fase Definir el objetivo consiste en identificar un problema o punto de mejora en el caso de estudio seleccionado. En este sentido, los enfoques *Lean* y TOC se utilizan para identificar desperdicios y restricciones del sistema en estudio como base para definir las áreas sobre las cuales se deben focalizar las mejoras y el objetivo del proyecto de mejora. En la fase Medir, se realiza un diagnóstico del estado actual del proceso respecto a la característica que se pretenden mejorar para identificar la línea base del proyecto. En la fase Analizar se identifica las causas raíz del problema definido mediante un análisis minucioso del sistema en estudio. En la Fase Mejora se desarrollan alternativas de acción para aportar a la problemática definida. Finalmente, en la Fase de Control se verifica si los resultados obtenidos son los esperados en el proyecto de mejora. Este procedimiento es un ciclo iterativo, ya que cada vez que se resuelve un problema se vuelve a aplicar el ciclo con la identificación de un

nuevo punto de mejora, aportando a la mejora continua de las operaciones en sistemas productivos. [13]. Tales etapas serán aplicadas en la presente investigación mediante el uso de copias virtuales para el diagnóstico y la evaluación de alternativas de mejora, en el caso de estudio seleccionado.

2.5 - Simulación de eventos discretos - DES

La simulación de eventos discretos (DES) es una herramienta de análisis indispensable para evaluar el impacto de cambios en un sistema productivo sin que sea necesario modificar el sistema real. Corresponde a una herramienta de análisis ampliamente difundida en el ambiente empresarial, con gran utilidad para dar soporte a la toma de decisiones relacionadas con la planeación de la producción e inventarios, así como con el diseño de los sistemas de producción y sus cadenas de suministro. [21].

Este tipo de modelado se utiliza para estudiar los sistemas y procesos cuyos estados van cambiando con el tiempo de forma discreta. La aplicación de esta herramienta permite representar situaciones complejas de la realidad bajo análisis, permitiendo extraer información y datos relevantes para facilitar la toma de decisiones.

3- METODOLOGIA

Para el desarrollo de réplicas virtuales mediante modelos de simulación de eventos discretos se utilizará el método propuesto por [22], el cual consta de tres fases principales: conceptualización, implementación y análisis de resultados, tal como puede observarse en la *Figura 1*.

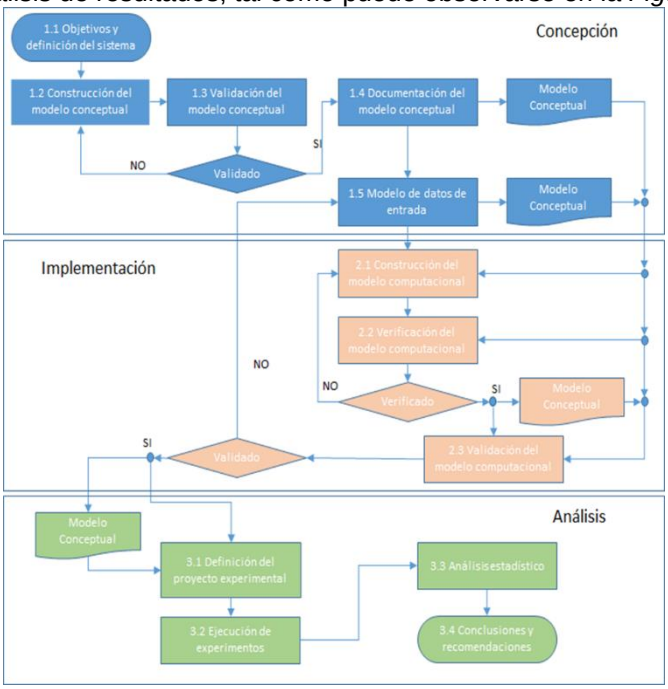


Figura 1. Método de conducción de una investigación de simulación. Fuente: [23].

Dentro de la fase “Conceptualización” se establece el alcance del problema, el objetivo del modelo y las restricciones del sistema en estudio. Dicha etapa incluye la construcción de 2 modelos principales: el modelo conceptual y el modelo de datos. El primero de ellos requiere del uso de técnicas de mapeo de procesos y el segundo se basa en la aplicación de técnicas estadísticas para su elaboración. Ambos modelos deben ser validados para comprobar que sus premisas sean consistentes con el sistema real, previo a su utilización para el desarrollo del modelo computacional.

En la fase “Implementación” se realiza la construcción del modelo computacional, considerando las variables de decisión, parámetros y restricciones del sistema en estudio. Para su ejecución es necesario la selección de un software de simulación específico. Su validación se efectúa a través de pruebas estadísticas que permitan cotejar su semejanza con la realidad.

Finalmente, la fase denominada “Análisis” consiste en la aplicación de un diseño experimental, donde se implementan un conjunto de alternativas de acción a simular, derivadas de la metodología TLS propuesta, y se analiza el impacto de sus resultados como base para la toma de decisiones.

4 - CASO DE ESTUDIO

4.1 – Breve descripción de la organización

El estudio se realizó en una empresa cerámica multinacional ubicada en la Provincia de Buenos Aires, líder en el sector de la construcción dedicada a la extracción, elaboración y comercialización de las riquezas del suelo, principalmente ladrillos y revestimientos porcelánicos y cerámicos. La mayor parte de sus inversiones se focaliza en la línea de producción de porcelanato, la cual fabrica los productos con mayor rentabilidad y mayor posicionamiento en el mercado. Los principales productos de esta línea corresponden a porcelanatos naturales y pulidos de diversos formatos, con una capacidad de aproximadamente 180.000 m^2 mensuales. Dentro de tales formatos los porcelanatos naturales de 60 x 120 representan el producto estrella en el volumen total de ventas y en la rentabilidad de la empresa, por lo que el estudio se focaliza en las características técnicas y procedimentales de dicho formato.

En el presente, la empresa en estudio no alcanza a abastecer la demanda del mercado respecto a los productos de esta línea por restricciones de capacidad. Ante este escenario el trabajo de investigación se enfoca en aplicar técnicas de simulación y de mejora de proceso para aportar alternativas de acción que impacten en una mejora de su capacidad para facilitar la captación del mercado no satisfecho.

5 - DEFINICIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

5.1 - Etapa de concepción del modelo

5.1.1 - Objetivos y definición del alcance del modelo

En la *Figura 2* se puede observar el diagrama de flujo completo de la línea de porcelanato.

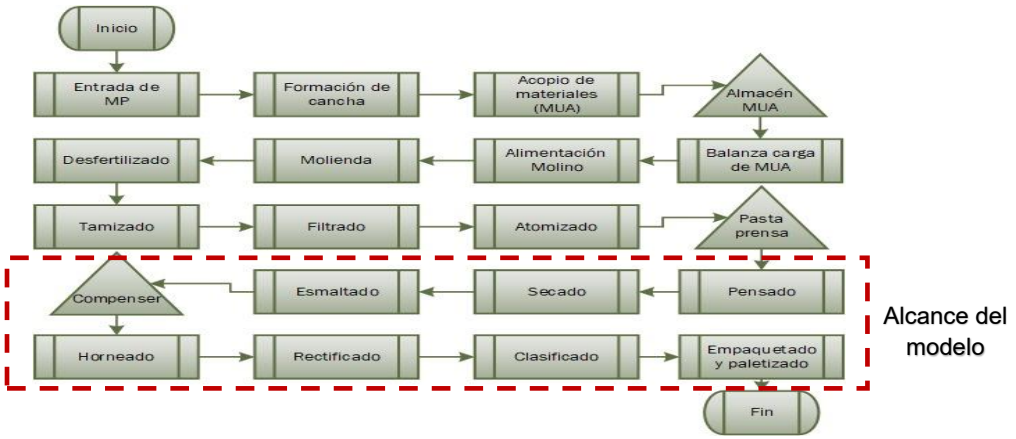


Figura 2. Diagrama de Flujo del proceso abordado e identificación del alcance del modelo.

El proceso comienza con la entrada de materias primas que se utilizan en la “formación de las canchas” para la obtención de una mezcla homogénea, denominada MUA. La MUA es almacenada a cielo abierto para su carga posterior en la balanza de alimentación de la etapa de molienda. En el proceso de molienda, se le adiciona agua y desfloculante para generar una pasta líquida. Dicha pasta, pasa por un proceso de desfertilización para efectuar la separación del material del hierro de su composición. Las siguientes etapas consisten en el proceso de tamizado, filtrado y atomizado que apuntan a reducir el porcentaje de agua de la pasta procesada hasta llegar al porcentaje deseado para su operabilidad en las siguientes etapas productivas. De esta forma culmina la etapa de molienda para pasar a la etapa de producción de placas de porcelanato. Esta etapa inicia con el proceso de prensado, donde con prensas hidráulicas y moldes, se le da forma al polvo atomizado conformando placas de tamaño estándar. Las piezas obtenidas se someten a una etapa de secado para reducir el contenido de humedad hasta un 0,2 a 0,5 %, de forma tal de permitir un adecuado desarrollo de las fases de esmaltado y cocción. En la etapa de esmaltado se realiza la impresión del patrón de diseño sobre las placas y la colocación de un esmalte para el sellado superficial y acabado final al producto. Partes de las placas resultantes de esta etapa son almacenadas en un compenser que actúa como pulmón para mantener el flujo continuo en las etapas posteriores. En la etapa de cocción, la placa es llevada hasta los 1200 °C provocando cambios en su microestructura que le confieren las propiedades deseadas. Finalizado este proceso se rectifican los bordes de las placas y las unidades se dirigen hacia el proceso de clasificación donde se descartan las placas no conformes y se agrupan las conformes según la calidad designada. El proceso de empaquetado

conforma las cajas de productos terminados y agrupa las mismas de a 6 unidas mediante precintos para su posterior paletizado, donde culmina el proceso.
El alcance del modelo contempla todas las operaciones desde prensado a paletizado por ser la parte de la línea más crítica en cuando a capacidad productiva. Por su parte el objetivo del modelo consiste evaluar alternativas de acción que posibiliten el aumento de la capacidad de la línea, incrementando la capacidad de sus restricciones.

5.1.2 Construcción del modelo conceptual

A partir de los datos recopilados en el proceso de porcelanato bajo análisis, se diseña el modelo conceptual siguiendo los lineamientos propuestos por la metodología IDEF-SIM [24]. Los elementos principales de esta metodología se resumen en la siguiente figura:

Figura 3. Elementos y símbolos utilizados en la metodología IDEF-SIM. Fuente: [24].

El modelo desarrollado se presenta en la *Figura 4*. Su validación se realizó mediante la modalidad "*face-to-face*", la cual consiste en una revisión exhaustiva de cada etapa del modelo para corroborar su correspondencia con el sistema real a analizar. En dicha revisión se involucró al gerente de la planta, a los responsables de los sectores de producción y mantenimiento, y al equipo de investigación encargado del desarrollo del modelo.

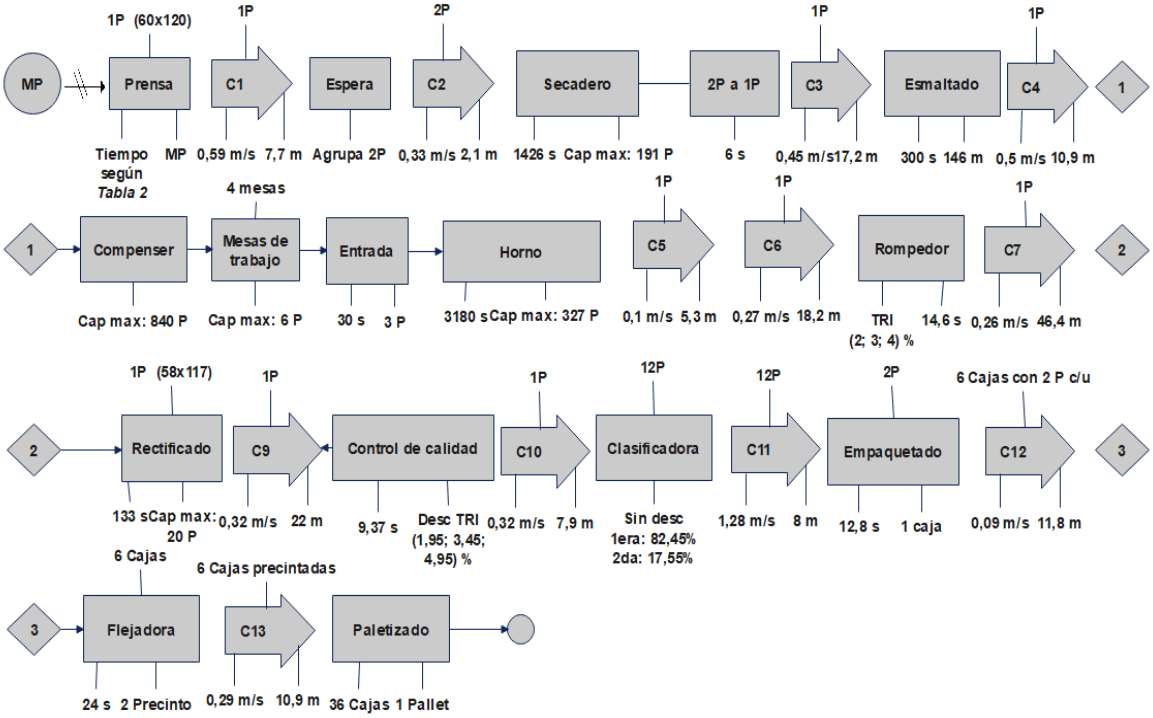


Figura 4. Diagrama IDEF-SIM del proceso abordado.

5.1.3 - Construcción del modelo de datos

A partir de los datos relevados y otorgados por la empresa, se obtuvieron los datos necesarios para llevar a cabo el modelo computacional. En la siguiente tabla se observan los parámetros que se ingresaron al modelo en base a la información obtenida de la línea en análisis.

Tabla 1. Parámetros principales de entrada al software de simulación FlexSim ®.

Equipo	Tipo de entidad en FlexSim ®	Tiempo de proceso	Unidades	Capacidad máxima [placas]	Combinación	Observación
Prensa	Procesador	Ver *Tabla 2*	Segundos/placa	1	-	Cambia el tiempo de procesamiento en función del contenido en compenser.
Secadero	Procesador	23,8	Minutos/ciclo	191		Ingreso y salida de a dos placas.
Línea de esmaltado	Procesador	5	Minutos/placa	60		Cinta de transporte con equipos de aplicación superior.
Compenser	Queue	-		840		Conformado por 2 box.
Horno	Procesador	53	Minutos/ciclo	327		Ingreso y salida de a tres placas.
Rectificadora	Procesador	133	Segundos/ placa	22		-
Clasificadora	Robot	4,41	segundos/ movimiento	1		Agrupa en queue de a 12 placas.
Empaquetadora	Combinador	12,8	segundos/ caja	-	2 placas	-
					1 caja	
Flejadora	Combinador	24	segundos/6 cajas		6 cajas	-
					2 precintos	
Paletizadora	Grúa	Por defecto		12	-	Deposita 36 cajas en euro-pallets. Velocidades establecidas por defecto en FlexSim®.

Tabla 2. Velocidad de prensado/placa en función del contenido de placas en Compenser.

Compenser > 660 placas	200 placas < Compenser < 660 placas	Compenser < 200 placas
Velocidad prensa baja	Velocidad prensa media	Velocidad prensa alta
10,9091 s	8,8235 s	8,3333 s

Para modelar el comportamiento de las fallas se determinó la distribución del MTTF (tiempo medio hasta el fallo) y del MTBF (tiempo medio entre fallas), mediante el uso de la extensión ExpertFit, perteneciente a FlexSim®. Tales tiempos se estimaron para las siguientes etapas de proceso: prensa, esmaltado, horno, rectificado y clasificación. La selección de la distribución de probabilidad para representar el comportamiento estocástico de tales variables se realizó en función de la bondad de ajuste de las mismas a los datos disponibles. Los resultados se resumen en *Tabla 3* y *Tabla 4*.

Tabla 3. Distribuciones correspondidas a MTTF. ExperFit.

MEAN TIME TO FAILURE					
Equipo	**Distribución**	**Location**	**Scale**	**Shape #1**	**Shape #2**
Prensa	Lognormal (E)	299,597	456,122	1,257	-
Esmaltado	Log-Logistic	0	574,824	2,933	-
Horno	Log-Logistic	0	1238,890	2,065	-
Rectificadora	Pearson Type VI	0	1942,862	6,741	2,983
Clasificadora	Log-Logistic (E)	261,672	701,961	2,098	-

Tabla 4. Distribuciones correspondidas a MTBF. ExperFit.

MEAN TIME BETWEEN FAILURES							
Equipo	**Distribución**	**Location**	**Lower endpoint**	**Upper endpoint**	**Scale**	**Shape #1**	**Shape #2**
Prensa	Beta	-	1897,935	84987,349	-	1,490	3,113
Esmaltado	Weibull (E)	849,802	-	-	32294,659	1,533	-
Horno	Beta	-	2546,347	4136100	-	0,664	3,993
Rectificadora	Lognormal	0	-	-	106811,28	1,239	-
Clasificadora	Johnson SB	-	6,903	417428,687	-	2,002	0,889

Las paradas programadas de la línea por mantenimiento se establecieron de forma determinística en 4 horas por semana. Por su parte, la proporción de descartes a la salida de las etapas de esmaltado y cocción, se representaron de forma estocástica mediante las distribuciones presentadas en la *Tabla 5*. Finalmente, los porcentajes de clasificación de productos en primera y segunda calidad se definieron de forma determinística en función a los datos históricos proporcionados por la empresa, mientras que la clasificación como calidad inapropiada se representó mediante una distribución triangular. Tal clasificación contempla las características de

alabeo, defectos superficiales y calibre, los datos considerados para el modelo computacional se exponen en la *Tabla 6*.

Tabla 5. Parámetros de descartes/scrap.

Descarte	Distribución	Mínimo	Máximo	Media
Salida de esmaltado	Triangular	3%	7%	5%
Salida de horno	Triangular	2%	4%	3%

Tabla 6. Parámetros de clasificación.

Clasificadora	Distribución	Mínimo	Máximo	Media
Calidad inapropiada	Triangular	1,95%	4,95%	3,45%
1era Calidad	Determinístico			79,60%
2da Calidad	Determinístico			16,95%

5.2 - IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

5.2.1 - Construcción del modelo computacional

El modelo conceptual y el modelo de datos desarrollados en los apartados 5.12 y 5.13 constituyen la base para la construcción del Modelo Computacional, para el cual se utilizó el software FlexSim® versión 22.1.2. En la *Figura 5* se observan vistas del modelo desarrollado para obtener un diagnóstico de la capacidad actual de la línea de porcelanato, en m^2 mensuales, y determinar el cuello de botella del sistema como paso crucial para establecer las prioridades de mejora. En dicho modelo se contemplaron los recursos pertinentes para representar las actividades que se realizan en cada etapa del proceso, programando cada uno de ellos en función a los tiempos de operación y las cantidades procesadas, según lo establecido en el modelo de datos.

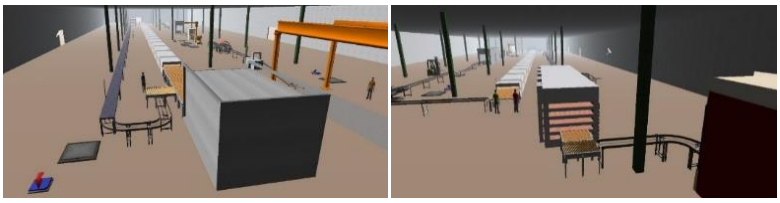


Figura 5. Modelo computacional en FlexSim® versión 22.1.2

5.2.2 - Verificación y validación del modelo computacional

Desarrollado el modelo computacional, se procedió a su verificación examinando de forma minuciosa que el mismo cumpla con los requisitos de diseño para cuales se elaboró y no evidencie errores derivados de la traducción del modelo conceptual y de datos al modelo computacional. Luego de la etapa de verificación se procedió a la validación estadística del modelo para asegurar con un 95 % de confianza su concordancia con el sistema real. Para ello se aplicó una prueba de hipótesis de diferencia de medias respecto a la producción mensual en m^2 obtenida con el modelo y la producción real del sistema en estudio, considerando una muestra de 25 observaciones para cada caso. Las hipótesis planteadas y el resultado de la prueba de hipótesis se observan en la *Figura 6*. El p-valor obtenido de 0,0678, permite afirmar que no existe evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula, permitiendo demostrar la validez del modelo en cuestión.

$$\begin{cases} H0:\ \mu_{\frac{m2}{mes}Modelo} = \mu_{\frac{m2}{mes}Sistema\ real} \\ H1:\ \mu_{\frac{m2}{mes}Modelo} \neq \mu_{\frac{m2}{mes}Sistema\ real} \end{cases}$$

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)
Columna2	Columna1	{real}	{sim}	11	25	156647,16	175656,73

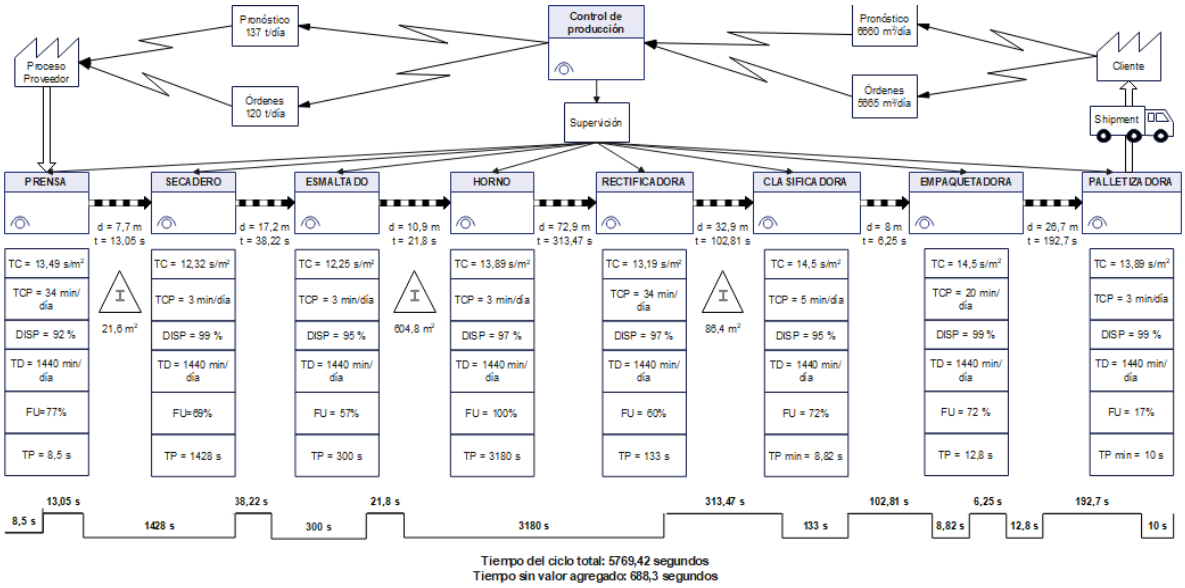
Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor	prueba
-19009,57	-39695,61	1676,46	<0,0001	-2,05	0,0678	Bilateral

Figura 6. Prueba de Hipótesis y resultado del test estadístico.

5.3 - DIAGNOSTICO EN BASE A TOC Y VSM

Una vez validado el modelo computacional se ejecutó la simulación para obtener un diagnóstico de la capacidad actual y detectar las restricciones del sistema en estudio. Los resultados arrojaron una capacidad mensual promedio de 175 600 m^2, identificando a la operación de Cocción como cuello de botella de la línea. Dicho análisis se complementó mediante la herramienta VSM correspondiente al enfoque Lean (*Figura 7*), a través de la cual se evidenció que las operaciones de clasificación y empaquetado exponen el mayor tiempo de ciclo, con 14.5 s/m^2, con un factor de utilización del 72%. Asimismo, las siguientes operaciones con mayor tiempo de ciclo, corresponden a las etapas de cocción y paletizado, con un factor de utilización del 100 y 17 por ciento respectivamente. Tal situación permite identificar al horno como principal recurso restrictivo de la capacidad de la línea en análisis. Para comparar la carga de trabajo impuesta por el cliente con la capacidad de la empresa, es relevante evaluar la relación entre el tiempo de ciclo del cuello de botella y el Takt time calculado a través del cociente entre el tiempo disponible de producción (86400 seg/día) y el

pronóstico de ventas en el mismo periodo (6660 m^2/día). El valor obtenido es de 12,97 s/m^2, un 6.6% menor respecto al tiempo de ciclo de la etapa cuello de botella, lo que genera como consecuencia la existencia de un mercado insatisfecho.
Mediante el VSM se estimó, además, el lead time correspondiente al conjunto de operaciones desde la etapa de prensado hasta paletizado, dando un total de 96,16 minutos, del cual solo un 88% corresponde a tiempos que agregan valor. Se identificó además como principal desperdicio del sistema en estudio al inventario de producto en proceso ubicado antes de la operación cuello de botella, el cual acumula hasta un máximo de 604,8 m^2, para asegurar el flujo ante paradas no programadas de operaciones anteriores a la etapa restrictiva. Ante este escenario se aplica la primera etapa de la metodología DMAIC, la Fase "Definir", donde se establece con precisión el objetivo del proyecto de mejora y su alcance. El mismo consiste en aumentar la capacidad de la etapa de cocción en un 14,8 %, dentro de los próximos 2 años, para cubrir el gap negativo existente entre la demanda actual y los niveles de producción de la empresa, reduciendo al mismo tiempo los desperdicios generados por los altos niveles de inventario de producto en proceso presentes en la etapa previa a su alimentación.



TC: Tiempo de ciclo, TCP: Tiempo de cambio entre productos, D: Disponibilidad, TD: Tiempo disponible, Fu: Factor de utilización, TP: Tiempo de

Figura 7. Value Stream Mapping (VSM).

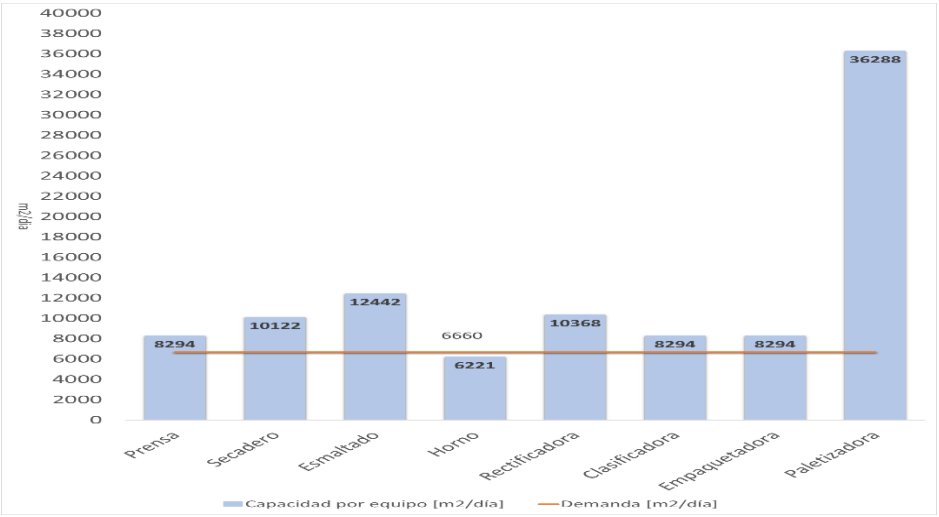


Figura 8. Diagrama de capacidades máximas por equipo versus demanda en m^2 por día.

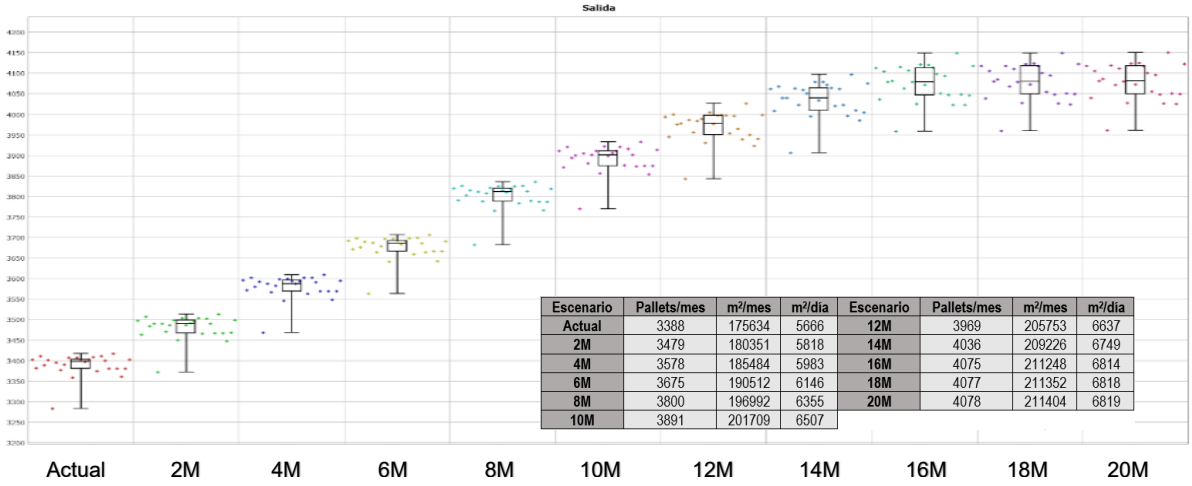
En la Fase "Medir", se comparan las capacidades máximas de las principales operaciones de la línea con la demanda proyectada, lo cual se expone en la figura 8, con el fin alcanzar un mayor entendimiento del estado actual del problema. De dicha gráfica se refuerza la confirmación de que

la operación de cocción es la principal limitante de capacidad en la línea porcelanato, impidiendo satisfacer la demanda actual del mercado, seguido por las operaciones de Prensado, empaquetado y clasificado, siendo la más crítica la etapa de prensado por su limitante para operar a la máxima capacidad durante un tiempo prolongado. Tales operaciones constituyen las siguientes restricciones ante un eventual aumento en el nivel de ventas. El presente proyecto de mejora se enfoca en generar un aporte a esta problemática.

5.4 – DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

A partir de la simulación realizada de la línea se procedió a evaluar escenarios para potenciar el cuello de botella del sistema de forma tal de aumentar la capacidad de producción y el beneficio empresarial. Para tal fin se aplicó la Fase "Análisis" de la metodología DMAIC como base para identificar los factores críticos del problema definido. De dicho análisis se evidenció que la restricción de capacidad del horno se relaciona con las dimensiones de su estructura. Ante este escenario, en la Fase de "Mejora" se estableció como alternativa de solución el aumento de la capacidad del horno a través de la adición de módulos en su estructura.

La capacidad del horno expone una relación lineal con la tasa de entrada de placas al mismo, por lo que a medida que se aumenta su capacidad con del agregado de módulos, también de aumenta de forma simultánea la tasa de ingreso de placas al mismo. En este sentido, se efectúa un análisis en base al incremento de 2 a 20 módulos para detectar a partir de que cantidad la adición de estos, ya no genera una diferencia significativa en los niveles de capacidad del sistema en estudio. El efecto de cada alternativa se comprobó mediante la aplicación de un diseño de experimentos de tipo unifactorial, con 25 réplicas para los distintos escenarios, a partir de la simulación de 31 días del proceso productivo. Los resultados obtenidos se exponen en la *Figura 9*.



Escenario	Pallets/mes	m²/mes	m²/dia	Escenario	Pallets/mes	m²/mes	m²/dia
Actual	3388	175634	5666	12M	3969	205753	6637
2M	3479	180351	5818	14M	4036	209226	6749
4M	3578	185484	5983	16M	4075	211248	6814
6M	3675	190512	6146	18M	4077	211352	6818
8M	3800	196992	6355	20M	4078	211404	6819
10M	3891	201709	6507				

Figura 9. Box Plot de resultados obtenidos respecto a m² producidos por mes para cada escenario analizado.

Para complementar los resultados de la figura anterior, en la *Figura 10* se detallan las diferencias de medias en pallets mensuales para cada escenario respecto de la situación actual, con un nivel de confianza del 99%. De tales resultados se observa que la mayor diferencia significativa, en cuanto a capacidad adicional que genera el agregado de módulos en la etapa de cocción, se da en el escenario de 14 módulos, donde se logra una mejora de hasta aproximadamente 650 pallets mensuales. A partir de allí, la capacidad adicional alcanzada por un mayor número de módulos ya no expone una diferencia tan significativa, por lo que posiblemente no se justifique la inversión en módulos adicionales.

Salida
i = Actual

j	$\mu_i - \mu_j$ (99% Confidence Interval)	Statistically Significant
Actual	-	-
2 modulos extras	-91.320 ± 2.339	Yes
4 modulos extras	-190.400 ± 1.107	Yes
6 modulos extras	-287.240 ± 1.633	Yes
8 modulos extras	-412.160 ± 2.582	Yes
10 modulos extras	-502.880 ± 4.591	Yes
12 modulos extras	-581.000 ± 8.076	Yes
14 modulos extras	-647.760 ± 11.298	Yes
16 modulos extras	-686.720 ± 14.165	Yes
18 modulos extras	-689.040 ± 14.345	Yes
20 modulos extras	-689.800 ± 14.427	Yes

Figura 10. Diferencia de medias entre escenarios y situación

Considerando la restricción física de la planta se decidió incorporar solo 10 módulos al horno, con una longitud adicional en su estructura de aproximadamente 20 m. Tal modificación permite adicionar un 14,8 % a la capacidad actual de la línea, lo cual representa una capacidad de 6507

m^2/día, reduciendo el mercado insatisfecho de 15% a tan sólo un 2.5%. Mediante el modelo de simulación se pudo corroborar, además, que a partir de la adición de 12 módulos la operación de prensado no logra abastecer la demanda del horno convirtiéndose en el siguiente cuello de botella del sistema, tal como se había identificado en la *Figura 8*. Asimismo, al aumentar la tasa de entrada de placas en la operación de cocción, se reduce notablemente el inventario previo a esta operación como consecuencia de una diferencia menor con las tasas de producción de las operaciones ubicadas aguas arriba, reduciendo los desperdicios que genera esta situación para la empresa.

6 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo se llevó a cabo en una planta cerámica, ubicada en la provincia de Buenos Aires, en la cual se implementaron de forma conjunta tres enfoques de mejora de procesos (TOC, Lean y Six Sigma) junto a tecnologías de simulación de eventos discretos para generar una mejora en la capacidad productiva de la línea de porcelanato. Mediante la aplicación de la técnica VSM y los principios de la teoría de restricciones se procedió a identificar la operación cuello de botella del sistema, la cual consistió en la etapa de cocción, evidenciando la combinación más desfavorable de tiempo de ciclo y factor de utilización, con un ritmo de producción inferior al ritmo de la demanda actual de la empresa. Tal situación genera una demanda insatisfecha de aproximadamente un 15%, lo cual conforma la base para desarrollar un proyecto de mejora considerando el método DMAIC, correspondiente al enfoque SS. El objetivo del proyecto consistió en incrementar la capacidad de la etapa de cocción para responder a la demanda actual de la empresa. Para delinear una propuesta de mejora, en la fase Analizar, se identificaron los factores críticos que impactan en la limitación de capacidad del horno. De dicho análisis se determinó que la estructura actual del mismo conforma el factor crítico de su capacidad productiva. Por tal motivo en la Fase de mejora se plantearon diferentes alternativas de adición de módulos a su estructura, las cuales fueron corroboradas a través de experimentos unifactoriales aplicados sobre la copia virtual del sistema en estudio. De dicho análisis se llegó a la conclusión de que la adición de 10 módulos permitiría un incremento en la producción de 500 pallets extras por mes respectivamente, considerando las restricciones del espacio físico disponible y las tasas de producción de las demás operaciones de la línea, reduciendo la actual demanda insatisfecha de un 15% a tan sólo un 2.5%. De esta forma se presenta una aplicación concreta del modelo TLS, integrado con tecnologías de simulación de eventos discretos, donde se evidencia su relevante aporte en la identificación de los puntos de mejora y en el análisis y selección de alternativas de solución, con resultados positivos para la empresa y sin poner en riesgo al sistema real.

7 – BIBLIOGRAFÍA

[1] C. H. dos Santos, J. A. de Queiroz, F. Leal, and J. A. B. Montevechi, “Use of simulation in the industry 4.0 context: Creation of a Digital Twin to optimise decision making on non-automated process,” Journal of Simulation, vol. 16, no. 3, pp. 284–297, 2022, doi: 10.1080/17477778.2020.1811172.

[2] J. F. Ramírez Pérez, V. G. López Torres, S. A. Hernández Castillo, and M. Morejón Valdés, “LEAN SIX SIGMA E INDUSTRIA 4.0, UNA REVISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA DE LAS ORGANIZACIONES,” UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166, vol. 5, no. 4, 2021, doi: 10.47230/unesum-ciencias.v5.n4.2021.584.

[3] L. Solís Granda, O. Pérez Manzo, I. Burgos Villamar, and J. Villao Viteri, “Uso de la Administración de Operaciones en las Mipymes,” Revista Científica y Tecnológica UPSE, vol. 4, no. 1, 2017, doi: 10.26423/rctu.v4i1.243.

[4] O. Dogan and O. F. Gurcan, “Data perspective of lean six sigma in industry 4.0 era: A guide to improve quality,” in Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018, vol. 2018, no. JUL.

[5] S. Prakash, S. Kumar, G. Soni, R. V. Mahto, and N. Pandey, “A decade of the international journal of lean six sigma: bibliometric overview,” International Journal of Lean Six Sigma, vol. 13, no. 2. 2022. doi: 10.1108/IJLSS-12-2020-0219.

[6] S. Tampubolon and H. H. Purba, “Lean six sigma implementation, a systematic literature review,” International Journal of Production Management and Engineering, vol. 9, no. 2. 2021. doi: 10.4995/IJPME.2021.14561.

[7] A. Y. Miluska Aylin, “Integración Lean Manufacturing y Seis Sigma. Aplicación pymes.,” p. 86, 2016.

[8] J. A. Garza-Reyes, B. Villarreal, V. Kumar, and J. Diaz-Ramirez, “A lean-TOC approach for improving Emergency Medical Services (EMS) transport and logistics operations,” International

Journal of Logistics Research and Applications, vol. 22, no. 3, 2019, doi: 10.1080/13675567.2018.1513997.
[9] D. A. de J. Pacheco, I. Pergher, J. A. V. Antunes Junior, and G. L. Roehe Vaccaro, “Exploring the integration between Lean and the Theory of Constraints in Operations Management,” International Journal of Lean Six Sigma, vol. 10, no. 3, 2019, doi: 10.1108/IJLSS-08-2017-0095.
[10] S. Jevgeni, S. Eduard, and Z. Roman, “Framework for continuous improvement of production processes and product throughput,” in Procedia Engineering, 2015, vol. 100, no. January. doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.398.
[11] S. V. Buer, J. O. Strandhagen, and F. T. S. Chan, “The link between industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda,” International Journal of Production Research, vol. 56, no. 8, 2018, doi: 10.1080/00207543.2018.1442945.
[12] R. M. F. Dias, L. D. Silva, and A. Tenera, “Application of a proposed TLS model in a Lean Productive System,” Independent Journal of Management & Production, vol. 10, no. 1, 2019, doi: 10.14807/ijmp.v10i1.830.
[13] R. Sukwadi, Y. Felicia, and Muafi, “TOC, lean, and six sigma: An integrated model to increase the productivity of the textile industry,” Journal of Mechanical Engineering Research and Developments, vol. 44, no. 1, 2021.
[14] C. Ynzunza, J. Izar, J. Bocarando, F. Aguilar, and M. Larios, “El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras Implications and Perspectives of Industry 4.0,” Conciencia Tecnológica, no. 8, 2017.
[15] N. Furian, M. O’Sullivan, C. Walker, S. Vössner, and D. Neubacher, “A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures,” Simulation Modelling Practice and Theory, vol. 56, 2015, doi: 10.1016/j.simpat.2015.04.004.
[16] G. L. Tortorella, D. Fetterman, R. Giglio, and G. A. Borges, “Implementação Da Produção Enxuta E Indústria 4.0 Em Empresas Brasileiras De Manufatura,” Revista Empreender e Inovar, vol. 1, no. 1, 2018.
[17] E. M. Goldratt and J. Cox, The Goal: A Process of Ongoing Improvement, Revised. 2012.
[18] E. M. Goldratt and J. Cox, The Goal: A Process of Ongoing Improvement, Revised. 2012.
[19] Y. L. Chen and C. H. Weng, “Mining fuzzy association rules from questionnaire data,” Knowledge-Based Systems, 2009, doi: 10.1016/j.knosys.2008.06.003.
[20] S. Tyagi, X. Cai, K. Yang, and T. Chambers, “Lean tools and methods to support efficient knowledge creation,” International Journal of Information Management, vol. 35, no. 2, 2015, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2014.12.007.
[21] H. Cai and J. Jia, “Using Discrete Event Simulation (DES) To Support Performance-Driven Healthcare Design,” Health Environments Research and Design Journal, vol. 12, no. 3, 2019, doi: 10.1177/1937586718801910.
[22] J. A. Barra Montevechi, F. Leal, A. F. De Pinho, R. F. Da Silva Costa, M. L. Moura De Oliveira, and A. L. Faustino Da Silva, “Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company,” 2010. doi: 10.1109/WSC.2010.5678908.
[23] J. A. Barra Montevechi, F. Leal, A. F. De Pinho, R. F. Da Silva Costa, M. L. Moura De Oliveira, and A. L. Faustino Da Silva, “Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: An application in a Brazilian tech company,” 2010. doi: 10.1109/WSC.2010.5678908.
[24] F. Leal, D. A. de Almeida, and J. A. B. Montevechi, “Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de Elementos do IDEF,” In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO), 40, 2008, João Pessoa, 2008.

Análisis de casos de nuevos productos en empresas de base tecnológica.

Rafael Lujan Blanc; Ruben Mario Pietroboni; Maria Alejandra Rodriguez.

UTN Facultad Regional Concep. del Uruguay|

rafaellujanblanc@yahoo.com.ar

RESUMEN

Las empresas de base tecnológica conforman una nueva realidad de la aplicación de conocimiento al sistema económico y son parte de la ampliación del ecosistema tradicional. En parte, por la convergencia tecnológica entendida como el uso de tecnologías generales de aplicación a múltiples tipos de empresas, como son la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la comunicación y la información y las cognitivas. Han dado lugar a nuevos tipos de productos y servicios e innovaciones que soportan la actividad de nuevas empresas. El objetivo del trabajo es analizar cuatro casos de empresas que han implementado diferentes tecnologías convergentes a fin lograr alcanzar nichos de mercado vacantes o inexistentes mediante productos y servicios nuevos o innovadores. El caso A empresa que usa nanotecnología en la creación de prótesis médicas, caso B empresa que utiliza tratamiento de imágenes en tiempo real para la identificación de malezas en equipos agrícolas, caso C empresa que se dedica a hacer simuladores de prácticas médicas para planificación de cirugías y el caso D una empresa que desarrolló un aparato de diagnóstico médico mediante propagación de la luz en tejidos blandos y finalmente E firma dedicada al monitoreo y control de plagas en tiempo real.

Palabras Claves: convergencia; tecnológica; innovación.

Analysis of cases of new products in technology-based companies.

ABSTRACT

Technology-based companies form a new reality of the application of knowledge to the economic system and are part of the expansion of the traditional ecosystem. In part, by technological convergence understood as the use of general technologies applicable to multiple types of companies, such as nanotechnology, biotechnology, communication and information technologies and cognitive technologies. They have given rise to new types of products and services and innovations that support the activity of new companies. The objective of the work is to analyze four cases of companies that have implemented different convergent technologies in order to achieve vacant or non-existent market niches through new or innovative products and services. Case A company that uses nanotechnology in the creation of medical prostheses, case B company that uses real-time image processing for the identification of weeds in agricultural equipment, case C company that is dedicated to making simulators of medical practices for planning surgeries and case D a company that developed a medical diagnostic device by propagation of light in soft tissues and finally E firm dedicated to monitoreo and pest control in real time.

Key Words: convergence; technological; innovation.

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO DE REFERENCIA.

La convergencia tecnológica es un fenómeno asociado en muchos casos a la innovación tecnológica que es desarrollado por diferentes industrias para superar obstáculos técnicos en los procesos de fabricación y diseño de productos. Es un pilar fundamental de la transformación de los mercados y estructuras industriales (Hacklin y Wallin,2013; Karvonen y Kässi, 2013).
El fenómeno de la Convergencia Tecnológica (CT), cobra relevancia en los últimos años a partir de estudios académicos, redes de investigadores, gestores tecnológicos y formuladores de políticas de ciencia, tecnología e innovación. En sentido amplio hace referencia a procesos de innovación y efectos de cambios tecnológicos, económicos y sociales generados por las interacciones entre nanociencias y nanotecnologías, biotecnologías, TIC y ciencias cognitivas o también denominadas NBTC (Bainbridge y Roco, 2016).
Los organismos internacionales también han utilizado el concepto como la OECD (2004), que mencionan a la CT como la desaparición de los límites entre las regulaciones y la técnica que impacta en sectores de la economía o como los crecientes solapamientos entre tecnologías, servicios y firmas que se dan en diferentes sectores económicos. Desde el punto de vista metodológico, el estudio sobre Convergencia Tecnológica (en sentido amplio) hasta entrado el Siglo XXI, se ha centrado en considerarla como una especie de “síntoma” u emergente, y estas perspectivas no han variado significativamente hasta la actualidad (Amaro Rosales y Robles Belmont, 2013; Robles Belmont y Lepratte, 2019) donde los estudios sobre CT se han centrado en el análisis del fenómeno de convergencia en base a patentes y publicaciones para establecer mediciones e indicadores de convergencia de conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos donde se encuentran implicadas las Nanotecnologías, Biotecnologías, Informática y Ciencias Cognoscitivas (NBIC) y efectuar a partir de estos, ejercicios de technological forecasting (Curran, 2013; Kim, 2018).
La CT se produce a partir de tecnologías clave, denominadas intermediarios del conocimiento tecnológico, en los límites entre industrias (Lim y Park, 2009). La CT es importante porque los avances en los intermediarios del conocimiento tecnológico, como la TI y los nuevos materiales, pueden alterar las industrias existentes y afectar ampliamente a otras industrias.
Por otro lado, se han efectuado análisis cuantitativos de fusiones empresarias (Caviggioli, 2016), o ciertos comportamientos intersectoriales y prominentes acercamientos entre tecnologías relacionadas con diferentes sectores y/o productos (Geum, Kim y Lee, 2016).
Ante esta situación de debate y construcción del campo de estudios de CT, la reacción es que la producción de conocimiento sobre esta y las prácticas de CT en firmas e instituciones CyT ha crecido significativamente en los últimos años, y en particular en los campos de organización industrial, ingenierías, management de la innovación y estudios sociales de la tecnología, como así también en los de políticas industriales, de educación superior, y de Ciencia, Tecnología e Innovación en países desarrollados fundamentalmente (Robles Belmont y Lepratte, 2019). Hacklin considera que existen incipientes antecedentes de estudios sobre CT a nivel de firmas, y que se centran en dos grandes perspectivas: los estudios sobre sectores industriales en general, y aquellos que relacionan al fenómeno de la CT con otros como la innovación, la integración de mercados, la integración entre firmas, las estrategias y modelos de negocios, entre otras cuestiones (Hacklin, 2007). La CT es un proceso complejo a nivel de las firmas se relaciona con: estrategias y alianzas estratégicas de las firmas, los límites y cooperación entre firmas, sectores e instituciones de CyT, la redefinición de mercados, los procesos de innovación y cambio tecnológico, la recombinación de conocimientos (Tidd y Bessant, 2016). Desde la perspectiva del management de la tecnología y la innovación el fenómeno de la convergencia tecnológica es un proceso evolutivo de cambio tecnológico, que es iniciado por spill-over coevolutivos en base a conocimientos de diferentes industrias (sectores), y que sucesivamente puede expandirse en diferentes niveles de convergencia, que eventualmente pueden dar origen a nuevos sectores industriales. Desde un punto de vista analítico, en los inicios de este proceso complejo y evolutivo, se dan spill-over co evolutivos serenditipios (dentro de las organizaciones y entre organizaciones) en base a diferentes fuentes de conocimientos que no se encuentran asociadas previamente, y que erosionan los límites establecidos entre conocimientos específicos vinculados a determinados perfiles industriales; a esto se lo denomina Convergencia de Conocimientos.
La aplicación de estos conocimientos convergentes (Applicational convergence) para la resolución de problemas, cambios de reglas y rutinas, identificación de oportunidades y creación de nuevas formas de valor, dan lugar a dinámicas de innovación en las firmas en entorno complejos (D’adderio, 2011; Hacklin y Wallin, 2013; Feldman et al., 2016).

Las innovaciones tecnológicas y no tecnológicas pueden dar lugar, en los procesos de convergencia a la emergencia de fenómenos de convergencia industrial, donde se borran límites entre industrias de diferentes sectores, y emergen aplicaciones en común (Geum, Kim y Lee, 2016).
Desde una perspectiva evolucionista se considera que las firmas que desarrollan procesos de búsquedas y aprendizajes para cambiar sus reglas y rutinas, y en esto el mercado y la economía influyen también como procesos de selección de estas, esto da lugar a procesos de Convergencia Tecnológica. Ahora bien, para hacer frente a las contingencias planteadas por procesos de convergencia tecnológica, las firmas necesitan desarrollar capacidades dinámicas para internalizar los cambios estructurales que se dan en la industria a nivel de sus organizaciones efectuando adaptaciones de primer orden (innovaciones incrementales) y segundo orden (innovaciones radicales y/o disruptivas (Becker et al., 2005, Tidd y Bessant, 2016; Parmentier-Cajaiba, Lazaric, y Cajaiba-Santana, 2021).
De lo anterior es que planteamos las siguientes cuestiones para responder en este trabajo: ¿existen patrones comunes entre las empresas que realizan procesos de CT?, ¿Qué factores se deben tener en cuenta para lograr procesos de CT de innovación? ¿Qué conocimientos condicionan los nuevos productos y a que mercados se dirigen?
El artículo se organiza con una sección 2, donde se explicita el planteo metodológico del análisis de casos. En la Sección 3, se exponen los resultados hallados en el desarrollo y análisis de los casos del trabajo. Finalmente, en la Sección 4, se exponen las conclusiones se plantean algunas cuestiones de agenda de investigación y aportes para los interesados e involucrados con este tipo de firmas.

2. METODOLOGIA.

El enfoque de investigación utilizado en este estudio es de casos comparativos, se realizó en el marco de un proyecto sobre convergencia tecnológica (Lepratte, 2019), donde se realizó una serie de entrevistas a empresarios sobre trayectorias de firmas que presentaban patrones de convergencia tecnológica. Las misma fueron realizadas durante el año 2021, se realizaba mediante un formulario semi estructurado que contaba con grandes áreas a fin de que los empresarios profundizaran sobre procesos y resultados de los diferentes temas tratados.
De las veinte firmas relevadas, para este artículo, se seleccionaron cinco para realizar un análisis en profundidad a fin de determinar la trayectoria que llevó a las firmas a su situación actual. Se seleccionaron las firmas (casos) conforme a criterios de integración de diferentes tecnologías e innovación en el mercado al que pertenecen.
Las cinco firmas seleccionadas para el estudio en profundidad de los casos en cada una de ellas se entrevistaron a dos personas compuestos por los siguientes niveles de las firmas:
1) Dueño / Gerente,
2) Responsable de gestión tecnológica/desarrollo de producto.

Las entrevistas se efectuaron en 2 momentos:

Momento 1. Entrevista sobre trayectoria y desarrollo de la firma (entrevistas de 1 hora de duración con cada uno de las personas seleccionadas de la firma). Momento 2. Entrevista sobre dificultades y ventajas de la convergencia y resultados de la misma (entrevistas de 1 hora con cada una de las personas seleccionadas de la firma).
En total se efectuaron 2 horas de entrevistas con cada una de las firmas seleccionadas. Las entrevistas fueron grabadas utilizando Zoom. Se fijaron pautas de anonimato de las firmas, a fin de proteger su privacidad.
Se utilizó un nuevo formulario de preguntas semi-estructurado, con una serie de ejes de preguntas abiertas para las entrevistas. Para el momento 1 se consideraron las siguientes categorías:

1. Historia de la firma
2. Descripción de productos y/o servicios
3. Evolución y desarrollo de productos y/o servicios

Momento 2, las preguntas surgieron temas generales consideradas conforme al marco de referencia del estudio. Conforme al análisis de estos se plantearon luego una serie de aspectos para considerar desde la perspectiva de las pymes:
1. Conocimientos y recursos involucrados en el desarrollo de productos/servicios.
2. Posición en el mercado de los productos/servicios.
3. Financiamiento.
4. Estructura y cambios organizacionales

Las entrevistas fueron transcritas a texto y analizadas por el equipo de investigación. Para el análisis del material discursivo de las entrevistas se utilizó la perspectiva de teoría fundamentada (Strauss y Corbin, 2002; Glaser y Strauss, 2017). La codificación se efectuó conforme a las categorías establecidas en el marco teórico. Los aportes teóricos incorporados se basan en los supuestos y modalidades de construcción de teorías a partir de estudios de casos (Eisenhardt, 1989).

3. RESULTADOS.

A continuación, se describen los cinco casos a comparar en las tablas de análisis.

Caso A

Empresa nacida en el año 2006 como Spill Over relacionado al sistema científico público y con inversión del sector privado, que utiliza conocimientos acumulados en la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina), aplicados a la investigación, desarrollo y fabricación de implantes dentales de zirconio. Los primeros pasos que llevaron adelante se centraron en diseñar una metodología de proceso productivo para el zirconio, en base al conocimiento acumulado (know how) en la CNEA sobre este material, para aplicarlo a la fabricación de implantes dentales. La estrategia de negocios se basa en la diversificación en base a conocimientos acumulados para el tratamiento y desarrollo de productos odontológicos (biomateriales) en base a zirconio. El desarrollo del proceso productivo e I+D es in house y si bien el producto no es único a nivel mundial sí es el único que utiliza extrusado para el armado de las piezas. Producto “high tech” para el mercado, con bajo costo de producción y altos márgenes para sus distribuidores. Permite precios de mercado mayores a productos competidores por su diferenciación en términos sanitarios y de estética. La empresa se desarrolló con fondos propios, habiendo contado también con apoyos públicos para compras de equipos.

Está integrada por siete ingenieros especialistas en materiales. Si bien se trata de una empresa de corte ingenieril, ha incorporado capacidades de gestión empresarial y con organismos regulatorios. Para ello aplica recursos humanos expertos en el tema de “Laboratorios de Nanofab” (microscopía, análisis de materiales, pruebas, etc.) para adaptar equipamientos, con el fin de desarrollar productos estándar y a medida (esto último como servicio).

La inversión en I+D se encuentra básicamente enfocada en proyectos de bajo costo, procurando que la empresa actúe como productor y comercializador. Poseen un centro de innovación, donde se efectúan procesos de vigilancia tecnológica permanente. El mercado en el que se dinamiza es oligopólico, en la Argentina son únicos y a nivel mundial son pocos jugadores (seis o siete), diferenciándose de éstos por su metodología de producción. En tal sentido, la empresa cuenta como ventaja competitiva el entendimiento del proceso de fabricación del material a nivel nanotecnológico. La empresa participa activamente en una comunidad de práctica relacionada con bio y nanomateriales en el entorno de un ecosistema de instituciones y empresas de base tecnológica en Buenos Aires, Argentina.

Caso B

Es una start up desarrollada a partir de una tesis de grado de ingeniería electrónica, cuyo objetivo fue desarrollar una tecnología para el reconocimiento de malezas utilizando video, con el alcance de mejorar la aplicación y uso de herbicidas en cultivos de soja. El sistema consiste en un software de reconocimiento que utiliza técnicas de Inteligencia Artificial, el cual, por medio de cámaras instaladas en el botalón de una pulverizadora, determina el momento exacto de apertura y cierre de cada pico. Se trata de módulos independientes los cuales constan de una cámara, una computadora y electroválvulas pico a pico. El diferencial del producto es que este se realiza por cámaras de video no por sensores, por lo que diferenciando la morfología de la planta puede distinguir cultivo y maleza en cualquier estadio.

El principal beneficio de esta solución es el ahorro de herbicidas, según la cantidad de malezas presentes en el lote, teniendo en cuenta el precio elevado de los agroquímicos.

La empresa inició con cinco personas, siendo actualmente más de quince empleados destinados a finanzas, triple impacto, recursos humanos y cuestiones legales. Cuentan con un equipo un especialista en ciencias de la computación con conocimientos sobre Machine Learning, Inteligencia Artificial y Computer Vision, que a su vez tuvo experiencia en creación de otras empresas basadas en IA. El núcleo de los recursos humanos y la circulación de conocimientos centrales para la empresa pertenecen a la carrera de Ciencias de la Computación y de Ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

La empresa se financia en principio de aportes privados de un fondo perteneciente a una empresa de software del exterior, y una empresa nacional productora agropecuaria, también contaron con ANR (Aportes no reembolsables) y préstamos del MINCyT (Ministerio de Ciencia y Tecnología) para compra de insumos, así como financiamiento de Fondo Semilla público.
El producto principal hoy es prototipado y se encuentra en escala de ensayos a campo (Rosario, Salta, Chaco, Córdoba), en procura de patentar el sistema en general, incluyendo el hardware y software que lo integra, apuntando a que durante el 2022 salga su producto core al mercado. La competencia a nivel mundial se da con otras start up que se encuentran aproximadamente en el mismo estadío. Además del mercado nacional, respecto a su solución core, el objetivo está puesto en Uruguay, Brasil y Estados Unidos. El potencial de radica en la posibilidad de seguir desarrollando soluciones con Inteligencia Artificial para el productor, tales como generación de mapas de malezas, salud de cultivos, etc., hasta combatir de forma inteligente las plagas, donde los agroquímicos son más tóxicos para el ser humano. Participan de comunidades de prácticas y ecosistemas de negocios relacionados con, INTA, CREA LAB, AAPRESID, UBA. Fondos de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación.

Caso C
Es una start up de ingeniería biomédica, incubada en la Fundación Argentina de Nanotecnología, que desarrolla soluciones innovadoras para cirugía combinando impresión 3D y realidad aumentada. La empresa surge de tres estudiantes de ingeniería biomédica en una universidad argentina, de sólida trayectoria en medicina. Inicialmente brindaban servicios de impresión de prototipos en 3D para estudiantes de diseño y arquitectura, para luego enfocarse en el ámbito de la salud. Para ello comenzaron estudiando publicaciones del exterior referidas a la aplicación de manufactura aditiva en el campo de la medicina, observando que en casos específicos se estaban imprimiendo réplicas de la anatomía del paciente para planificar cirugías.
Al contar con el modelo 3D del paciente la intervención del especialista implicó un cambio en la planificación de la cirugía. Actualmente imprimen las réplicas anatómicas, y en otros casos modelizan en 3D y entregan visualizaciones virtuales mediante un link de descarga a cirujanos, que pueden estar en cualquier parte del mundo. Otro desarrollo de la empresa se refiere a la simulación quirúrgica, donde en vez de replicar la anatomía específica del paciente, crean anatomías genéricas que pueden tener alguna patología, pero a diferencia de los modelos más habituales que hacen, trabajan con siliconas y diferentes tipos de materiales flexibles que buscan replicar la mecánica de los tejidos del cuerpo, para planificar cirugías. En ese campo, la empresa desarrolló un innovador simulador de operaciones, para el entrenamiento de destrezas en el campo de la nefrectomía con laparoscópica, y urología, que casi no tiene competencia a nivel mundial, a diferencia de los simuladores destinados a enfermería, corte y sutura.
Además de los estudiantes de ingeniería biomédica posteriormente se sumaron un diseñador industrial con posgrado en biodiseño, una estudiante avanzada de ingeniería y personal contable, siendo ocho personas actualmente, actualmente buscan ingenieros biomédicos o diseñadores industriales y armar sus grupos de trabajo, sobre todo en odontología, cirugía de cabeza y cuello, y traumatología. La compañía se financio en sus primeras etapas por un financiamiento del Ministerio de Producción, línea PAC emprendedores, que utilizaron para comprar las máquinas y constituir la empresa como SRL, y continuaron ofreciendo el servicio de impresión de modelos 3D para planificación de cirugías.
En cuanto al mercado la empresa cuenta con clientes a nivel nacional y a nivel regional, planean cerrar convenios con distribuidores para potenciar la fuerza de ventas en otros países porque hacer todo desde acá se dificulta. empezando con Uruguay, Paraguay y Bolivia. Observaron que el mercado era más global que solamente argentino, por lo que comenzaron a desarrollar modelos virtuales y de simulación. A partir de allí se configura un modelo de negocios, en el cual convergen un mix de tecnologías como la realidad aumentada, la manufactura aditiva, y simulación 3D; para concentrarse en mercados o ámbitos de la salud específicos, como oncología o urología, con propuestas de alto valor agregado. Esa especificidad les permite ser competitivos en cada nicho, y obtener mayores márgenes de rentabilidad por producto. Se relacionan en forma directa con los ámbitos en que se congregan los especialistas, como la Confederación Americana de Urología, o su participación en congresos internacionales, como el de Urología en los Estados Unidos y con otras organizaciones similares a nivel nacional.

Caso D

Surge de científicos de un grupo de Óptica Biomédica de una Universidad pública en Argentina, su fundación fue con fondos provenientes de una aceleradora de empresas de Argentina que se constituye como socio fundador de la empresa.

Nace de la idea de un grupo de óptica biomédica, en base a investigadores (doctores en física) de una Universidad pública y un instituto de investigación de dos ciudades diferentes del país (todos ellos miembros del CONICET de Argentina). Su producto es un mamógrafo óptico que se basa en la refracción de luz a través de tejido blando en vez de rayos X. Este producto es innovador en el diagnóstico de las afecciones mamarias utilizando alternativas a los rayos X que son equipos contaminantes, de elevado costo y difícil desplazamiento. La empresa combina en sus productos, por un lado, cuestiones físicas de refracción de la luz a través de los tejidos, complementado por otro lado con un software con algoritmos de predicción de superficie y volúmenes relacionados con la refracción de la luz para lograr interpretaciones y diagnósticos. También hay un importante aporte en la parte de diseño de aparatos biomédicos.

La estructura es fuertemente científica, cuenta con diez personas de las cuales ocho son doctores, además el actual CEO de la firma es un doctor que está formado en la lógica de negocios con aportes de administradores de empresa (con formación de grado) que son staff de la firma. A esta estructura antes mencionada, se suman recientemente más recursos humanos de ingeniería biomédica que incorporan estos conocimientos y otros relacionados con negocios y productos biomédicos. Actualmente se encuentra en etapa de prototipado. Se incorporan también conocimientos de TIC y desarrollo de software.

El core diferenciador del producto de esta empresa es que tiene bajos efectos colaterales, no invasivas, diferenciadas por bajo costo y de fácil manejo operativo (autónomos). Se diferencia de las tecnologías de mamógrafos de rayos X y de ultrasonidos.

El equipo prototipo al cual apunta la empresa es móvil, de menor costo y no es dañino para la salud por radiaciones. Los ensayos de prototipos se buscarán hacer en clínicas de Argentina, conforme a las regulaciones sanitarias del país. Tienen aún escasos avances y capacidades relacionadas con comercialización, aunque se encuentran conformando la red de posibles clientes.

Aquí es central la cuestión de la convergencia científico – tecnológica para aplicar estos conocimientos sobre actividades metabólicas e identificar lesiones. Una tesis pasa del laboratorio al desarrollo tecnológico: mamógrafo óptico, que ingresa en proceso de patentamiento. Se dan desde ahí interacciones con instituciones científicas y tecnológicas. Desde ahí se ingresa en la vinculación con incubadoras de empresas, y otras start up de base tecnológica. Están siendo incubadas actualmente (2021) en INVAP. Se relaciona con diferentes instituciones del sistema de CyT como el Instituto Balseiro, CONICET, Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN) y el CITES (Centro de Innovación Tecnológica, Empresarial y Social).

Caso E

Es una start up que ofrece un servicio integrado de monitoreo y control de plagas en tiempo real, que combina trampas de IOT con drones de pulverización a través de algoritmos de aprendizaje automático. Surge de un proyecto de tesis doctoral de trampas automatizadas para el monitoreo de plagas cofinanciada por el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y el CITES (Centro de Investigación Tecnológica Empresarial y Social-Argentina) y, por otro lado, un proyecto de drones pulverizadores a combustión, desarrollado por un ingeniero emprendedor. Es así como surge la unión de ambas propuestas: realizar el monitoreo de plagas con trampas IOT y luego efectuar aplicaciones selectivas con drone pulverizadores a combustión. La firma ofrece un servicio integrado de monitoreo y control de plagas en tiempo real para cultivos intensivos, que combina trampas de IoT, algoritmos de aprendizaje automático, drones pulverizadores y una plataforma digital que permite al productor monitorear las tareas y cultivos, generar planes de vuelo para el drone de pulverización, entre otras. Con grandes clientes exportadores realizaron pruebas de concepto de las trampas y de la plataforma digital.

La empresa fue mejorando su propuesta de valor y actualmente la oferta de servicio se basa en una plataforma digital que analiza y procesa información que proviene de la trampa y genera alertas tempranas con órdenes de fumigación, y una App que permite a los productores saber lo que está ocurriendo en su campo en tiempo real y así poder tomar las mejores decisiones para sus cultivos. Una vez aceptada la sugerencia la plataforma envía el plan de vuelo del drone pulverizador.

El diferencial de su propuesta radica en la capacidad del sistema para optimizar tiempos entre el monitoreo y el control que son absolutamente necesarios para reducir el uso de agroquímicos, y por otro lado en la capacidad operativa del drone a combustión (más eficiente que los drones eléctricos convencionales). Por otro lado, el sistema de monitoreo en tiempo real de las trampas por medio de

una cámara captura imágenes y las sube a un servidor, donde se analizan mediante un algoritmo y se pueden contabilizar e identificar los insectos que se encuentran en la superficie en tiempo real. Dependiendo el tipo de plaga identificada, será la orden o alerta para que el productor pulverice, aplique o controle. Se diferencia de otras trampas que se monitorean una o dos veces a la semana, y ese lapso entre la toma de datos, el análisis y la toma de decisiones ocasiona que la plaga prolifere. Además, la App funciona como un gestor digital que permite registrar y llevar a cabo un seguimiento continuo de todas las tareas que se realicen en el cultivo. Destina sus productos únicamente al mercado interno, principalmente al sur del país donde se encuentran los principales cultivos intensivos de frutales y plantaciones de vid. Respecto al mercado externo manifiestan interés por el mercado de Chile, en el cual se encuentran explorando socios estratégicos dado el predominio de cultivos intensivos de vid, como así también el mercado de Brasil por los cítricos.
Está conformada por una bióloga científica que se dedica a la I+D (CSO) y el otro fundador es el (CTO), especializado en aeronáutica y electrónica. Incorporaron profesionales de sistemas para desarrollo de software y app móvil, ingenieros mecánicos para el desarrollo de drones, y también ingenieros agrónomos para el área de ventas. Además, cuentan con asesores científicos, tecnológicos y de negocios.
Además de su vínculo directo con CITES, del cual disponen de laboratorios para desarrollar la electrónica y realizar distintas pruebas de producto, establecieron vínculos con el INTA donde realizaron simulaciones del sistema de monitoreo intensivo, para obtener resultados de ahorro de agroquímico (que fueron de entre 50 y 80%).

Tabla 1 Análisis comparativo de casos datos generales.

Empresa	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
Producto	Implantes odontológicos cerámicos producidos mediante extrusado.	Automatización de picos de pulverización de herbicidas mediante el reconocimiento de imágenes en tiempo real	Realización de prototipos de entrenamiento para cirugías en seres humanos y prototipos para cirugías complejas. Con apoyo de realidad aumentada	Equipos de diagnóstico de enfermedades por lectura de la reflexión de la luz en tejidos blandos.	Monitoreo y control de plagas en tiempo real.
Novedad y ventaja del producto/servicio	Material más económico que el titanio con mejores características estéticas. Proceso innovador de extrusado de cerámicos.	Reducción del uso de herbicidas entre un 50 y 70% por identificación de las especies vegetales a atacar.	Reducción de costos de entrenamiento de ciertos tipos de cirugía, planteo de escenarios simulados para cirugías complejas basados en casos reales.	Tecnología de diagnósticos que no utiliza radiaciones por lo tanto no afecta al paciente y al operador. Movilidad de producir equipos portables y de costos inferiores a los de rayos X.	Reducción de costos mediante el uso adecuado de insecticidas y reducción de daños económicos de la presencia de plagas en cultivos.
Mercado	Nacional y extranjero.	Nacional y extranjero.	Nacional.	Nacional en desarrollo.	Nacional.
Capacidades (skills)	Ingenierías aplicadas a materiales y sistemas de información.	Ingeniería agrónoma y sistemas de información	Ingeniería biomédica, diseñador industrial, ingeniería en sistema de información.	Doctores en fisca, Ingeniería biomédica, ingeniería en sistema de información.	Licenciatura en biología, ingeniería aeronáutica, electrónica y en sistemas de información.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Análisis comparativo de casos procesos de convergencia.

Empresa	A	B	C	D	E
Tecnologías involucradas	Nanotecnología	Deep learnig y electrónica.	Tics y tecnologías de materiales.	Inteligencia artificial y electrónica.	Inteligencia artificial, electrónica y Tics.
Co-construcción de conocimientos	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas Relevancia de Actores de Polo Tecnológico donde se incuba	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas en actores públicos y privados Relevancia Especialización Agro del país	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas en actores públicos y privados.	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas Relevancia de Actores de Institución de CYT donde se incuba	En base a capacidades científico – tecnológicas acumuladas en actores públicos y privados.
Co-generación de valor (clientes, tipologías, diferenciación)	Bajo costo, alto margen, venta como producto high tech (precio arriba de la competencia por diferenciación calidad y cualidades de producto) Desarrollos a medida de clientes	Diferenciación por prestaciones de servicios respecto a otros productos de la competencia Gestión de la información	Relevancia del conocimiento sobre uno de materiales, y aspectos de salud humana. Reducción del costo de entrenamiento y desarrollos a medida de clientes	El core es bajos efectos colaterales, no invasivos desde la prestación para el ámbito de la salud. Bajo costo del producto y de fácil manejo operativo (autónomos).	Reducción de costos sistema integrados de drones de aplicación y jaulas de diagnóstico que permiten control de plagas. Sin competidores en el mercado.
Co-producción de innovaciones	I+D propia Alianzas con emprendedores tecnológicos Know how de procesos productivos Mover primero	I+D propia Alianzas con emprendedores tecnológicos Know how de procesos productivos Mover primero	I+D propia Alianzas con entes estatales e internacionales de salud. Mover primero	I+D propia Know how de procesos productivos Patentamiento en proceso Mover primero	I+D propia Alianzas con emprendedores tecnológicos Integración de tecnologías existentes, pero con otras aplicaciones.

Fuente: Elaboración propia

4. CONCLUSIONES.

La CT está planteando junto a las tecnologías emergentes un nuevo paradigma de innovación. Trayendo un cambio en el concepto de "industria", es decir que ya no pueden ser entendidos los procesos de innovación exclusivamente dentro de firmas individuales sino en nuevas modalidades organizacionales de carácter sistémico y/o en red. Por lo cual es relevante estudiar estos desarrollos y su interacción y ver como se relacionan con las estrategias empresariales.

La inclusión de múltiples conocimientos para resolver los problemas de los mercados meta es evidente, buscando en general reducción de costos y especificidad en los resultados de los productos con énfasis en los servicios. Todos los productos analizados podrían tratarse como productos ampliados dado que el paquete de servicio accesorio es elevado y es parte de su ventaja competitiva. El origen de la demanda comienza como solución a la realidad local, tienen el potencial para internacionalizarse mediante el uso de sus ventajas competitivas. Adaptándose a las necesidades de los clientes del mercado destino.

Los casos analizados cuentan con una elevada formación del conjunto de profesionales que desarrolla los modelos de productos y se dan grupos de tipo interdisciplinar para la resolución de los problemas de los productos y sus servicios complementarios. Esto plantea nuevos desafíos para incorporar y desarrollar skills en profesionales y científicos que deciden orientar sus actividades hacia el ámbito de los negocios de base tecnológica. Como así también, para administradores de empresas que se inclinan al mercado de las tecnologías emergentes y convergencia tecnológica. Es relevante reconocer que todas las firmas relevadas en profundidad contaban con I+D interna.

La CT, es una meta de políticas en las economías y sociedades basadas en el conocimiento. Supone la emergencia de nuevas herramientas tecnológicas y de gestión de la innovación, que se integran en las empresas de base tecnológica. El presente estudio de carácter exploratorio y representa una pequeña muestra de un fenómeno de gran envergadura. Denota la importancia de los procesos de convergencia y lo relevante que son y serán para el desarrollo económico. Lo cual hace importante profundizar su estudio a fin de generar herramientas en post de promover estos procesos.

5. REFERENCIAS.

Amaro Rosales, M. y Robles Belmont, E. (2013). Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana, Entre ciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 1, n.o 2, dic. doi: http://dx.doi.org/10.21933/J.EDSC.2013.02.043.

Bainbridge, W. S. y Roco, M. C. (2016). The Era of Convergence, en Handbook of Science and Technology Convergence, Springer, Cham, pp. 1-14. doi: 10.1007/978-3-319-07052-0_1.

Becker, M. C. Lazaric, N. Nelson, R. R. y Winter, S. G. (2005). Applying organizational routines in understanding organizational change, Industrial and Corporate Change, vol. 14, n.o 5, pp. 775-791, oct., doi: 10.1093/icc/dth071.

Caviggioli, F. (2016). Technology fusion: Identification and analysis of the drivers of technology convergence using patent data, Technovation, vol. 55-56, pp. 22-32, sep. doi: 10.1016/j.technovation.2016.04.003.

Curran, C.-S. (2013). «Convergence, en The Anticipation of Converging Industries, Springer, London, pp. 9-61. doi: 10.1007/978-1-4471-5170-8_2.

D'adderio, L. (2011). Artifacts at the centre of routines: performing the material turn in routines theory, Journal of Institutional Economics, vol. 7, n.o 2, pp. 197-230, jun., doi: 10.1017/S174413741000024X.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. The Academy of Management Review, 14(4), 532–550.

Feldman, M. S. Pentland, B. T. D'Adderio, L. y Lazaric, N. (2016). Beyond Routines as Things: Introduction to the Special Issue on Routine Dynamics, Organization Science, vol. 27, n.o 3, pp. 505-513, jun., doi: 10.1287/orsc.2016.1070.

Geum, Y. Kim, M.-S. y Lee, S. (2016). How industrial convergence happens: A taxonomical approach based on empirical evidences, Technological Forecasting and Social Change, vol. 107, pp. 112-120, jun., doi: 10.1016/j.techfore.2016.03.020.

Glaser, B.G. and Strauss, A.L. (2017). Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Routledge, New York.

Hacklin, F. (2007). Management of Convergence in Innovation: Strategies and Capabilities for Value Creation Beyond Blurring Industry Boundaries. Springer Science & Business Media.

Hacklin, F. y Wallin, M. W. (2013). Convergence and interdisciplinarity in innovation management: a review, critique, and future directions, The Service Industries Journal, vol. 33, n.o 7-8, pp. 774-788, may, doi: 10.1080/02642069.2013.740471.

Hacklin, F., Wallin, M.W., (2013). Convergence and interdisciplinarity in innovation management: a review, critique, and future directions. Serv. Ind. J. 33 (7–8), 774–788.

Karvonen, M., Kässi, T., (2013). Patent citations as a tool for analysing the early stages of convergence. Technol. Forecast. Soc. Change 80 (6), 1094–1107.

Kim, E.-S. (2018). Sociotechnical Imaginaries and the Globalization of Converging Technology Policy: Technological Developmentalism in South Korea, Science as Culture, vol. 27, n.o 2, pp. 175-197, abr.

Lepratte, L (2019). Convergencia tecnológica e innovación en empresas intensivas en conocimiento. Proyecto de investigación, Universidad Tecnologica Nacional.

Lim, H., Park, Y. (2009). Identification of technological knowledge intermediaries.Scientometrics 84 (3), 543–561

OECD (2004). The Implications of Convergence for Regulation of Electronic Communications, OECD Digital Economy Papers, No. 83, OECD Publishing, Paris.

Parmentier-Cajaiba, A. Lazaric, N. y Cajaiba-Santana, G. (2021). The effortful process of routines emergence: the interplay of entrepreneurial actions and artefacts, J Evol Econ, vol. 31, n.o 1, pp. 33-63, ene., doi: 10.1007/s00191-020-00691-7.

Robles Belmont, E y Lepratte, L (2019). Desarrollo de la Convergencia Tecnológica: una mirada desde el análisis bibliométrico, Revista Diálogos sobre Innovación, vol. 3 (1), dic.

Strauss, A. L. & Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundada (1. ed.). Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Tidd, J. y Bessant, J. R. (2016). Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change. WILEY INDIA.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a Carolina Anselmino y Francisco Alvisto por su colaboración para realización de este trabajo en su condición de becarios de Iniciación en Investigación y Desarrollo -BINID. También agradecen los comentarios y recomendaciones de los evaluadores del COINI 2022 a versiones iniciales del artículo.

INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA EL AGREGADO DE VALOR EN UNA EMPRESA ALIMENTICIA MARPLATENSE

González, Magali; Vidal, Leandro; Tabone, Luciana; Morcela, Antonio

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata.
magaa.gonzalez97@gmail.com; leandrovidalnoventaysiete@gmail.com; ltabone@fi.mdp.edu.ar; omorcela@fi.mdp.edu.ar

RESUMEN

El avance de la tecnología de los últimos años induce a que las industrias adapten sus procesos a entornos cada vez más cambiantes y que demandan un mayor valor agregado en los servicios. Si bien muchas organizaciones logran seguir el ritmo de crecimiento, otras necesitan hacer cambios para alcanzarlo. Es objetivo del presente trabajo determinar el nivel de incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 en una planta de una empresa multinacional alimenticia de la ciudad de Mar del Plata. La metodología implementada se basa en un estudio de caso abordado mediante la aplicación de entrevistas y análisis de datos de fuentes secundarias. En una primera etapa, se analizan las interacciones de los diferentes flujos de información en los procesos internos de la organización mediante la elaboración de diagramas de flujo de información y realización de auditorías tecnológicas. Se intenta entender cómo la organización genera, transforma, almacena y reporta los datos. En una segunda etapa, se efectúa un benchmarking con plantas de la empresa situadas en otros países con el fin de obtener ideas acerca de la aplicación de tecnologías inteligentes. A partir de la implementación de estas técnicas se definen las principales debilidades de la organización y la forma de incorporar tecnologías inteligentes para afrontar su transformación digital. Se concluye que la sede de Mar del Plata se encuentra atrasada en relación a las otras plantas entrevistadas y como trabajo futuro se realizará una propuesta de mejora que permita agregar valor a los procesos de la empresa mediante el aprovechamiento e incorporación de tecnologías de la Industria 4.0.

Palabras Claves: Industria 4.0, tecnologías inteligentes, auditoria tecnológica, benchmarking, agregado de valor.

ABSTRACT

The advancement of technology in recent years induces industries to adapt their processes to increasingly changing environments and to demand greater added value in services. While many organizations have managed to keep up with growth, others need to make changes to catch up. The objective of this work is to determine the level of incorporation of Industry 4.0 technologies in a plant of a multinational food company in the city of Mar del Plata. The implemented methodology is based on a case study approached through the application of interviews and analysis of data from secondary sources. In a first stage, the interactions of the different information flows in the internal processes of the organization are analyzed by drawing up information flow diagrams and carrying out technological audits. It attempts to understand how the organization generates, transforms, stores and reports data. In a second stage, benchmarking was carried out with company plants located in other countries in order to obtain ideas about the application of smart technologies. From the implementation of these techniques, the main weaknesses of the organization and the way to incorporate intelligent technologies to face its digital transformation are defined. It is concluded that the Mar del Plata headquarters is behind in relation to the other plants interviewed and as future work an improvement proposal will be made that allows adding value to the company's processes through the use and incorporation of Industry 4.0 technologies.

Keywords: Industry 4.0, smart technologies, technological audit, benchmarking, added value.

1. INTRODUCCION

El veloz y exagerado ciclo de circulación, reciclado y reemplazo de los productos que se genera en la nueva era de la modernidad líquida, resaltan la portabilidad y flexibilidad como atributos principales, dejando atrás la realidad sólida de otros tiempos. En este contexto, las empresas deben asumir estrategias para desarrollarse en entornos complejos y de gran volatilidad y generar así un mayor valor agregado a través de la adopción de nuevas tecnologías de la cuarta revolución industrial (Zanfrillo et al., 2020). Esta nueva era se identifica con la integración y cooperación de los sistemas físicos y virtuales a partir de la utilización de herramientas como inteligencia artificial y el aprendizaje automático. (Schwab, 2016). Otras tecnologías como computación en la nube, Big Data e Internet de las Cosas (IoT), permiten la interconexión y digitalización de los sistemas y procesos de las industrias (Joyanes Aguilar, 2017). Internet permite sincronizar el mundo físico, vinculando procesos, equipos y personas gracias a las tecnologías de operación y a las nuevas plataformas de las TIC (Castillo, Gligo & Rovira, 2017). En este contexto, las empresas se ven condicionadas tanto por factores externos como internos para la toma de decisiones en entornos complejos e inciertos. Una de estas decisiones es determinar qué tecnologías incorporar, siendo esto clave para determinar cómo se posicionará la organización a futuro y su evolución en el contexto de la Industria 4.0 (Valqui Vidal, 2010). La incertidumbre en la toma de decisiones se evidencia en el hecho de que las principales variables que deben considerarse al analizar un problema son siempre cambiantes. (Tabone, Mortara & Zanfrillo, 2019). El proceso de decisión y puesta en marcha de acciones debe incluir a todas las áreas de la organización y poseer una visión sistémica para poder obtener ventajas y generar valor para el cliente (Quintero & Sánchez, 2006).

Bajo un enfoque de cadena de valor, la organización es considerarla como un integrante de una cadena de suministro global, y en este contexto resulta ineludible poner énfasis en el análisis de nuevas modalidades de innovación, particularmente las organizacionales, asentadas en la generación de nuevas metodologías y capacidades para la absorción y transferencia de tecnología El presente trabajo consiste en un estudio de caso sobre una empresa alimenticia marplatense y tiene como objetivo el análisis de las formas de agregado de valor a sus procesos productivos mediante el aprovechamiento e incorporación de tecnologías de la Industria 4.0. Para ello, se analiza la cadena de suministro de la empresa, los actores involucrados y el manejo y flujo de información entre las áreas de la organización, para conocer, de esta manera, las tecnologías empleadas y determinar las posibles modalidades de agregado de valor mediante la adopción de las tecnologías de la era analítica.

2. MARCO TEORICO

2.1 Industria 4.0

La industria 4.0 implica una transformación digital en la fabricación y sus procesos con la utilización de herramientas surgidas del avance tecnológico. Esta revolución se basa en la aplicación del modelo Internet de las Cosas (IoT) y tiene como base cuatro pilares que son:

- Soluciones inteligentes: Los productos inteligentes se denominan de tal manera porque cuentan con la presencia de electrónica, software embebido (integrado con procesos físicos) y conectividad. Esta última permite la capacidad de comunicación máquina a máquina y la interacción con humanos, logrando formar sistemas de producción ciber físicos y creando “fábricas inteligentes”. Las especiales características de estos sistemas hacen que sea posible su autogestión, permitiendo la personalización, adaptación al entorno y a tareas nuevas. Gracias a estos, se logra generar nuevos servicios añadidos (servicios inteligentes) e intensificar la interacción con el cliente. Los servicios inteligentes marcan una clara innovación al establecer nuevos modelos de negocio. Las nuevas ofertas de servicio permiten optimizar los modelos existentes a través de la comunicación, la recogida de grandes datos (Big Data) y su análisis (Ciencia y analítica de datos).
- Innovación inteligente: Se aplica a lo largo de todo el ciclo de vida del producto inteligente y conectado, permitiendo tomar decisiones gracias a la combinación de los datos recogidos del producto inteligente, de las máquinas y de los clientes. Los datos se recogen de estas tres fuentes, se analizan, y se genera información que permite predecir tendencias o comportamientos para la toma de decisiones. Gracias a las herramientas informáticas que permiten de esta manera, orientar los procesos al cliente, se acelera el flujo de innovación y se reducen los tiempos de comercialización.
- Cadenas de suministro inteligentes: gracias a la incorporación de nuevas tecnologías, se puede hablar de cadenas de suministro automatizadas e integradas que permiten flexibilidad en la logística.

Esto se logra gracias a los avances de la informática que permite tener redes de colaboración ágiles y plataformas conectadas en red con interfaces entre empresas. Un ejemplo de esto es la utilización de SAP en la industria 4.0. Este software de gestión empresarial permite seguir el flujo físico de materiales y productos, identificados por radiofrecuencia (RFID), de manera digital en la plataforma. Este seguimiento por sistema permite conocer el estado y posición de los productos en la cadena de suministro en todo momento, permitiendo comunicación entre todos los eslabones de esta. Además, sirve para tomar decisiones y mejorar la capacidad de respuesta ante incidentes.

- Fábrica inteligente: este cuarto pilar se basa en la existencia de módulos o unidades de producción inteligentes interconectados que permiten tomar decisiones a nivel local. Cada uno de estos módulos toma los datos que requiere del proceso de fabricación al que están vinculados. Con la obtención de estos datos se descentraliza el control de la producción ya que cada Sistema de Producción Ciberfísico (CPPS) puede tomar decisiones relacionadas al proceso que permitan mejorar sus estándares. (del Val Román, 2016).

La industria 4.0, como producto de la cuarta revolución industrial, posibilita el diseño de ecosistemas complejos con la utilización de tecnologías como Big Data, IoT, sensores, etc. Estas permiten obtener y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real y, además, la interacción entre maquinas, sistemas y objetos. Las industrias están incorporando nuevas herramientas y tecnologías, que, sumadas a las anteriores, permiten crear fábricas inteligentes (Joyanes Aguilar, L., 2017). Las tecnologías más destacadas de la Industria 4.0 son robots autónomos, inteligencia artificial, simulación, sistemas de integración vertical y horizontal, IoT, ciberseguridad, la nube (cloud), fabricación aditiva (impresoras 3D), Big Data y analítica de datos (Basco et al., 2018)

2.2 Cadena de valor y cadena de suministros

La cadena de valor en una empresa, según Porter (1986), se compone por actividades primarias, las actividades de apoyo y el margen. Dentro de las Actividades Primarias se pueden mencionar:

- Logística de entrada: Consisten en la recepción y manipulación de los materiales, almacenamiento, inventarios, entre otras actividades de recepción, almacenaje, manipulación de materiales, inventarios, vehículos, devoluciones, entre otros.
- Operaciones: Aquellas que a lo largo del proceso transforman el producto final
- Logística de salida: Todas las actividades relacionadas a la distribución del producto final: transporte, programación de pedidos, almacén de producto terminado.
- Comercialización y ventas: Formada por las actividades del marketing operativo (precios, nichos de mercado, canales de distribución, publicidad, canales de ventas.

Como parte de las actividades de soporte existen compras, desarrollo de tecnología, dirección de recursos humanos, infraestructura institucional y margen.

Asimismo, se define la cadena de suministro como actividades que unen a los diferentes actores del proceso, con el fin de obtener resultados de entrega de productos en tiempo y forma, confiable y de calidad a un bajo costo (Srinivasan, Mukherjee & Gaur, 2011). Además, se ha visto como un conjunto de prácticas dirigidas a la gestión y la coordinación de actividades, desde los proveedores de materias primas hasta los clientes finales (Slack, Chambers & Johnston, 2010).

La diferencia más característica entre la cadena de valor y cadena de suministro se enfoca en la forma de abastecer al cliente. La cadena de valor se enfoca hacia atrás en el proceso, buscando generar valor a partir de las necesidades o requerimientos del cliente. En cambio, la cadena de suministros se enfoca hacia delante enfocándose en los proveedores y productores para eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia. (Walters & Rainbird, 2004). Sin embargo, Ramsay (2005) menciona que la cadena de valor y la cadena de suministros no son mutuamente excluyentes, sino que se complementan interactuando entre sí para poder brindar bienes y servicios al cliente.

2.3 Auditoría tecnológica, benchmarking y vigilancia tecnológica

La auditoría tecnológica es una herramienta de la industria 4.0 que se aplica en las organizaciones para reconocer y analizar requerimientos, necesidades de mejora y fortalezas con el fin de conocer cuáles son las necesidades en cuanto a características y elementos tecnológicos de la misma. Esto se realiza para evaluar oportunidades de optimización de recursos tecnológicos y luego poder determinar cuáles son las tecnológicas idóneas para y la satisfacción de la empresa en cuanto a su entorno productivo. (Fantín, 2016).

El benchmarking es un proceso continuo mediante el que se busca mejorar la competitividad de una empresa accionando sobre una o más áreas de esta. Esto se realiza comparando los productos, servicios o procesos de trabajo de la propia empresa con los de otra mejor posicionada. No es

copiarse de la competencia, sino tratar de implementar buenas prácticas observadas en los líderes y adaptarlas a la realidad de la organización realizando mejoras. Si se toma como referencia a aquellos que destacan en el área que se quiere mejorar y se estudia sus estrategias, métodos y técnicas para posteriormente mejorarlas y adaptarlas a la propia empresa, se alcanzará un nivel alto de competitividad. Además, existe el benchmarking interno, que se lleva a cabo dentro de la misma empresa. Se trata de identificar un área modelo dentro de la organización y a partir de ella poder replicar o modelar sus resultados en otras áreas dentro de la compañía (Chuquimarca-Espinoza et al., 2020).

Por último, la vigilancia tecnológica es definida según la Norma Española UNE 16600 como "el proceso organizado, selectivo y sistemático, para captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento con el fin de tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios". Dicha norma apunta a la necesidad de gestionar los recursos correctamente para el desarrollo del sistema de gestión de vigilancia tecnológico e inteligencia, así como también describe sus actividades. También indica que tanto la vigilancia como la inteligencia son herramientas fundamentales para la gestión de los proyectos de investigación, desarrollo e innovación que permiten desarrollar nuevos productos y servicios y procesos. A su vez, existe una norma argentina, "Norma IRAM – 50520: 2017", que busca apoyar toma de decisiones estratégicas en contextos continuamente de cambio, a través de la implementación de un sistema de vigilancia e inteligencia estratégica.

3. METODOLOGIA

La metodología implementada para el presente trabajo se basa en un estudio de caso de una empresa alimenticia marplatense que se aborda mediante la aplicación de técnicas como entrevistas y análisis de datos de fuentes secundarias. Para su realización, se necesitará, primeramente, entender cómo funciona el proceso productivo en la empresa y cómo interactúan los diferentes flujos de información dentro de este. Además, se deberá realizar un diagrama de flujos de información que muestre cómo interactúan las diferentes áreas para lograr comprender de forma sencilla el funcionamiento de la organización.

Para la recopilación de información dentro de la organización se seguirá primeramente la teoría de Porter sobre la cadena de valor de una organización para entender en qué áreas se debe hacer foco. Luego se utilizará como herramienta a la auditoría tecnológica. La auditoría se dividirá en dos partes; la primera estará basada en un relevamiento enfocado en entender cómo se manipulan los datos a nivel general dentro de la organización y cómo interactúan entre sí los diferentes agentes a lo largo de la cadena de suministro.

Por otro lado, una segunda parte hará foco en cada área en particular y se relevarán las herramientas informáticas utilizadas por cada una para tomar datos de los distintos procesos, transformarlos en información y reportarlos a otras áreas. Se utilizarán como fuentes secundarias los sistemas de información de la empresa y entrevistas semiestructuradas, aguas arriba y abajo sobre la cadena de suministro de la empresa. Además, se utilizarán los informes técnicos que son elaborados para la toma de decisiones operativas y de gestión.

Luego se buscarán alternativas que mejoren el servicio al cliente y para esto se utilizará como herramienta de apoyo al benchmarking con el objetivo de, a partir de la forma de operar de otras industrias, encontrar ideas útiles e implementarlas dentro del contexto de la organización para agregar valor. Se estudiará la disponibilidad de recursos y tecnologías de la industria 4.0, aplicables, pero no explotadas actualmente, mediante un proceso estructurado de vigilancia tecnológica.

4. DESARROLLO

4.1 Descripción general de la empresa

La empresa es una multinacional estadounidense fundada en 1965. Es líder mundial en la fabricación y comercialización de alimentos y bebidas y se encuentra presente en más de 200 países con diferentes marcas y productos. En Argentina, la compañía se encuentra en el mercado local desde hace 60 años y está dividida en dos unidades de negocio: bebidas y alimentos. La producción y distribución de bebidas está a cargo de una empresa tercerizada, mientras que la producción de alimentos se focaliza en tres instalaciones productivas en distintos puntos del país. La planta de Mar del Plata se encuentra ubicada en el Parque Industrial General Savio y se dedica a la producción de

diferentes snacks y también tiene una línea dedicada a la producción de galletas. Dentro de la organización se encuentran trabajando un total de entre 700 y 750 personas.

4.2 Cadena de valor y cadena de suministro de la organización

Analizando la cadena de suministro de la empresa y siguiendo la teoría de Porter sobre cadena de valor como base, se pueden describir a los actores que la conforman y cómo fluye la información a lo largo de la misma. A continuación, se detallan las actividades principales de la cadena de suministro de la empresa:

- Logística de entrada: Tanto las materias primas (MP) como los insumos se descargan en distintos puntos de la planta, ya que hay más de un almacén de MP para abastecer a todas las líneas. Los camiones que llegan a la planta son todos tercerizados, por lo que para ingresar deben informarse en el puesto de guardia correspondiente, desde donde se corrobora que el camión sea el correcto por medio de un Sistema Integrado de Control de Proveedores adquirido por la empresa. Los datos recolectados durante las inspecciones son cargados en un formulario y se almacenan en una hoja de cálculo. Todos los ingresos de materia prima/insumos y su ubicación, se registran a través de un software de gestión utilizado en la empresa (ERP). Este software funciona con diferentes módulos en los que se dispone la opción de visualizar información existente disponible o ingresar nueva información. Cada área o sector de la empresa tiene su propio módulo con un código para ingresar.
- Operaciones: Desde el almacén de materia prima se llevan los insumos y MP necesarios a cada línea de producción. A su vez, desde las líneas se envía al almacén la información sobre cuánta materia prima o insumos sobró de cierto lote de producción para saber entonces cuánta necesitan para el lote siguiente o dan aviso cuando falta alguna materia prima o insumo. Esta información se carga en el ERP. El área de calidad controla que los equipos estén en condiciones de higiene, que las características del producto cumplan con los estándares establecidos. Todas estas mediciones de control se guardan como datos para calcular indicadores y, a través de comparaciones entre resultados obtenidos y objetivos, corregir desviaciones. Se han incorporado formularios digitales y aplicaciones, reemplazando lo que hasta hace poco se realizaba en hojas de papel y se archivaba en carpetas. El área de mantenimiento coordina periódicamente paradas de línea para poder realizar mantenimiento de equipos y detectar cualquier falla de manera temprana. Por otra parte, también hay un pañol del área desde donde se abastece a las líneas con insumos para los mantenimientos.
- Logística de salida: Las actividades de logística de salida comienzan en el momento en que los productos ya están empaquetados y listos para ser almacenados en la bodega de producto terminado (PT). El ingreso de los productos se realiza mediante un ERP, escaneando su código y dándole una ubicación específica a cada uno. Las tareas dentro de la bodega son cuatro: almacenamiento, preparación de pedidos, transporte de pedidos y carga de camiones.

Tal como menciona Porter, hay otras actividades primarias que existen dentro de una organización, como comercialización y ventas o servicio post-venta. En el caso de estudio, ambas actividades se manejan desde las oficinas que tiene la organización en la ciudad de Buenos Aires, sin tener ninguna sede en la ciudad de Mar del Plata. Las tareas de ventas se dividen en tres canales de distribución: Mayoristas y Super mayoristas, Canal Tradicional y Distribuidores. Los primeros 2 canales son los convencionales y se trata de grandes cuentas con alta confiabilidad por la trayectoria con la que cuentan en el mercado. En base a la descripción previa se construye el diagrama de flujo (Figura 2) que muestra qué información es requerida y aportada por cada uno de los actores de la cadena de suministro y cómo fluye la misma a lo largo de esta.

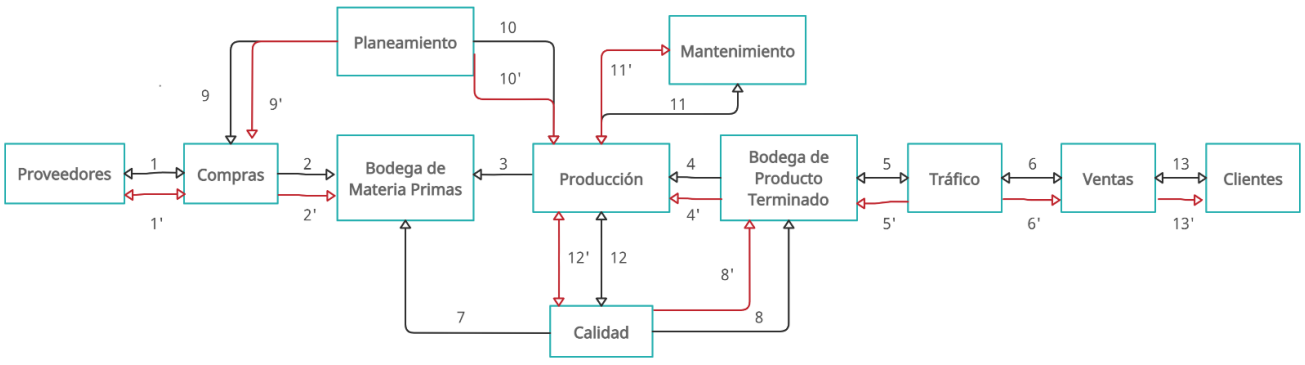


Figura 2: Demandas y aporte de información en la cadena de suministro

Tabla 1: Flujos de información

Áreas	Información existente	Información requerida
Proveedores - Compras	1. Los proveedores envían información vía mail a compras sobre la fecha en que las MP e insumos van a llegar a planta y en qué cantidades y compras les brinda información vía mail a los proveedores sobre proyección de requerimientos de MP e insumos a 6 meses	1´. Desde compras se requiere un mejor flujo de información con los proveedores para poder obtener indicadores como por ejemplo cumplimiento de pedidos y para poder tener un histórico que permita calcular mejor los requerimientos y darle información más precisa de cantidades a los proveedores.
Compras – Bodega de MP	2. Compras comunica por mail a Bodega de MP sobre los arribos de los proveedores para que en el almacén se preparen para descargar.	2´. Bodega de MP requiere el reporte del seguimiento de pedidos de materia primas e insumos.
Bodega de MP - Producción	3.Desde Bodega no fluye información hacia Producción. Producción informa a Bodega, a través del ERP, las cantidades sobrantes en las líneas de estos insumos y MP del lote anterior para que se descuente de los que se debe entregar la bodega a cada línea según la planificación diaria.	3´. No se requiere otro tipo de información.
Producción – Bodega de PT	4.Desde Bodega de PT se informa a Producción cuando se llega a la capacidad máxima de almacenamiento para que se tomen medidas en cuanto a reducción o freno en la producción. Esto se informa vía mail o de forma personal.	4'. La información que no fluye actualmente y que sería beneficioso en ambos sentidos es sobre la capacidad ociosa de la bodega en tiempo real. Esto podría servir para que se calcule automáticamente cuánta más producción puede realizarse sin colapsar la bodega.
Bodega de PT - Tráfico	5. Tráfico es el intermediario entre ventas y Bodega de Producto. Desde Tráfico se informa sobre la planificación diaria de arribos de transportes para cargar pedidos. Esta información se almacena en un Excel e incluye tipo y nombre de transporte, destino, día y horario de llegada, entre otros. Bodega devuelve como información el horario real al que cada transporte llega a la planta y con ello determina el cumplimiento de cada uno. Además, se informa la hoja de ruta, fecha y hora de salida.	5'. Se requiere un mejor flujo de la información que permita centralizar todo y obtener indicadores para tomar decisiones en conjunto.
Tráfico - Ventas	6. Tráfico informa a ventas el horario de llegada de los transportes hacia cada uno de los destinos para que sea comunicado a los distribuidores. Ventas informa a Tráfico cuando un transporte no llegó a destino por mail o teléfono.	6´. Desde ventas se requiere información sobre cumplimiento de transportes que llegan a cargar a Bodega de Producto Terminado para tener control sobre la llegada de los pedidos a los distribuidores.
Bodega de Materia Prima - Calidad	7. Calidad informa a Bodega de Materia Prima sobre aquellas MP o insumos bloqueados que todavía no pueden ser utilizados en las líneas. Esto se carga en el ERP de la empresa y cuando alguna MP o insumo es escaneado desde el almacén pueden ver que se encuentra bloqueado.	7´. No se requiere información extra.
Bodega de Producto Terminado - Calidad	8. Calidad informa a Bodega de Producto Terminado sobre aquellos pallets de producto bloqueados o intervenidos que todavía no pueden ser despachados. Esto se carga en el ERP de la empresa y cuando algún pallet es escaneado desde el almacén pueden ver que se encuentra bloqueado.	8´. Desde Bodega de Producto Terminado se requiere tener información sobre históricos de intervenciones para calcular indicadores. Además, sería importante conocer los pallets intervenidos para no almacenarlos.
Planeamiento - Compras	9. Desde Planeamiento, se envía vía mail la planificación de producción con los requerimientos de materia prima e insumos al área de Compras.	9´. Se requiere que esa misma información se envíe a través de otra vía que permita tener un histórico e indicadores claves.
Planeamiento - Producción	10, Planeamiento le brinda información a Producción sobre la planificación día a día. Esto se envía también vía mail en formato PDF.	10'. Se requiere que esa misma información se envíe a través de otra vía que permita tener un histórico e indicadores claves.
Mantenimiento - Producción	11. Desde Producción se informa sobre algún problema o fallo en el funcionamiento de equipos vía mail. Además, desde las líneas también fluye información hacia el sector de soluciones técnicas dentro de Mantenimiento a través de una app diseñada internamente.	11´. De parte de mantenimiento se requiere información en tiempo real del funcionamiento de los equipos para poder calcular en qué momento van a fallar y armar en base a eso un plan de mantenimiento más eficiente.

Producción - Calidad	12. La conexión entre Calidad y Producción en términos de información está dada por los controles de calidad del producto. Estos datos se envían desde Producción a Calidad y Calidad devuelve indicadores como información. El registro de estos datos se hacía en planillas en papel y Calidad las cargaba en el ERP. Actualmente se está trabajando en la creación de una aplicación realizada con PowerApps, para que se carguen los datos de forma directa al ERP, mejorando la productividad en un 400%.	12'. Algo que actualmente Calidad no recibe, pero que sería útil, es información en tiempo real sobre cada proceso para saber en dónde puede haber un desvío e ir controlando segundo a segundo las características de la MP/producto en todas sus fases (por ejemplo, la humedad). De esta manera se podría saber en qué momento exacto hay un desvío del estándar y tomar medidas al respecto.
Ventas - Clientes	13. Desde Ventas se informa a los clientes (distribuidores) la proyección de ventas a 6 meses, el objetivo de ventas a cumplir. y el tiempo aproximado de llegada de los pedidos a sus centros de distribución. El distribuidor comunica las ventas realizadas y la situación del mercado respecto a los clientes finales. Este intercambio se realiza mediante un sistema específico distinto al ERP utilizado internamente. Con esta retroalimentación de distribuidores se va ajustando la proyección de ventas y los objetivos.	13´. Para generar un mejor servicio a los distribuidores Ventas brindar información en tiempo real del estado y recorrido de los pedidos desde la empresa hacia los depósitos de estos clientes. Además, a la empresa le sería útil tener información sobre el estado de los puntos finales de venta respecto a cantidad de mercadería, distribución, extensión de dichos puntos de venta, etc.

4.3. Auditoría tecnológica

Como punto de partida en esta investigación, para conocer las tecnologías presentes y la manera en que se manipulan los datos en la empresa en estudio, se realiza una auditoría tecnológica. Uno de sus objetivos es entender cómo se agrega valor en la cadena de suministro a través de la aplicación de herramientas tecnológicas. Gracias a entrevistas con colaboradores de distintos sectores de la organización, se lleva a cabo un análisis con incumbencias orientadas a cómo se generan los datos, cómo se transforman y cómo se reportan a nivel general. Para generar datos se utiliza un ERP, para transformarlos se utilizan Scripts y Excel en su mayoría, y para hacer el reporte se utiliza un software específico para reportar datos o planillas de cálculo. Los datos transformados se almacenan en SharePoint o en Excel para luego ser reportados. El proceso de búsqueda de datos se puede observar en la Figura 3.

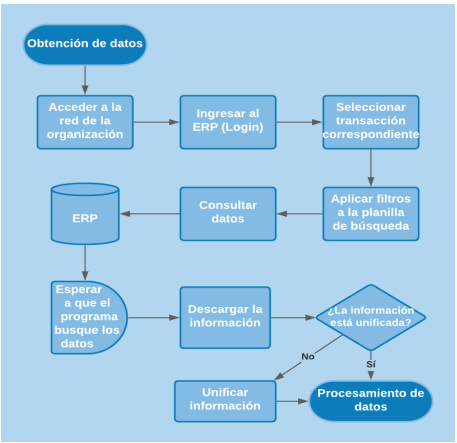


Figura 3. Obtención de datos.

A nivel estructural de la organización, el equipo de reporte de datos se divide en equipo local, regional y global. Cada equipo persigue distintos niveles de objetivos y manejan distintos niveles de información. El equipo local persigue estrategias con el objetivo de que el negocio funcione y genere ganancias. El equipo regional busca mejorar el negocio a través de buenas prácticas. El equipo global busca cambios disruptivos enfocados en cómo cambiar los estándares. El equipo local le reporta al equipo regional y el equipo regional le reporta al equipo global. En cuanto al soporte físico de reporte de datos, la empresa cuenta con una base de datos en un servidor de 14 Tera Bytes (TB) de información que alimenta toda Latinoamérica. También hay otra base de datos para las plantas que operan en Estados Unidos y otra para Europa.

Las herramientas de acceso y gestión de datos utilizadas por la empresa son:

– Manipulación de datos: Para generar información, existe un proceso previo de tratamiento de datos. En este proceso, lo primero que se hace es generar los mismos. En segundo lugar, estos datos se transforman para generar información, se almacenan y, por último, se reportan. Este procesamiento de datos se suele llevar a cabo a través de la herramienta "*Extract, Transform, Load*" (ETL). Existe una caracterización para las bases de datos, la cual las diferencia por bases de datos *On-Line Transaction Processing* (OLTP) y bases de datos *On-Line Analytical Processing* (OLAP). En el caso de las bases OLAP, están optimizadas para el procesamiento analítico de datos, junto con su reporte y modelación. A diferencia de las OLTP, las bases OLAP son lentas para realizar transacciones. Por lo que este tipo de base de datos son útiles específicamente para reportar los datos extraídos previamente de las bases OLTP y procesados. En lo que respecta a la empresa, en la actualidad sólo cuenta con bases de datos de tipo OLTP. Los datos procesados se almacenan en el ERP o en una plataforma de colaboración empresarial. Tampoco cuenta con un proceso estandarizado de procesamiento de datos. Es importante mencionar esto ya que, los factores que se mencionan de la situación actual podrían ser oportunidades de mejora para aumentar la eficiencia de la planta ahorrando tiempo para operaciones manuales respecto al procesamiento de datos, y, en consecuencia, reduciendo costos. Como se puede apreciar en la figura 4, se muestran visualmente los diferentes softwares que la organización utiliza en las distintas etapas del procesamiento de datos.

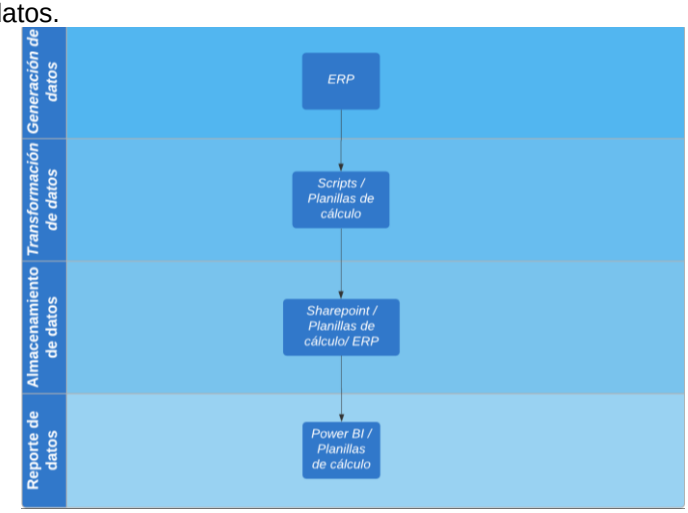


Figura 4. Procesamiento de datos.

– Generación de datos; Los datos se generan con cada transacción. En el momento que el producto llega al almacén intermedio en forma de pallet, este queda ingresado en el sistema. La empresa, en parte, posee sectores que generan datos a partir de papel. En otros sectores más automatizados, los datos se generan a partir del ERP, el cual es una base de datos 100% relacional. Se trata de una base de datos del tipo OLTP, orientada a realizar procesamiento de transacciones en tiempo real. Al realizarse transacciones en tiempo real los sistemas deben responder rápido, y para ello, deben contar con bases de datos normalizadas como lo es la del ERP utilizado por la empresa. Por tratarse de una base de datos de tipo OLTP, los datos se generan rápidamente. La empresa no posee un proceso estandarizado para transformar los datos luego de extraerlos de la base de datos y previo a su reporte. Aunque, cabe mencionar que algunos sectores de la empresa, de forma independiente, tienen macros de planillas de cálculo programadas para procesar datos. El problema radica en que, al no contar con un proceso automático de transformación de los datos, la organización debe acceder a los datos de la base de datos de forma manual. Esto genera que se ocupe tiempo humano accediendo a la base de datos, completando formularios para acceder a datos específicos, y esperando los procesos de carga de estos.

– Transformación de datos: Luego de que los datos son extraídos de la base OLTP, estos necesitan se transformados para obtener información útil. Este proceso consiste en limpiar los mismos dejando solo los necesarios para un análisis y armado de reporte o *Dashboard.* En el caso de la empresa, la transformación de datos se realiza a través de scripts o planillas de cálculo, dependiendo de las preferencias/aptitudes y creatividad de las personas ya que esto depende totalmente de cada uno, no es un requisito ni un estándar. La empresa no cuenta con un proceso que optimice la transformación de datos generados, dificultando así el armado de reportes. Como se mencionó anteriormente, los datos transformados se almacenan en la base de datos del ERP o en una plataforma de colaboración empresarial ya que no cuentan con bases de datos OLAP. Otro problema que hay en la empresa a nivel información, es que no existen auditorías de datos. Esto

genera que haya datos incongruentes que generan problemas, así como también la existencia de datos que siempre estuvieron y nunca se le dieron utilidad, sobre todo los datos almacenados en forma de papel.

- Almacenamiento de datos transformados; Luego de su transformación, los datos deben quedar guardados para su posterior uso. Para este almacenamiento en la empresa se utiliza *SharePoint* y planillas de cálculo. Cabe destacar que esta última en realidad no es un sitio de almacenamiento, sino que funciona como hoja de cálculo, pero así y todo muchos colaboradores dentro de la empresa en estudio lo utilizan para guardar datos. En *SharePoint* se pueden crear grupos de trabajo cerrados lo que permite que no cualquiera tenga acceso a ciertos datos preservando la integridad de estos. Además, en dichos grupos se pueden subir documentos, asignar tareas y crear listas con un formato similar a planillas de cálculo donde se guardan datos en filas y columnas.
- Reporte de datos; Para el reporte de datos en la organización, se busca unificar las diferentes fuentes de datos en una sola herramienta que, en este caso, es un software especial para el reporte de datos o *PowerBI.* Este software está compuesto por tablas relacionadas entre sí. Cabe aclarar, que el uso de esta herramienta no es obligatorio, sino que depende de cada colaborador dentro de la organización aprovechar dicho recurso o no. También se usa Excel para reportar datos, aunque en esta herramienta, el reporte se hace más complejo y lleva más tiempo hacer la misma tarea. Finalmente, se puede afirmar que la organización no posee un proceso estandarizado de extracción de datos. Entonces, si no existe un proceso correcto para realizar una extracción, se hace imposible hacer una visualización correcta.
- Apps complementarias: En la organización se usan estas aplicaciones para hacer controles de stock, para recabar datos en inspecciones, para llevar un control y registro de los elementos dentro del pañol de herramientas y de elementos de limpieza, etc. El lenguaje utilizado para la creación de las aplicaciones es el de Visual Basic. Una de las ventajas que tiene la utilización de las aplicaciones complementarias es su bajo costo, ya que se aprovecha un recurso ya existente en la empresa. Además, es una herramienta simple de utilizar, por lo que no requiere de mano de obra experta y externa a la empresa. Un punto importante también es que desde el software que crea aplicaciones se puede hacer conexión con el software de reporte de datos que utilizan algunos colaboradores de la empresa. Esto permite, de manera sencilla, recabar datos y desde la misma aplicación poder procesarlos y reportarlos a través de esta última herramienta mencionada.

En una segunda parte de la auditoría se efectua un relevamiento de las herramientas utilizadas en cada área mediante la información de las entrevistas realizadas a los coordinadores de cada área. DE est amanera, se obtiene una visión general y más amplia de las áreas y no abarcar solo tareas realizadas por empleados con conocimiento o información limitada a un puesto específico. En la Tabla 2 se presentan las herramientas que se utilizan en las diferentes áreas para manejo de datos.

Tabla 2: Herramientas de manejo de datos utilizadas por las áreas.

Área	Registro	Almacenamiento	Reporte
Calidad	Forms, Power Apps, Excel	Excel, SharePoint	Power BI (Solo para algunas tareas), Excel, Mail
Compras	Excel	Excel	Se envía información vía Mail
Planning	Excel, Access	Excel, Access	Se reporta el plan de producción en formato PDF por mail
Bodega de MP	Forms, papel para un mínimo de tareas	Excel, SharePoint	No utilizan herramientas de reporte. Cuando tienen que enviar alguna información lo hacen por mail con gráficos o información en Excel.
Bodega de PT	PowerApps,Excel con macros, Forms	Excel, SharePoint	-
Ventas	Excel	Excel	Sistema independiente con el cliente, mail
Mantenimiento	Excel con Macros, Python	Excel	Python
Producción	PowerApps, Excel	SharePoint	-

Hay un claro predominio del Excel tanto para registrar datos como para almacenarlos. Incluso también se utiliza como herramienta de reporte, donde los gráficos e indicadores luego se envían por mail. Además, es importante aclarar que todas las áreas suben la mayoría de los archivos a la nube desde donde pueden compartirlos con otras áreas. No se visualiza un aprovechamiento de herramientas como *PowerBI o SharePoint*, este último más seguro que Excel. Además, otro recurso como PowerApps prácticamente no se usa, ya que actualmente no hay muchas personas capacitadas dentro de la organización para crear las aplicaciones. Lo mismo sucede con las Macros, muy útiles, pero al utilizar lenguaje de programación como *PowerApps* no tiene un manejo tan simple y no hay capacitaciones sobre su uso.

4.4 Otras Tecnologías de la Industria 4.0 presentes en la empresa bajo estudio

Además de comprender cómo se manipulan los datos y cómo son los flujos de información dentro de la organización, se deben tener en cuenta otras tecnologías mencionadas que forman parte de la Industria 4.0. Dentro de la empresa se pueden mencionar las siguientes:

- Impresión 3D: Esta tecnología es utilizada dentro de la empresa en el sector de mantenimiento. Se utiliza para fabricar repuestos para reparar equipos cuyos tiempos de demora son muy elevados si se compraran.
- Ciberseguridad: Como condiciones básicas, la empresa requiere que todos los equipos tengan antivirus al día, al igual que el sistema operativo actualizado. Además, para evitar el robo de información a través de la web, cuando se conecta un equipo, se desconecta internet y viceversa.
- Internet de las cosas: Un ejemplo claro de la utilización de esta tecnología se da en el sector de soluciones técnicas del área de mantenimiento, donde se está finalizando una aplicación en Python para tomar datos turno a turno de forma automática en balanza, envasadoras y comprobadores de sellado y subirlo así a una base de datos en la nube. De esta manera se podrían controlar estos equipos sin necesidad de estar presente físicamente en la planta.
- Automatización de Procesos: En este caso se puede mencionar a las Macros como principal herramienta dentro de la automatización de procesos. En la Bodega de PT se utiliza por ejemplo una Macro para el sistema de facturación. En este, mediante un botón se actualizan los datos provenientes de una lista de *SharePoint* necesarios para facturar los camiones que llegan a planta. Luego, con otro botón y mediante programación con la macro se lleva a cabo este proceso de manera muy simple y rápida. Por otra parte, en las áreas de Calidad, Bodega de MP y Finanzas, también se utilizan macros para cargar o descargar información del ERP. Otro ejemplo de esta tecnología se encuentra dentro del sector de soluciones técnicas de mantenimiento donde se recibe la información que se toma turno a turno de las máquinas a través de una aplicación diseñada internamente. Luego se realiza un informe en forma automática que se envía a los referentes de empaque automático regional.

4.5 Benchmarking de buenas prácticas 4.0

Como se ha analizado a lo largo del trabajo, la industria 4.0 trae consigo la aplicación de numerosas herramientas tecnológicas y muchas empresas tienen total desconocimiento de dichos avances. Teniendo en cuenta las limitaciones presentes, y buscando alternativas de mejora del servicio al cliente, se utiliza el benchmarking para encontrar ideas aplicables a esta empresa a partir de estudiar la manera de operar de otras organizaciones mejor posicionadas frente al cambio tecnológico. En este caso, el benchmarking se aplica con otras plantas de la misma empresa, pero fuera de Argentina. Se pueden mencionar las plantas de México y Chile, las cuales están más avanzadas a nivel de Industria 4.0 que la planta local.

Para el caso de la Planta Cerrillos en Chile, se le realiza una entrevista a una persona de la planta para conocer tanto sobre las iniciativas de digitalización, como también sobre la manipulación de datos/información de dicha planta. Si bien no se la puede considerar una planta automatizada un 100%, está más avanzada que la planta de Mar del Plata. Por ejemplo, las distintas líneas de producción tienen una red en común, es decir que la planta está interconectada, algo que localmente no sucede. Además, en los sectores de empaque, el cual es automático en todas las líneas, tienen generación de información en tiempo real sobre los procesos y sus indicadores. Esto puede ser visto en todo momento por los operarios lo que permite que ellos mismos tengan un mayor control sobre el proceso y detectar el momento y el lugar en el que ocurre una falla. Por otra parte, si bien no hay un equipo de trabajo destinado a la mejora en el proceso de generación, transformación y reporte de datos, utilizan Tableau y próximamente van a migrar a PowerBi. Este último, se utiliza en la ciudad local, pero en áreas aisladas, mientras que en Chile esta es una herramienta dominada por toda la planta (Se utiliza diariamente y en todas las áreas).

Para el caso de la Planta Vallejo en México, se entrevista al gerente de Ingeniería de Proyectos. Si bien en dicha planta están mucho más avanzados en cuanto a Industria 4.0 respecto a otras plantas de la región, todavía tienen mucho camino por recorrer. La misma se encuentra en una transición entre automatización (Industria 3.0) y sistemas inteligentes (Industria 4.0) y la gerencia actualmente está trabajando en varios proyectos para poder continuar con dicha transición. Lo que buscan es integrar toda la cadena de suministro y para eso tienen en cuenta desde el agricultor hasta los consumidores. En esta planta están trabajando sobre cuatro bloques principales: sistemas autónomos, computación en la nube, *Big Data* e IoT. Actualmente tienen algunas aplicaciones de Industria 4.0 en funcionamiento, como un *Dashboard* online con las características más importantes del proceso y que les permite tener un control en tiempo real y un historial. También, tienen un programa para realizar performance de las máquinas el cual ya está funcionando en la mitad de la planta y en el corriente año pretenden extenderlo a toda la planta. Por otra parte, tienen conectividad remota de IPad en todas las líneas, en lo cual se invirtió en una pre-etapa como parte de la infraestructura. Hay que destacar que en esta planta se cuenta con un capital amplio para poder avanzar en el proceso de transición a Industria 4.0, por lo que los objetivos a corto plazo están enfocados en el rendimiento de la producción, mantenimiento predictivo, mapeo digital de reconocimiento, calidad digital, equipos inteligentes y sala de control. Están llevando a cabo un programa de gestión del cambio para crear una nueva visión y misión para la planta y nuevos objetivos basados en este proceso de transición.

5. RESULTADOS

El objetivo de realizar un diagnóstico inicial es determinar en dónde se encuentra ubicada la organización en estudio respecto al avance tecnológico y en base a las debilidades identificadas, proponer mejoras futuras. A partir de la recolección de información presentada en el apartado anterior, se analiza el proceso de obtención de información a partir de la generación de datos y la interacción entre los agentes a lo largo de la cadena de suministros para identifican una serie de debilidades presentes en la organización, como se detalla a continuación:

1. No existe seguimiento de los pedidos de MP e insumos: Esta debilidad se genera en compras, ya que es el área que debería encargarse de llevar un seguimiento de los pedidos. Impacta en Bodega de MP porque si no se sabe cuándo van a llegar exactamente los pedidos de manera anticipada, en la bodega no se puede organizar de forma eficiente la descarga de los camiones y almacenamientos. También impacta en Calidad, ya que esta área tiene que disponer de recursos para realizar los controles cada vez que llega un pedido de MP.
2. Compras no posee un indicador de la merma de MP: Llevar un registro de merma de MP debe ser tarea del área de Calidad: No contar con esta información impacta en Compras y Bodega de MP ya que en los pedidos no se tiene en cuenta dicha merma. Además, impacta en los proveedores cuando se tiene que volver a realizar un pedido por falta de MP ya que puede suceder que no tengan stock suficiente. Por último, impacta en Planeamiento y Producción ya que afecta directamente a la organización del trabajo.
3. No hay un control en tiempo real del porcentaje de ocupación de la Bodega de PT: En reiteradas ocasiones sucede que, por distintas causas, la cantidad de despachos de pedidos no se equilibra con la producción y la ocupación en la Bodega de PT llega a su tope máximo. En estos casos se avisa a los encargados de las líneas para que frenen la producción. Si se pudiera tener en todo momento un control del porcentaje de ocupación de la bodega, desde las líneas podrían anticiparse a un posible freno en la producción y planificar en base a eso.
4. No existe análisis de datos que permita obtener información sobre cumplimiento de transportes: Esta debilidad es generada por tráfico, área encargada del manejo de transportes. Impacta primeramente en la Bodega de PT ya que, al no haber control sobre cumplimiento de transportes, no se puede saber si los camiones van a llegar a la hora pactada o no y en base a eso preparar los pedidos. Además, impacta en ventas por la misma razón; si los camiones no cargan a la hora pactada, tampoco van a llegar a los distribuidores (clientes) al horario en que se les había informado.
5. No se reportan los pallets intervenidos antes de que estos sean almacenados en la bodega: El área encargada de intervenir los pallets es Calidad. Si esta área no los interviene antes de que ingresen a la Bodega de PT, estos pallets son almacenados. Esto genera trabajo extra en la bodega, ya que ocurre en muchas ocasiones que, al preparar un pedido, se retiran pallets y al escanear su código, ocurre que están intervenidos y hay que volverlos a ingresar y buscar un nuevo pallet.

Además, en varias oportunidades sucede que un pallet es despachado antes de ser intervenido y llega al cliente en malas condiciones, generando reclamos de parte de este.

6. No se almacenan los datos históricos del plan de producción: En este punto, la debilidad se genera en el área de planeamiento. Los planes de producción se envían por mail a las áreas correspondientes, y si se tiene en cuenta que por día a los encargados de dichas áreas les llegan más de 100 mails, buscar el plan de un día específico se hace imposible o muy poco práctico. Por eso esta manera de reportar el plan no es la correcta. Además, debido a esto no hay un análisis de los datos de producción que permitan obtener información importante. Esto afecta al área de compras ya que al no tener esa información no es posible planificar el reabastecimiento de materia prima de manera más eficiente.
7. No hay información en tiempo real sobre el estado de los equipos que permita saber cuándo va a haber una falla: El área generadora de la debilidad es Mantenimiento e impacta primeramente producción ya que si no se predice cuando un equipo va a fallar y falla, se tiene que detener la producción. También impacta en Calidad y en planeamiento porque se debe replanificar la producción.
8. No hay seguimiento en tiempo real de los parámetros del proceso que permita detectar no conformidades en los productos: Para saber si los parámetros del proceso se encuentran dentro de los estándares, se hacen controles manuales cada cierta cantidad de tiempo. Esto hace que, si se encuentra un desvío, se tenga que descartar todo el lote producido luego de la última prueba correcta. Si desde el área de Calidad se pudiera llevar un control continuo del proceso, se podría detectar el desvío en el momento exacto en que se produce y esto afectaría menos a producción ya que no se tendría que frenar el proceso ni descartarse el lote completo. Esto podría afectar a ventas si al descartar lotes no se llegara al abastecimiento planificado, teniendo impacto directo en los clientes por no recibir los productos en fecha y hora.
9. Los clientes (distribuidores) no pueden conocer el estado de su pedido: Esta debilidad se genera en Bodega de PT, siguiendo por Tráfico y luego por ventas ya que deberían ser los encargados de informar el estado del pedido en cada parte del proceso. Esto impacta en los clientes que no tienen conocimiento del momento en que van a recibir su pedido.
10. La empresa no posee información sobre los puntos de venta a los que llegan los distribuidores: La empresa no tiene contacto con los puntos finales de venta a los cuales llegan los distribuidores, por lo que no se tiene información sobre disposición de los productos de la empresa en dichos puntos, etc.

6. CONCLUSIONES

El avance tecnológico que trajo aparejada la cuarta revolución industrial hace necesario el análisis de los recursos presentes en las empresas y las modalidades de aprovechamiento de dichos recursos para poder transitar el proceso de transformación digital.

El presente trabajo toma como caso de estudio a una empresa multinacional alimenticia radicada en la cuidad de Mar del Plata. En una primera etapa, se realizó un análisis de la cadena de suministro de la empresa que permitió comprender en profundidad las interacciones y requerimientos futuros del flujo de información. Luego, mediante las auditorías tecnológicas se analizaron las formas de manipulación de los datos a nivel general dentro de la organización y cómo interactúan entre sí los diferentes agentes a lo largo de la cadena de suministro. Esta herramienta facilitó el reconocimiento de necesidades de mejora y fortalezas para hacer frente a al proceso de cambio tecnológico.

En una segunda etapa, se utilizó benchmarking para estudiar la forma de adopción de tecnologías 4.0 en tres plantas de la empresa situadas en otros países con el fin de encontrar ideas útiles que puedan ser implementadas dentro de la planta en estudio. Asimismo, mediante el proceso de vigilancia tecnología se efectuó un análisis interno respecto a la disponibilidad de recursos y tecnologías de la industria 4.0, aplicables, pero no explotadas actualmente.

Como resultado de este diagnóstico inicial se identificaron las debilidades más importantes y se pudo determinar posición de la organización respecto al avance tecnológico y posibles formas de incorporar tecnologías inteligentes. Se concluye que la sede de Mar del Plata todavía está transitando la tercera revolución industrial y se encuentra atrasada en relación a las otras plantas entrevistadas. Para afrontar este proceso de transformación, la empresa requiere una estructura flexible frente al cambio cultural que abarcará a cada integrante de la cadena de valor. Esto involucra a todas las áreas de la organización y los principales actores de su entorno, como los proveedores y clientes. Si todos estos actores están motivadas y comprometidos con este cambio, se puede

pensar en una estandarización en cuanto a manipulación de datos y herramientas tecnológicas en toda la cadena de suministro creando valor agregado. Esto último es la base para poder realizar transformaciones que permitan acercarse a la cima tecnológica que propone la cuarta revolución industrial.

Como trabajo futuro se realizará una propuesta de mejora que permita agregar valor a los procesos de la empresa mediante el aprovechamiento e incorporación de tecnologías de la Industria 4.0 mediante la aplicación de Investigación Operativa *Soft.*

7. REFERENCIAS

Basco, A.; Beliz, G.; Coatz, D.; & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el futuro*. Ciudad de Buenos Aires: BID. http://dx.doi.org/10.18235/0001229.

Castillo, M., Gligo, N., & Rovira, S. (2017). *La política industrial 4.0 en América Latina*. En Cimoli, M., Castillo, M., Porcile, G. & Stumpo, G. (Eds.), Políticas industriales y tecnológicas en América Latina (pp. 549-572). Santiago, Chile: CEPAL. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43944/S1700602_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Bilbao: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Recuperado de: http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf.

Joyanes Aguilar, L. (2017). Ciberseguridad: la colaboración público-privada en la era de la cuarta revolución industrial (Industria 4.0 versus ciberseguridad 4.0). *Cuadernos de estrategia*, 185, 19-64. Recuperado de: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6115620.pdf

Quintero, Johana & Sánchez, José (2006). La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico. *Telos,* 8(3),377-389. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=993/99318788001.

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Ginebra, Suiza: World Economic Forum. *Economía* XLI (81), 194-197. DOI: 10.18800/economia.201801.012.

Tabone, L.; Mortara, V. & Zanfrillo, A. (2019). Propuesta de un sistema de información para una institución de salud mental utilizando Investigación Operativa Soft. *XII Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias* (p.11). Manizales: Universidad Autónoma de Manizales. Recuperado de: https://congresos.autonoma.edu.co/sites/default/files/congresos/memorias-simposio-industrial-2019.pdf

Valqui Vidal, R. (2010). *La investigación de operaciones: un campo multidisciplinario*. Lima: Guzlop. Recuperado de: https://docplayer.es/77343715-La-investigacion-de-operaciones-un-campo-multidisciplinario.html.

Zanfrillo, A.; Morcela, A.; Mortara, V; Tabone, L.; Carrizo, G.; Gadaleta, L.; Delmonte, P.; Massano, R. & Bounoure, J. (2020). *Industria inteligente para el agregado de valor a la cadena de suministro regional*. Póster presentado en Jornadas INVESTIGAR UNMDP-2020, Mar del Plata [ARG], 19-30 octubre 2020.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations management*. Pearson education.

Srinivasan, M., Mukherjee, D., & Gaur, A. S. (2011). Buyer–supplier partnership quality and supply chain performance: Moderating role of risks, and environmental uncertainty. *European Management Journal*, 29(4), 260-271.

Walters, D., & Rainbird, M. (2004). The demand chain as an integral component of the value chain. *Journal of consumer marketing*, 21 (7),465-475. https://doi.org/10.1108/07363760410568680.

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: Free Press.

Ramsay, J., 2005. The real meaning of value in trading relationships. *International Journal of Operations & Production Management*, 25, 549-65.

Fantin, L. (2016). *CMM: Modelo de Madurez de las Capacidades:¿ Cómo implementar un sistema de calidad en las industrias del sector tecnológico?* [Tesis Doctoral, Universidad Siglo 21] Repositorio US21 https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/11185.

Chuquimarca-Espinoza, M.; Narváez-Zurita C.; Ormaza-Andrade, J.; & Erazo-Álvarez, J. (2020). El futuro de la auditoría y las innovaciones tecnológicas. *Dom. Cien*., 6(1), 316-339. http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i1.1149.

PROCESADO DE SEÑALES CON WAVELET: APLICACIÓN EN EL FILTRADO DE RUIDO Y COMPRESIÓN DE LA INFORMACIÓN

Gelid, Pedro Benjamin

Docente en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
Estudiante de Máster en Ingeniería de Sistemas y Control por la Universidad Complutense de Madrid.

benjamingelid@hotmail.com

RESUMEN

La transformada de Wavelet es una alternativa a la transformada de Fourier, en la cual se usan ventanas pequeñas para las altas frecuencias y grandes para las bajas. Permite de este modo analizar la señal en distintas escalas o niveles de resolución.
El presente trabajo muestra la aplicación de la Transformada de Wavelet en el procesado de señales, puntualmente se plasma su aplicación para el filtrado del ruido y compresión de información. Para una visualización rápida de las alternativas de aplicación se desarrolló una interfaz (GUI) en Matlab.
Mediante las GUI desarrolladas se pudo evidenciar las implicancias que presentan la selección de una determinada familia de wavelet y un determinado nivel de descomposición en las aplicaciones de filtrado y compresión de señales.
El resultado gráfico para la aplicación de filtrado es evidente a medida que aumenta el nivel de descomposición para una familia de wavelet dada. Mientras que el resultado gráfico para la aplicación de compresión se torna evidente mediante otra gráfica que se ofrece en la GUI.
El resultado tabulado para la aplicación de filtrado sirve como complemento cuando lo que se quiere es definir cual wavelet y nivel aplicar a una señal determinada, sin embargo, el resultado gráfico demuestra un evidente filtrado respecto de la señal tratada. Por otra parte, el resultado tabulado para la aplicación de compresión juega un rol importante debido a la escasa diferencia gráfica que se ha mencionado en el párrafo precedente.

Palabras Claves: Procesado de señales, Matlab, Filtrado, Ruido, Compresión.

ABSTRACT

The Wavelet Transform is an alternative to the Fourier Transform, in which small windows are used for high frequencies and large windows for low frequencies. This allows the signal to be analyzed at different scales or resolution levels.
The present work shows the application of the Wavelet Transform in signal processing, specifically its application for noise filtering and information compression. For a quick visualization of the application, an interface (GUI) was developed in Matlab.
Through the developed GUIs, it was possible to demonstrate the implications of selecting a certain wavelet family and a certain level of decomposition in signal filtering and compression applications.
The graphical result for the filtering application is evident as the level of decomposition increases for a given wavelet family. While the graphical result for the compression application becomes evident through another graphic that is offered in the GUI.
The tabulated result for the filter application serves as a complement when the goal is to define which wavelet and level to apply to a given signal, however, the graphic result shows an evident filtering with respect to the treated signal. On the other hand, the tabulated result for the compression application plays an important role due to the little graphical difference that has been mentioned in the previous paragraph.

Keywords: Signal processing, Matlab, Filtering, Noise, Compression.

1. INTRODUCCIÓN

La transformada de Wavelet (TW) es una alternativa a la transformada de Fourier. En esta transformada se usan ventanas pequeñas para las altas frecuencias y grandes para bajas frecuencias. Permite de este modo analizar la señal en distintas escalas o niveles de resolución. Permite también poner de manifiesto la existencia de discontinuidades cuando se desplaza hacia escalas menores. Entre sus aplicaciones se encuentran la compresión de señales y la reducción y eliminación de ruido. [1]

En la siguiente sección se presentan algunos aspectos de la transformada de Wavelet que la hacen adecuada para el procesamiento de señales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Transformada de Wavelet

Las wavelets son funciones matemáticas de duración limitada y valor medio cero. Consisten en la descomposición de una señal arbitraria f en versiones escaladas y trasladadas de la wavelet original, es decir que representa cualquier función f como una superposición de un conjunto de wavelets.

La transformada de wavelets de una señal f es la familia de coeficientes $C(a,b)$, donde a y b están asociados a la escala y posición de la señal. En una dimensión estos coeficientes se obtienen de la siguiente manera:

$$C(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \qquad (1)$$

Se observa que la transformada de wavelet es una suma sobre todo el intervalo de la función f multiplicada por versiones escaladas y trasladadas de la función wavelet ψ. Multiplicando cada coeficiente por la wavelet escalada y trasladada se obtiene el conjunto de wavelet que componen la señal original [2].

Los algoritmos Wavelet procesan datos a diferentes resoluciones o niveles de descomposición en contraste con la transformada discreta de Fourier (DFT) donde solo se consideran los componentes de frecuencia. La transformada de Haar se elige por muchas ventajas. Primero, muchas veces se la utiliza para la compresión y luego en el filtrado de ruido. En segundo lugar, no requiere mucha potencia de cálculo. Tercero, la complejidad de cálculo es menor que en la DFT. Último, las representaciones wavelet de las señales de Haar contienen más información que las DFT. [3]

En el análisis Multirresolución la idea es obtener una representación tiempo-escala de una señal discreta reduciendo el tiempo de procesamiento de forma significativa. La señal se pasa a través de filtros paso alto para analizar las componentes de alta frecuencia, y de filtros paso bajo para analizar las componentes de baja frecuencia. De esta manera se van obteniendo coeficientes de Detalle (D) y Aproximación (A) respectivamente.

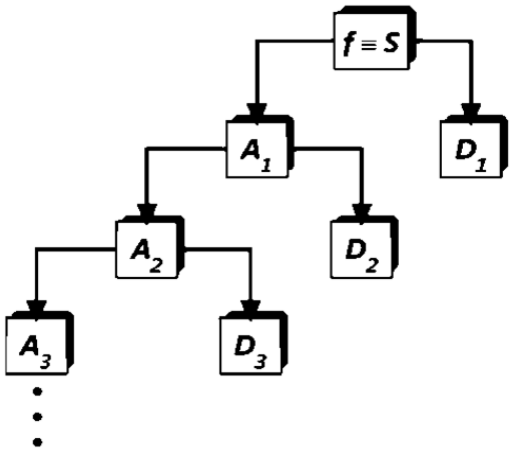


Figura 1 Descomposición de una señal en múltiples niveles

2.2. Eliminación de ruido

En la toma de datos uno de los principales factores que perturban la fiabilidad y exactitud de los resultados son las señales de ruido que se encuentran. El ruido en señales, a veces incluso con una relación SNR muy bajo perturba la fiabilidad y la precisión de las mediciones.

De manera general la medición de una señal $y(t)$ está formada por una señal pura $x(t)$ y el error $e(t)$:

$$y(t) = x(t) + e(t) \qquad (2)$$

El objetivo de la eliminación de ruido es obtener una señal $y(t)$ tan cerca como sea posible a $x(t)$.

El procedimiento de eliminación de ruido consta de tres pasos: Descomposición: se elige una familia de wavelet y un nivel N, se calcula la descomposición de wavelet de la señal hasta dicho nivel. Umbralización de coeficientes de detalle: para cada nivel del 1 al N se aplica un umbral suave a los coeficientes de detalle, con lo cual los que tienen valor inferior al umbral se hacen cero, y los restantes se reducen en tal margen. Reconstrucción: se reconstruye la señal usando la aproximación del nivel N y los coeficientes de detalle modificados de los niveles del 1 al N. En Matlab la función que ejecuta este algoritmo es `wdenoise`. [4]

2.3. Compresión de señales

Una señal medida puede contener gran cantidad de datos que deben almacenarse eficientemente, reduciendo el espacio que ocupan, eliminando información redundante, y preservando el contenido significativo de la señal medida [5].

El proceso de compresión se realiza en tres etapas. En primer lugar, se calcula la descomposición de la señal mediante la aplicación de una determinada *Wavelet* para un cierto nivel N. A continuación, se realiza la umbralización hard para cada coeficiente de detalle del 1 a N, con lo cual los que tienen valores más bajos que el umbral se ponen a cero. Por último, la reconstrucción de la señal comprimida se realiza utilizando los coeficientes de aproximación originales para nivel N y los de detalle modificado tras la aplicación del umbral hard desde 1 hasta N. Ciertas funciones de Matlab permiten este procedimiento: `wavedec`, `wthresh` y `waverec`. [6].

2.4. Parámetros de evaluación

Se pueden usar ciertos parámetros para evaluar la performance de la reducción de ruido con wavelet [7][8]:

- Ratio señal-ruido (SNR)

$$SNR = 10\ \log\frac{\sum_{i=1}^{N} x(i)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(x(i)-\overline{x(i)}\right)^2} \qquad (3)$$

- Error medio cuadrado (MSE)

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(x(i) - \overline{x(i)}\right)^2 \qquad (4)$$

En tal caso el objetivo será maximizar el SNR y reducir el MSE.

En la compresión, además de los parámetros anteriores se pueden agregar otros de interés [5][9]:

- Raíz del error medio cuadrado (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{MSE} \qquad (5)$$

- Factor de compresión (CR)

$$CR = \frac{length(x)}{length(cWC)} \qquad (6)$$

Donde cWC es la longitud del vector de la TW comprimido.

- Energía retenida: Si este número es cercano a 100%, significa que la energía de la señal comprimida es muy próxima a la de la señal original.

- Grado de compresión: Es el porcentaje de ceros en los coeficientes. Si este número es cercano a 100%, significa que prácticamente todos los coeficientes de wavelet son cero luego del umbral y por lo tanto la señal se está reconstruyendo en función de un conjunto muy escaso de coeficientes. Se puede obtener por funciones de Matlab o:

$$grado\ de\ compresión = \left(1 - \frac{1}{CR}\right) x100 \qquad (7)$$

3. DESARROLLO

Se aplicarán las técnicas descritas para el filtrado y compresión de algunas señales del espectrómetro de alta resolución TJ-II ubicado en el CIEMAT (Madrid, España).

Se utilizan señales pertenecientes a diversas clases como ser: RX306 Rayos-X blandos, HALFAC3 Emisión de la línea ALFA de hidrógeno, GR, IACCEL, entre otras.

Para el desarrollo del algoritmo se utilizó el software Matlab, con diversas funciones apropiadas para la implementación de las técnicas descritas. Además, se desarrollaron dos interfaces gráficas de usuario (Graphical User Interface - GUI) con el mismo software, una para el filtrado y otra para la compresión, las cuales sirven para visualizar los resultados luego de cambiar los parámetros de entrada.

Para la interfaz de filtrado de ruido, los parámetros de entrada son, la serie temporal a filtrar, la familia wavelet a utilizar y el nivel de descomposición. Como salida se obtiene una gráfica de la señal a filtrar, otra gráfica de la señal filtrada, y una tabla que muestra la wavelet utilizada, el nivel de descomposición, el SNR y MSE, a su vez que la tabla se completa en cada prueba con lo cual permite comparar de manera rápida y didáctica las diversas alternativas que ofrecen los inputs de la aplicación.

El algoritmo de filtrado consiste en las siguientes etapas: primero, lectura de la serie a analizar; segundo, se añade ruido gausiano blanco; tercero, filtrado de la señal con la función `wdenoise` de Matlab. En la sintaxis de esta última se aplica el umbral universal tipo soft; cuarto, se calculan los parámetros cuantitativos mediante las funciones `snr` y la función `immse`; quinto, muestra resultados gráficos y tabla.

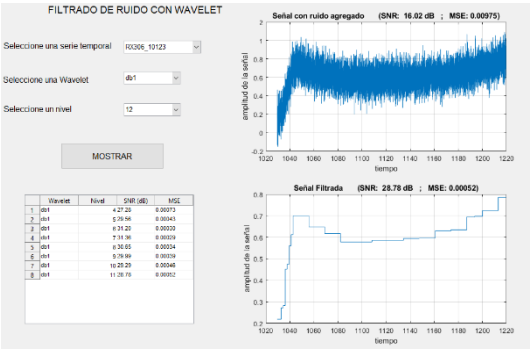


Figura 2 GUI para el filtrado de ruido con Wavelet.

Para la interfaz de compresión de señales, los parámetros de entrada son, la serie temporal a comprimir, la familia wavelet a utilizar y el nivel de descomposición. Como salida se obtiene una gráfica de la señal a comprimir, otra gráfica de la señal comprimida, y una tabla que muestra la wavelet utilizada, el nivel de descomposición, los parámetros SNR, MSE, RMSE, CR, Energía Retenida y Grado de Compresión, a su vez que la tabla se completa en cada prueba con lo cual permite comparar de manera rápida y didáctica las diversas alternativas que ofrecen los inputs de la aplicación.

El algoritmo de compresión consiste en las siguientes etapas: primero, lectura de la serie a analizar (no se añade ruido); segundo, se descompone la señal con la función `wavedec` con lo que se obteniéndose un vector de descomposición; tercero, se pone en consideración lo expuesto en [10] al ordenar los índices de dicho vector en orden decreciente de valores absolutos, se calcula la energía acumulada y los índices mayores a un valor (fijo en este caso) de 99.99% son los que

sobran, por lo tanto se ha encontrado un umbral; cuarto, se recompone la señal; quinto, se calculan los parámetros mediante funciones de software y las fórmulas descriptas; quinto, muestra resultados gráficos y tabla.

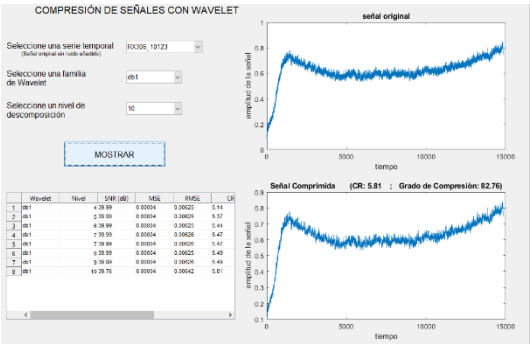


Figura 3 GUI para compresión de señales con Wavelet.

En ambas GUI se ha limitado el número de familias de wavelet a las siguientes: `sym2`, `sym3`, `sym4`, `db1`, `db2`, `db3`, `coif1`, `coif2`, `coif3`. Mientras que se ha limitado el nivel de descomposición del `1` al `12`. Sin embargo, a pesar de esta acotada variedad de posibilidades que se ofrece para los inputs, es suficiente para poner de manifiesto diversos resultados de interés.

4. RESULTADOS

Una vez iniciada la GUI para filtrado de ruido se configuran los inputs (wavelet y nivel de descomposición) para la señal a filtrar. Por ejemplo, para la señal `RX306_10123`, la familia de wavelet `db1 (Daubechies1 o haar)`, y el nivel `7`, se muestra el resultado gráfico a continuación:

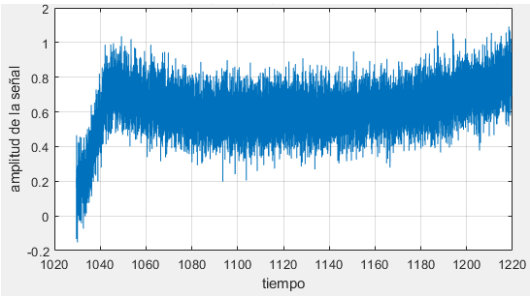


Figura 4: Señal con ruido agregado

Para las aplicaciones de filtrado con wavelet, se optó por agregar ruido gausiano blanco a las señales originales, de modo que la señal resultante es como se ha expresado mediante la ecuación (2).

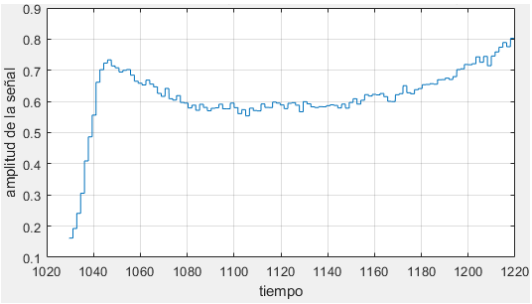


Figura 5: Señal filtrada con db1 nivel 7

El resultado gráfico demuestra la utilidad de la transformada de wavelet en el filtrado del ruido y la incidencia en la modificación de la familia de wavelet y los niveles de descomposición.

Otro resultado que permite visualizar la GUI es el que se muestra en tablas. Por ejemplo, se plasma a continuación el resultado de la modificación del nivel de descomposición manteniendo una misma familia de wavelet.

	Wavelet	Nivel	SNR (dB)	MSE
1	db1	4	27.28	0.00073
2	db1	6	31.20	0.00030
3	db1	7	31.36	0.00029
4	db1	8	30.65	0.00034
5	db1	10	29.29	0.00046

Figura 6: SNR y MSE de diferentes filtros

El resultado tabulado demuestra la utilidad de los parámetros cuantitativos si lo que interesa es determinar cuál filtro es el mejor. En este caso, el mejor resultado para dicha familia de wavelet se obtuvo con el nivel `7` ya que presenta el mayor `SNR` y menor `MSE`.

Al respecto de la GUI para compresión de señales se configuran los inputs (wavelet y nivel de descomposición) para la señal a filtrar. Por ejemplo, para la señal `RX306_10123`, la familia de wavelet `db1 (Daubechies1 o haar)`, y el nivel `7`, se muestra el resultado gráfico a continuación:

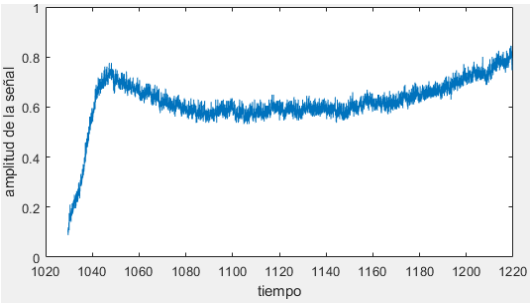


Figura 7: Señal a comprimir

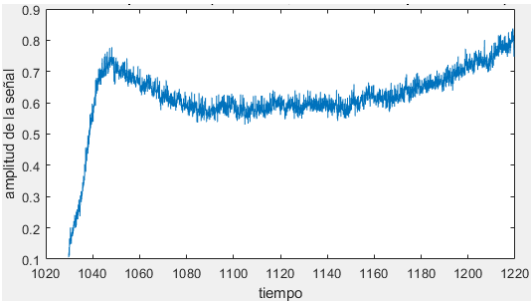


Figura 8: Señal comprimida con db1 y nivel 10

El resultado gráfico demuestra la utilidad de la transformada de wavelet en la compresión de señales y la incidencia en la modificación de la familia de wavelet y los niveles de descomposición.

Por otra parte, la GUI de compresión muestra un resultado en tablas. Por ejemplo, se plasma a continuación el resultado de modificación de nivel de descomposición manteniendo una misma familia de wavelet.

	Wavelet	Nivel	CR	Energía Retenida	Grado de Compresión
1	db1	2	3.39	99.99	70.50
2	db1	3	4.56	99.99	78.05
3	db1	4	5.14	99.99	80.55
4	db1	5	5.37	99.99	81.35
5	db1	6	5.44	99.99	81.60
6	db1	7	5.47	99.99	81.73
7	db1	8	5.49	99.99	81.77
8	db1	9	5.49	99.99	81.78
9	db1	10	5.81	99.99	82.76

Figura 9: CR, energía retenida y grado de compresión de diferentes compresiones.

El resultado tabulado demuestra la utilidad de los parámetros cuantitativos cuando lo que interese sea determinar la mejor compresión. En este caso, el mejor resultado se obtuvo con la transformada de wavelet `db1` de nivel `10`, ya que presenta el mayor `CR` y `grado de compresión` sin embargo puede suceder que algunos niveles inferiores sean suficientes para muchos fines prácticos.

5. CONCLUSION

Mediante el desarrollo de la GUI de filtrado y la GUI de compresión se puso de manifiesto la importancia de comprender a la transformada de wavelet como herramienta en el procesamiento de señales, concretamente como se ha desarrollado en este caso, en las aplicaciones de filtrado y compresión de señales.

Mediante las GUI desarrolladas se pudo evidenciar las implicancias que presentan la selección de una determinada familia de wavelet y un determinado nivel de descomposición en las aplicaciones de filtrado y compresión de señales.

A pesar del acotado abanico de posibilidades que ofrecen los inputs de las GUI, es posible plasmar los diferentes resultados que ofrecen las diversas combinaciones de familias de wavelet y nivel de descomposición, ambos como inputs.

El resultado gráfico para la aplicación de filtrado es evidente a medida que aumenta el nivel de descomposición para una familia de wavelet dada. Mientras que el resultado gráfico para la aplicación de compresión no es tan evidente entre niveles inmediatos si no se observa con atención la gráfica inferior de tal GUI.

El resultado tabulado para la aplicación de filtrado sirve como complemento cuando lo que se quiere es definir cual wavelet y nivel aplicar a una señal determinada, sin embargo, el resultado gráfico demuestra un evidente filtrado respecto de la señal tratada. Por otra parte, el resultado tabulado para la aplicación de compresión juega un rol importante debido a la escasa diferencia gráfica que se ha mencionado en el párrafo precedente.

A pesar de las posibilidades que ofrece el entendimiento de la transformada de wavelet para optar por la mejor familia y el mejor nivel de descomposición, pueden existir otras restricciones que hagan necesario elegir una familia y nivel distintos a los teóricamente óptimos, tal caso es tratado en [3].

6. REFERENCIAS.

[1] S. Dormido, J.M. de la Cruz y otros (2004). “Análisis de formas de onda de plasmas con wavelets y máquinas de vectores soporte”. 3º CISSI-2004. Vol 3. Florida, 2004.

[2] G. Pajares Martinsanz & J.M. de la Cruz García (2007). Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones. 2º Ed, RA-MA, Madrid, 2007.

[3] S. Dormido, G. Farías, R. Dormido y otros (2004). “TJ-II wave forms analysis with wavelets and support vector machines”. Review of Scientific Instruments, Vol 75, Num 10, Octubre 2004.

[4] Mathworks. Disponible on-line a través de: https://www.mathworks.com/help/wavelet/ref/wdenoise.html

[5] Khalifa, Othman, Harding, Sering & Hashim, Aisha. (2008). Compression Using Wavelet Transform. International Journal of Signal Processing. 2. 17-26.

[6] Mathworks. Disponible on-line a través de: https://www.mathworks.com/help/wavelet/compression.html?s_tid=CRUX_lftnav

[7] A. Naga Rajesh, S. Chandralingam y otros. (2012). “Denoising EOG Signal using Stationary Wavelet Transform”. Measurement Science Review. Vol 12, Num 2, 2012.

[8] M.V.Gualsaquí, I.P.Vizcaíno y otros (2018). “ECG signal denoising using discrete wavelet transform: A comparative analysis of threshold values and functions. Maskana, Vol 9, Num 1, 2018.

[9] Mohammed Abo-Zahhad (2011). “ECG Signal Compression Using Discrete Wavelet Transform, Discrete Wavelet Transforms - Theory and Applications”. Dr. Juuso T. Olkkonen (Ed.). ISBN: 978-953-307-185-5, InTech.

[10] E.J.Yamunaqué Chunga (2016). “Aplicación de la transformada de wavelet a señal de baja potencia en entorno de Matlab”. Tesis para optar el Máster en Ingeniería Mecánica, Piura, Junio 2016

Agradecimientos

A Raquel Dormido, Sebastián Dormido, Natividad Duro y José Sánchez por introducirme en el área del procesado de señales, promover la lectura e investigación en el contexto del Máster de Ingeniería de Sistemas y de Control de la UCM-UNED, Madrid.

TRATAMIENTO DE IMÁGENES POR TRANSFORMACIÓN DEL DOMINIO: APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA DE WAVELETS EN SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

Gelid, Pedro Benjamin

Docente en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero
Estudiante de Máster en Ingeniería de Sistemas y Control por la Universidad Complutense de Madrid.

benjamingelid@hotmail.com

RESUMEN

El presente trabajo muestra la aplicación de la Transformada de Wavelet en segmentación de imágenes, puntualmente se muestra en la detección de zonas boscosas en imágenes aéreas. El desarrollo se realizó en Matlab e incluye un conjunto de funciones de visión por computador.

Se parte del supuesto que las fotografías han sido obtenidas por técnicas apropiadas y las tenemos a disposición en tamaño 512x512 pixeles.

Se aplica la transformada de wavelet para identificar zonas de bosques (o plantación pesada). Esta detección se logra analizando las texturas de las diferentes zonas presentes en una imagen y filtrando a partir de los coeficientes wavelet.

En una primera etapa, se analiza una imagen que tenga bosques para obtener su patrón característico. Luego se replica el algoritmo en otras imágenes con el fin de determinar si ese patrón se repite.

Se concluye que con el uso de la TW se puede realizar el procesamiento de imágenes para reconocimiento de especies vegetales.

Este algoritmo sirve como base para implementar en un algoritmo más robusto que podría permitir otras aplicaciones como ser el reconocimiento de otros tipos de vegetación, sembrados, tierras aradas, detección de cambios en la traza de un río, evaluación de desastres naturales, aumento del nivel del mar al perder superficie costera, entre otras.

Palabras Claves: Visión por computador, Transformada de Wavelet, Matlab, Segmentación de imágenes.

ABSTRACT

The present work shows the application of the Wavelet Transform in image segmentation, punctually it is shown in the detection of wooded areas in aerial images. The development was done in Matlab and includes a set of computer vision functions.

It is assumed that the photographs have been obtained by appropriate techniques and we have them available in size 512x512 pixels.

The wavelet transform is applied to identify forest (or heavy plantation) areas. This detection is achieved by analyzing the textures of the different areas present in an image and filtering from the wavelet coefficients.

In a first stage, an image containing forests is analyzed to obtain its characteristic pattern. The algorithm is then replicated on other images to determine if that pattern repeats itself.

It is concluded that with the use of TW, image processing can be carried out for the recognition of plant species.

This algorithm serves as a basis to implement a more robust algorithm that could allow other applications such as the recognition of other types of vegetation, crops, plowed land, detection of changes in the trace of a river, evaluation of natural disasters, increase in the level of the sea by losing coastal surface, among others.

Keywords: Computer Vision, Wavelet Transform, Matlab, Image Segmentation.

1. INTRODUCCIÓN

La transformada Wavelet es una herramienta matemática que entró en auge desde mediados de la década del 80 del siglo XX, por ser más eficiente que la clásica transformada de Fourier en el campo de la investigación en procesamiento digital de señales e imágenes. Sus aplicaciones son diversas: análisis de ruido, compresión de señales, extracción de bordes, análisis de texturas entre otros. [1]

En la presente memoria se hace uso de la transformada wavelet que permite extraer las componentes vertical, horizontal y diagonal de una imagen, al mismo tiempo genera una versión de la misma con un tamaño menor a la original y sirve como base para el reconocimiento de patrones.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Transformada de Wavelet

Las wavelets son funciones matemáticas de duración limitada y valor medio cero. Consisten en la descomposición de una señal arbitraria f en versiones escaladas y trasladadas de la wavelet original, es decir que representa cualquier función f como una superposición de un conjunto de wavelets. [2]

La transformada de wavelets de una señal f es la familia de coeficientes $C(a,b)$, donde a y b están asociados a la escala y posición de la señal. En una dimensión estos coeficientes se obtienen de la siguiente manera [2]:

$$C(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \qquad (1)$$

Se observa que la transformada es una suma sobre todo el intervalo de la función f multiplicada por versiones escaladas y trasladadas de la función wavelet ψ. Multiplicando cada coeficiente por la wavelet escalada y trasladada se obtiene el conjunto de wavelet que componen la señal original.

La transformada de wavelet en dos dimensiones es la extensión de la transformada en una dimensión, donde la descomposición se hace iterativamente en la dirección vertical seguida por la dirección horizontal. Dado la complejidad del cálculo para todas las escalas y posiciones se recurre a la *transformada discreta de wavelet (TDW)* donde se elige un subconjunto de escalas y posiciones [2].

$$C(a,b) = C(j,k) = \sum_{x \in Z} f(x) g_{j,k}(x) \qquad (2)$$

Una forma de implementar las wavelets es mediante el uso de filtros. En las imágenes, el filtrado de baja frecuencia suaviza la imagen y el filtrado de alta extrae los bordes. La TDW descompone una señal en un cierto número de bandas de frecuencia [2].

Una imagen puede definirse por una función $f(x,y)$ donde x e y son las coordenadas de un punto de la misma en el plano, y la amplitud de f es la intensidad de la imagen en ese punto. Cuando las coordenadas y los valores de amplitud son cantidades discretas, se tiene una imagen digital, la cual está compuesta por un número finito de elementos que tienen una localización y un valor particular de intensidad. Tales elementos se denominan píxeles. [3]

La transformada de wavelet se utiliza con múltiples fines, en este caso será para el reconocimiento de patrones que presentan cambios bruscos o discontinuidades a través de sus píxeles.

Una imagen de tamaño mxn píxeles puede representarse por una matriz dada por:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & \cdots & f(1,n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(m,1) & \cdots & f(m,n) \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Cuando la señal es una imagen discreta de dimensión nxn píxeles, la TDW la descompone mediante la aplicación de dos filtros: $paso\ bajo$ y $paso\ alto$, en dos direcciones ($columnas$ y $filas$), obteniendo cuatro imágenes filtradas en cada escala de aplicación. Por ello, la TDW proporciona cuatro matrices de orden $n/2$. [3]

Los tipos de Wavelet son las llamadas Wavelets madre, entre los que tenemos: Haar, Daubechies, Symlets, Coiflets, BiorSplines, Reverse Bior, Meyer,DMeyer, Gaussian, Mexican_hat, Morlet,Complex, Gaussian, Shannon, Frequency B-Spline y Complex Morlet.

Los filtros más utilizados para implementar la TDW son el de $Daubechies$ y el de $Haar$, de donde se obtienen vectores base para las operaciones de filtrado PB/PA.

Una sola función waveletmadre genera una familia de waveletspor dilatación (expandiéndola o contrayéndola) y trasladándola a lo largo del eje horizontal que para propósitos de explicación se considera el tiempo, llamando a cada una de estas funciones wavelets hija. [4]

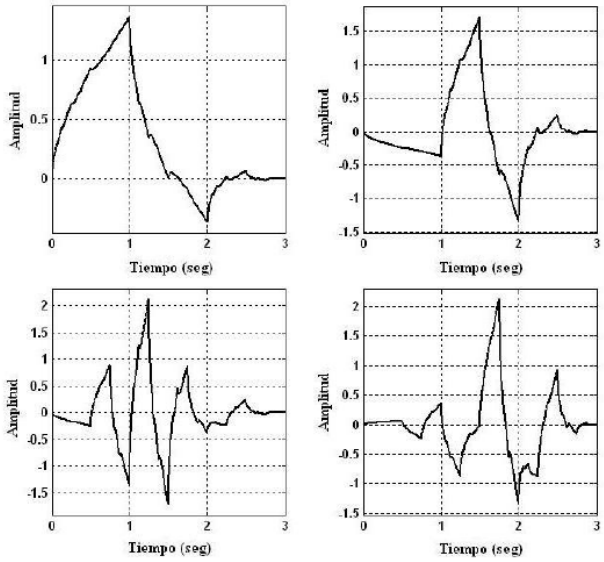


Figura 1: Familia de wavelets de Daubechies

Según la Wavelet madre utilizada, se puede seleccionar el grado de la misma. Ejemplo: tipo Daubechies: Grado: db1, db2, db3, etc.

2.2. Implementación de la TDW

Una imagen puede definirse por una función $f(x,y)$ donde x e y son las coordenadas de un punto (píxel) de la misma en el plano, y la amplitud de f es la intensidad de la imagen en ese punto. Una imagen de tamaño mxn píxeles puede representarse por una matriz dada por (3).

Definir los filtros a utilizar y obtener sus coeficientes. Por ejemplo, para el filtro PB y PA de $Haar$:

$$Haar\ PB = \frac{1}{\sqrt{2}}[1,1] \qquad (4)$$

$$Haar\ PA = \frac{1}{\sqrt{2}}[-1,1] \qquad (5)$$

A continuación, se enuncian los pasos a seguir para aplicar la transformada de wavelets en una imagen [2].

1. Realizar la convolución de la imagen original en las filas con el filtro PB. Sub-muestrear las columnas manteniendo las pares.
2. Realizar la convolución de las columnas con el filtro PB a partir de los resultados de 1. Sub-muestrear las filas manteniendo las pares. Se obtiene una imagen reducida a la mitad (un pixel cada dos) denominada PB/PB o también llamada aproximación (A1).
3. Realizar la convolución de las columnas con el filtro PA a partir de los resultados de 1. Sub-muestrear las filas manteniendo las pares. Se obtiene una imagen denominada PB/PA, donde se observan los bordes horizontales por la aplicación del filtrado paso alto a las columnas, también llamada detalle horizontal (H1).

4. Realizar la convolución de la imagen original en las filas con el filtro PA. Sub-muestrear las columnas manteniendo las pares.
5. Realizar la convolución de las columnas con el filtro PB a partir de los resultados de 4. Sub-muestrear las filas manteniendo las pares. Se obtiene una imagen denominada PA/PB, donde se observan los bordes verticales por la aplicación del filtrado paso alto a las filas, también llamada detalle vertical (V1).
6. Realizar la convolución de las columnas con el filtro PA a partir de los resultados de 4. Sub-muestrear las filas manteniendo las pares. Se obtiene una imagen denominada PA/PA, también llamada detalle diagonal (D1).

El resultado de aplicar una vez la TDW a una imagen de por ejemplo $512x512$ pixeles serán cuatro imágenes de $256x256$ dispuestas de la siguiente manera:

$PB/PA \quad (A1)$	$PB/PA \quad (H1)$
$PA/PB \quad (V1)$	$PA/PA \quad (D1)$

Figura 2: Localización de las bandas de frecuencia en una TDW.

La $aproximación$ contiene la información más importante de la imagen e indican la tendencia de la misma. Mientras que los $detalles$ (H,V,D) tienen valores próximos a $cero$ y son una medida de la magnitud de los cambios en la direcciones horizontal, vertical y diagonal [3].

Acerca del nivel de la TDW, si es de nivel 1, se obtiene una sola aproximación (A1) y tres detalles (V1, H1, D1) de la imagen original. Luego, si es de nivel 2, se realiza el mismo proceso anterior pero a partir de A1, obteniendo igualmente tres detalles (V2, H2, D2) y una nueva aproximación (A2), por consiguiente, se deduce la misma mecánica para los niveles posteriores [1].

3. DESARROLLO

Para el desarrollo de esta aplicación se utilizó el software Matlab. Se parte del supuesto que las fotografías han sido obtenidas por técnicas apropiadas y las tenemos a disposición en tamaño $512x512$ pixeles, como se muestra a continuación:

Figura 3: Imagen aérea "Bosque 1"

Se aplica la transformada de wavelet para $identificar\ zonas$, la zona de bosques (o plantación pesada). Esta detección se logra analizando las texturas de las diferentes zonas presentes en una imagen y filtrando a partir de los coeficientes wavelet.

En una primera etapa, se analiza una imagen que tenga bosques para obtener su patrón característico. Luego se replica el algoritmo en otras imágenes con el fin de determinar si ese patrón se repite.

Para el procesamiento de la imagen se realizaron las siguientes etapas.

1. Lectura de la imagen desde un fichero $.jpg$ previamente almacenado en la computadora.
2. Extracción de la capa verde (green) presente en la imagen a color (RGB).
3. Aplicación de la TDW de nivel 1, para obtener los coeficientes de aproximación y los de detalles.
4. Análisis de los valores de coeficientes a fin de determinar algún patrón que se pueda aprovechar en la detección de la zona de interés. Para destacar la diferencia se utilizó el mapeo de la matriz con la función $mesh$.
5. Aplicación de la TDW de nivel 2 y binarización de la imagen de coeficientes de aproximación $A2$.

4. RESULTADOS

A continuación, se muestra el resultado del paso número 3 descrito en la sección precedente, aplicación de la TDW de nivel 1:

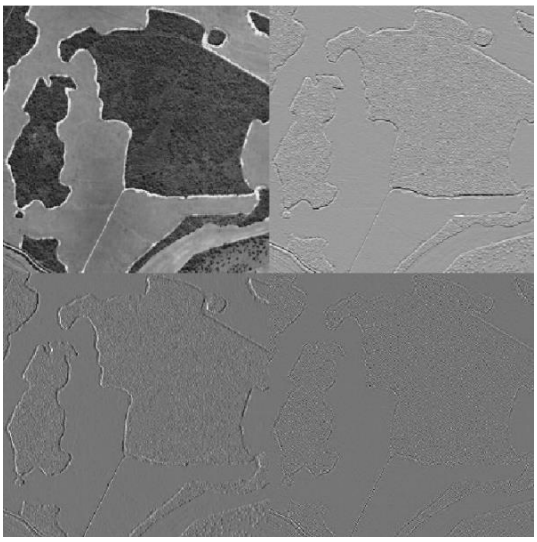


Figura 4: Transformada de Wavelet nivel 1

A continuación, se muestra el mapeo con la función $mesh$. Se destaca en la sub-imagen de coeficientes de aproximación $(A1)$ una gran diferencia entre los valores de las zonas boscosas contra otras zonas que no lo son. Aprovechamos esta situación para avanzar en el reconocimiento de la zona de interés.

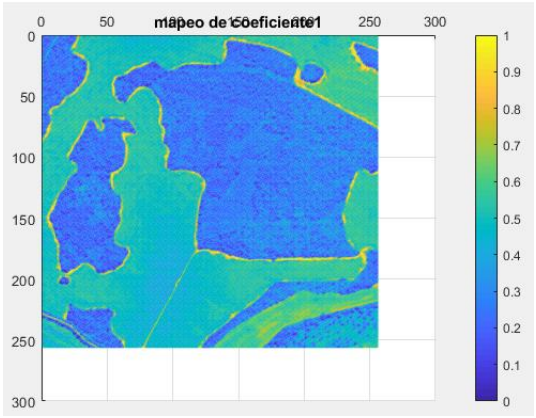


Figura 5: Mapeo del coeficiente de aproximación (A1) con la función mesh

Cuando se intentó binarizar la imagen $A1$ se obtuvieron varios píxeles interpuestos entre zonas de bosques y zonas que no lo son. Este problema se solucionó al aplicar el paso 5: aplicación de la TDW de nivel 2 y binarización de la imagen de coeficientes de aproximación $A2$. El resultado se muestra a continuación, donde con negro se muestran las zonas de bosques (o vegetación pesada).

Figura 6: Resultado de detección de bosques en la imagen "Bosque 1"

Se probó el funcionamiento del algoritmo de MATLAB aplicando a otras imágenes para evaluar el desempeño.

A continuación, se muestra una imagen de la zona Amazona de Brasil, en donde se presentan zonas de bosques y zonas de tala.

Figura 7: Imagen aérea "Bosque 2"

El resultado se muestra a continuación. En negro se muestra la zona de bosques.

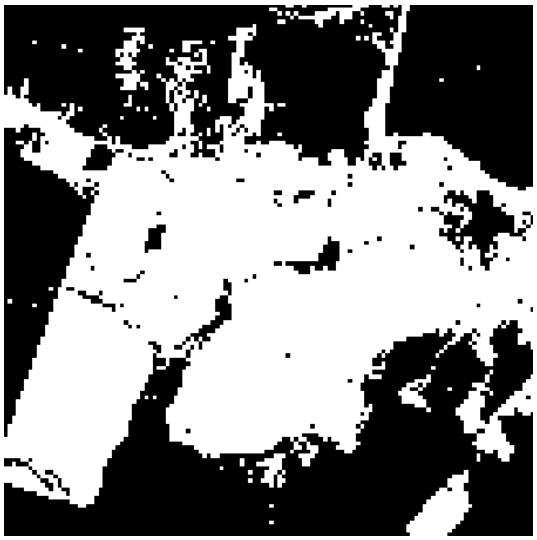


Figura 8: Resultado de detección de bosques en la imagen "Bosque 2"

También se probó en una imagen de una ciudad en donde se observan plantaciones pesadas:

Figura 9: Imagen aérea "Bosque 3"

A continuación, se muestran los resultados sobre esta imagen:

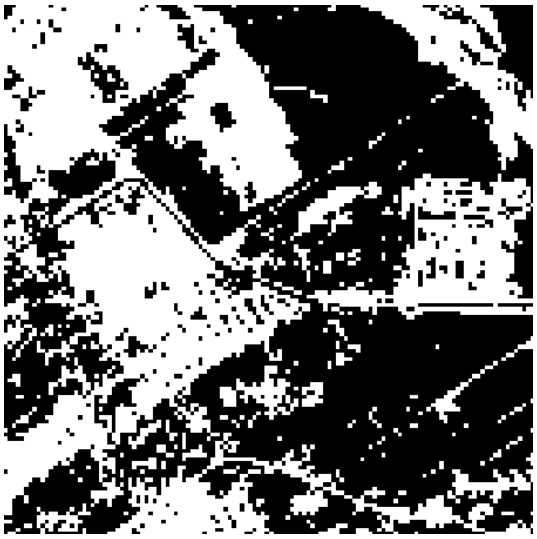


Figura 10: Resultado de detección de bosques en la imagen "Bosque 3"

5. CONCLUSION

De la presente memoria se puede concluir que con el uso de la transformada de wavelets se puede realizar el procesamiento de imágenes para reconocimiento de especies vegetales.

El algoritmo implementado detectó en buena medida las zonas de bosques y plantaciones pesadas. A veces se distinguen ruidos en las imágenes de los resultados, esto se podría mejorar implementando más herramientas en la etapa de pre-procesado de la imagen.

En este caso, para detección de vegetación pesada, fue suficiente con el análisis de los coeficientes de aproximación que provee la transformada. En otras aplicaciones en donde el objetivo es detectar cierto tipo de plantación (sembrado) será necesario utilizar además los coeficientes de detalles horizontales, verticales y diagonales.

Este algoritmo sirve como base para el reconocimiento de plantaciones pesadas. En la manera que se presenta, y con los resultados que muestra, podría tener usos adicionales como ser:

- Detección y análisis de tala de bosques.

- Análisis del grado de avance de urbanización con el correr del tiempo.
- Administración de campos y espacios rurales.

Para una visión integral de técnicas de visión por computador, donde se compara el uso de la transformada de wavelet con otras técnicas, puede verse en [5].

Por último, este algoritmo sirve como base para implementar en un algoritmo más robusto que podría permitir otras aplicaciones como ser el reconocimiento de otros tipos de vegetación, sembrados, tierras aradas, detección de cambios en la traza de un río, evaluación de desastres naturales, aumento del nivel del mar al perder superficie costera, entre otras.

6. REFERENCIAS.

[1] O.A.García, E.J.Bello & C.A.González (2009). Reconocimiento de formas en visión artificial: Aplicación de la transformada Wavelet. *Visión Electrónica, 3*(2).

[2] G. Pajares Martinsanz & J.M. de la Cruz García (2007). Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones. 2º Ed, RA-MA, Madrid, 2007.

[3] F.R.Muñoz (2007). "Reconocimiento de patrones en imágenes fijas usando wavelets". Universidad del Cuaca. Popayán, febrero 2007.

[4] E.Ramírez Romero & J.G.Rico Espino (2015). Detección de primitivas horizontales y verticales en imágenes mediante wavelets. Disponible en: http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/143

[5] I.D.García Santillán (2018). "Métodos de visión por computador para detección automática de líneas de cultivo curvas/rectas y malas hierbas en campos de maíz. Tesis doctoral, director G.Pajares Martinsanz. Madrid, 2018.

Agradecimientos

Al PhD. Gonzalo Pajares Martinsanz por introducirme en el área de la visión por computador, promover la lectura, investigación y desarrollo de aplicaciones en el contexto del Máster de Ingeniería de Sistemas y de Control de la UCM-UNED, Madrid.

APRENDIZAJE AUTOMÁTICO Y MOVILIDAD GOOGLE PARA PREDECIR LA DEMANDA DE COMBUSTIBLE EN ARGENTINA

No, Irma Noemí; Tornillo, Julián E.; Pascal, Guadalupe; Rabbione, Leandro

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora
ino@ingenieria.unlz.edu.ar; jtornillo@ingenieria.unlz.edu.ar; gpascal@ingenieria.unlz.edu.ar; leandro.rabbione@gmail.com

RESUMEN

La reciente situación de pandemia mundial impulsó la generación de reportes abiertos de movilidad, iniciativa creada por la empresa Google en apoyo a las políticas sanitarias asociadas al COVID-19. El cambio significativo en el flujo de vehículos durante la situación de pandemia y la variación en el consumo de combustible asociado al transporte y a diversas actividades productivas, requirió la creación de nuevos modelos predictivos relacionados con un conjunto de datos inusuales (por ejemplo, la geolocalización de los conductores). La manipulación y el análisis adecuado de estos datos proporcionan un pronóstico que mejora la previsión de la demanda de combustible asociada al consumo real. En este trabajo analizamos las bases de datos de la venta de combustibles (nafta y diésel), disponibles y abiertas en sitios web oficiales e información de la empresa YPF. Los resultados muestran una correlación positiva entre las variables relacionadas a la demanda de estos combustibles y los registros de movilidad de Google, con ciertas particularidades. El lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del código de visualización, geoestadística, cálculo predictivo y reportes de la investigación es “R”. Ensayamos un nuevo modelo predictivo que descarta indicadores antiguos y propone nuevos para la estimación ajustada de la demanda de naftas en Argentina.

Palabras Claves: Demanda de combustible, Movilidad Google, Series de tiempo, Logística, Aprendizaje Automático.

ABSTRACT

The health emergency due to COVID-19 generated that many countries take measures about social isolation and restricted mobility. The Argentinian government instrumented the preventive and obligatory social isolation (ASPO), which has generated new conditions for the logistics problem within the national territory. The significant change in vehicle flow and fuel consumption associated with inland transport required the creation of new predictive models associated with a set of new and unprecedented data (for example, the geolocation of drivers). The manipulation and adequate analysis of these data provide a "prognosis" (diagnosis + prediction) which improves forecast to the actual logistics. In this work, we analyse the fuel consumption databases (gasoline and diesel) available and open on official websites and data from the YPF company. Results show a positive correlation between the variables associated with the demand for these fuels and the Google mobility records. We develop a new predictive model that discards old indicators and proposes new ones for the adjusted estimation of the demand for gasoline and diesel.

Keywords: Fuel demand, Google Mobility, Time series, Logistics, Machine Learning.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa YPF y su departamento de analítica avanzada [1], ante el cambio en el comportamiento del mercado interno de combustibles relacionado con una logística restringida impuesta por el decreto 260/2020 de Aislamiento Social y Preventivo y Obligatorio (ASPO) en Argentina [2], rápidamente observaron un importante desajuste entre el modelo predictivo de regresión [3] (tradicionalmente utilizado por la empresa para estimar la demanda de combustible) y la realidad vigente en el mercado interno de transportación. Los indicadores utilizados por la fórmula deducida a través de series temporales históricas (con uso del utilitario SAS [4]), basadas en variables como la cantidad de Estaciones de servicio por habitante, el ingreso per cápita y la cantidad de vehículos por habitante, entre otras [5], dejaban de tener el peso predictivo esperado y era necesaria la generación de un nuevo esquema que pudiera anticipar la demanda de combustible por actividades logísticas y productivas, con un margen de aproximación aceptable dado el contexto de transportación restringido por las medidas sanitarias vigentes. La creación de un escenario predictivo adecuado requirió hallar un nuevo conjunto de datos de entrada, que pudieran representar la realidad atípica generada por la nueva situación de circulación restringida. Luego de ensayar diferentes fuentes de datos asociados a la logística de transporte (órdenes de compra, ventas, permisos de circulación) se distingue a la movilidad (rastreable por geolocalización) como el input más ajustado a la demanda de combustible por transportación en situación de ASPO (ver Figura 1.).

Figura 1: Ajuste temporal "Demanda de combustible - Movilidad Google". (YPF – 2020).

Estos resultados pueden validarse y ampliarse mediante el uso de bases de datos oficiales argentinas disponibles en abierto [6], realizando los recortes correspondientes a nuevos criterios, productos o empresas de interés, considerando los datos de los Reportes de Movilidad Google [7] como un componente principal del modelo predictivo, convirtiéndose el estudio y la modelización de la demanda de combustible en nuestro objetivo a mediano y largo plazo.

2. OBJETIVOS PROPUESTOS

Se presenta y aprueba institucionalmente un proyecto de investigación sobre la siguiente hipótesis principal: *La demanda regional de combustible en Argentina puede modelizarse predictivamente mediante técnicas de aprendizaje automático con indicadores de geo-movilidad sobre la logística terrestre.* La metodología implementada es de tipo cuantitativa con manipulación de bases de datos reales, no experimentales, con énfasis en las fases empírica, analítica y de difusión.

Básicamente se plantean dos objetivos principales para la validación de la hipótesis y un tercero asociado a la reproducibilidad del trabajo realizado:

- Extraer, manipular y analizar datos correlacionables con el comportamiento logístico terrestre en situación de ASPO argentino y en situación de no restricción.
- Estudiar un modelo predictivo replicando los análisis de geo-movilidad y consumo/demanda de combustible realizado por la empresa YPF.
- Confeccionar material reproducible en el entorno RStudio de las tareas realizadas y de los modelos analizados en lenguaje R.

La planificación básica de las actividades reviste los siguientes ítems:

- Descripción y recorte del problema al contexto de investigación: Situación ASPO y Poscovid, logística terrestre nacional, consumo interno de combustible de transportación, tipos de combustible y empresas.
- Recolección y preparación de datos: Selección de librerías para el uso del entorno RStudio, recolección y manipulación de datos abiertos, empresariales YPF y de movilidad Google.
- Utilización de técnicas de análisis de datos, correlación y modelados predictivos (generados por aprendizaje automático) en R sobre los datos obtenidos.
- Creación de mapas con paquetes SIG – R para la visualización del consumo de combustible por transportación logística asociado a los datos de movilidad Google y regionalización de volumen de ventas en diferentes niveles y etapas restrictivas de movilidad territorial.

Se utilizan alternativamente recursos de Excel, Power BI, y/o Python (a elección y por simplificación) para algunas subtareas a realizar (manipulación de bases de datos con extensión .csv, filtrados de listas dinámicas y web scraping), que luego son incorporados como parte de scripts y documentos publicables de RMarkdown en el entorno de desarrollo integrado RStudio.

El producto final de este trabajo prevé la publicación en abierto [8] para permitir la replicación/reproducción de los resultados de la investigación, la obtención de DOI y licencias de autoría.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

3.1. Acondicionamiento de los Datos.

La metodología empleada es de tipo cuantitativa mediante manipulación de bases de datos reales no experimentales, con énfasis en las fases empírica, analítica y de difusión. Las técnicas utilizadas pertenecen a la categoría de aprendizaje automático supervisado (esperando que la variable respuesta de la fórmula predictiva ajuste de manera robusta a la venta real de combustible 2020). Específicamente se utilizaron métodos de regresión lineal múltiple [9].

Los datasets descargados desde los sitios oficiales mencionados en el párrafo anterior, permitieron generar en RStudio tablas comparativas, estadísticas y gráficas, desagregadas por fecha, producto, empresa y geolocalización de las plantas de distribución de combustible. El período que abarcan los datos abiertos trabajados se extiende desde el año 2013 hasta agosto del año 2021.

La manipulación realizada sobre las bases datos disponibles se centró primeramente en trabajos de filtrado y resumen (sumarios estadísticos), en función de las observaciones resultantes de cada análisis y de los objetivos del trabajo. Así por ejemplo se detectó que los meses de abril, mayo y junio establecen un salto cuantitativo en los comportamientos de la demanda de combustible en situación de ASPO (año 2020). En las Figura 2 se observa el comportamiento atípico de la demanda en el año 2020, comparado con los mismos meses de otros años.

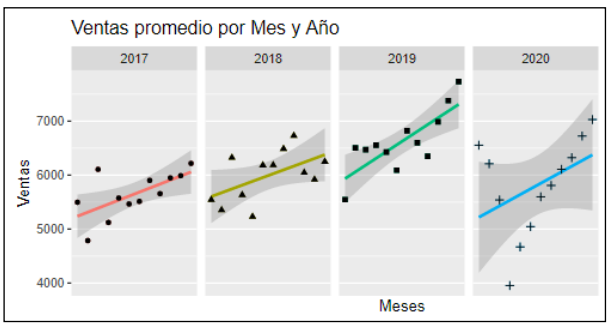


Figura 2: Demanda atípica en el año 2020.

Estos desajustes sugieren el estudio de series temporales y la generación de nuevos esquemas y fórmulas predictivas, asociadas ahora a las condiciones de restricción o libertad dispuestas sobre la movilidad regional. La manipulación de las bases de datos de movilidad Google también requirieron de un gran trabajo de adecuación, compatibilización de denominaciones de Departamentos y Provincias, y la generación de valores promedio para posibilitar su utilización en el pronóstico de la demanda de combustible en Argentina.

3.2. Comportamiento temporal de la venta de combustible y la movilidad Google en Argentina.

El comportamiento de la demanda en situación de ASPO y su desfasaje con respecto a los estimadores clásicos también se distribuyeron de manera heterogénea en las diferentes provincias y departamentos, respondiendo a las disposiciones de restricción vigentes en cada zona del país. Como ejemplo, en las Figuras 3 y 4 se puede observar el desfasaje entre las ventas reales y el pronóstico en la provincia de Tucumán en el período ASPO 2020 y su diferencia con la provincia de Santa Fe.

Este comportamiento federalmente heterogéneo con respecto a la diferencia: “venta real versus estimación”, además de responder a diferentes políticas regionales de aislamiento, puede argumentarse desde una lógica de “demanda sectorizada por tipo de expendio” (consumidor final, venta a granel, acopio de proveedores, etc.). Posteriormente se verá que este fenómeno también está relacionado con el tipo de combustible.

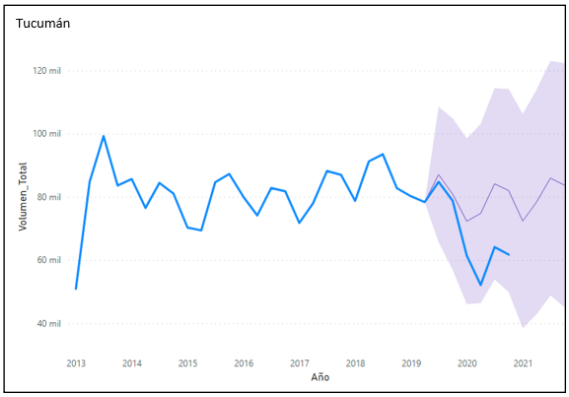


Figura 3: Demanda real - pronóstico en Tucumán.

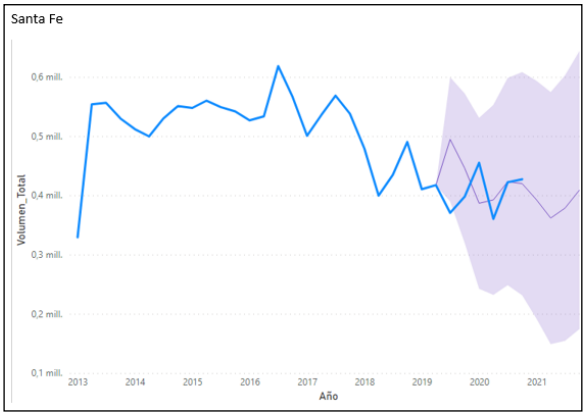


Figura 4: Demanda real - pronóstico en Santa Fe.

El mapeo de las variaciones correspondientes a los indicadores promedio de los reportes de movilidad Google también colorean las diferencias regionales, acompañando la atipicidad observada en la demanda y venta de combustibles en Argentina.

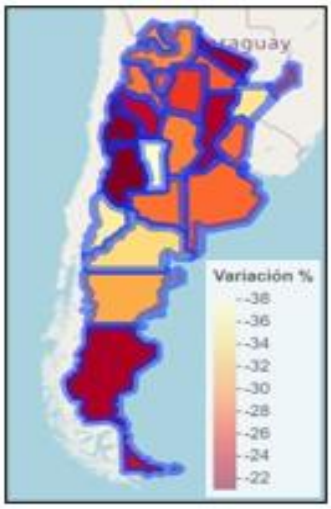


Figura 5: Variación de Movilidad Google – 03/2020

Fueron utilizadas diferentes herramientas informáticas para visualizar y cuantificar los diagnósticos y pronósticos correspondientes a las series temporales de la demanda de combustible (por tipo, región, empresa) y de movilidad Google.

Los pronósticos estándar creados con las herramientas de Power BI y la librería Prophet de R, permitieron visualizar el desfasaje entre la estimación de la demanda versus las ventas reales registradas durante la situación de una movilidad restringida.

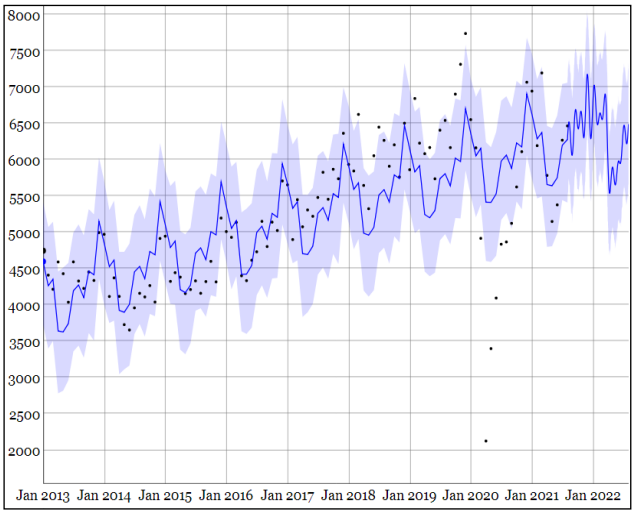


Figura 6: Pronóstico con herramienta Prophet de R (azul) y ventas totales reales de Nafta.

El comportamiento de la serie temporal creada a partir de los reportes de movilidad de Google también demuestra estos patrones atípicos en el año 2020, principalmente en los meses de abril, mayo y junio.

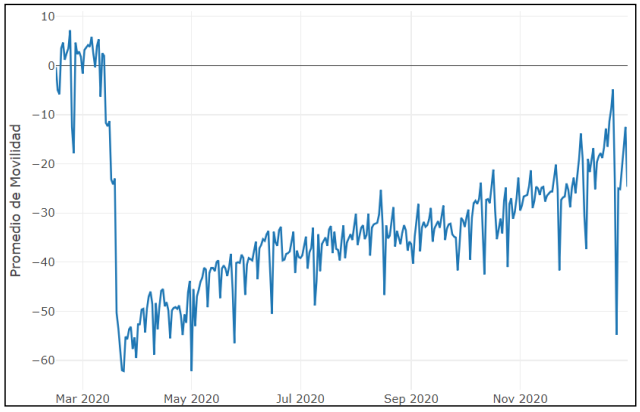


Figura 7: Evolución promedio de Google Mobility Trends en Argentina 2020.

3.3. Correlación Demanda – Movilidad Google

Ante la singularidad del comportamiento de los datos observados, se analiza la existencia de correlación. Se halló una correlación positiva (de 0.8) entre las variables movilidad Google y la venta de nafta consideradas. Aportamos a continuación una visualización conjunta para la comprensión de este comportamiento de similitud (Figura 8).

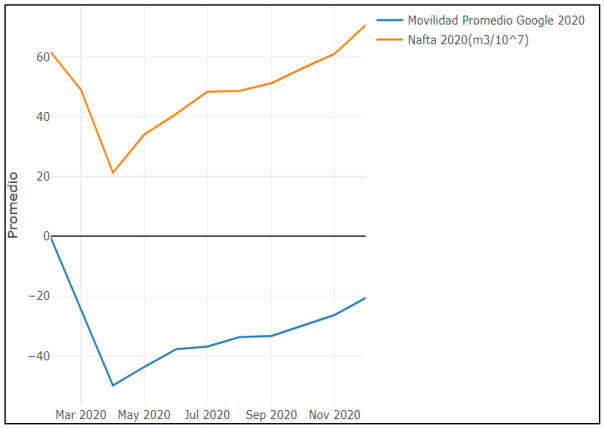


Figura 8: Comportamiento de la Movilidad promedio Google y la demanda de Nafta 2020.

Con respecto al Gasoil, la correlación entre la variable movilidad y demanda es baja (~0.3) graficada en la Figura 9, una posible interpretación de este valor es la no desagregación del destino final del producto (considerando que las ventas al agro y a la industria se realizan a granel o por acopio y no se ven entonces correlacionadas fuertemente con la movilidad registrada en los reportes de Google).

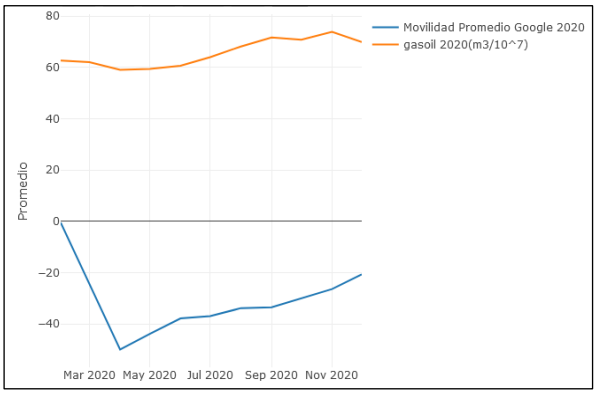


Figura 9: Comportamiento de la Movilidad promedio Google y la demanda de Gasoil 2020.

Trabajando en la corroboración y el ajuste de una fórmula predictiva (1) mediante técnicas de aprendizaje automático de modelado lineal múltiple en R [9], que considera la influencia del promedio de movilidad Google de manera diferenciada en los días de semana, fines de semana y feriados (se ha estudiado la incidencia del día de la semana y la demanda de combustible asociada – ver Figura 10).

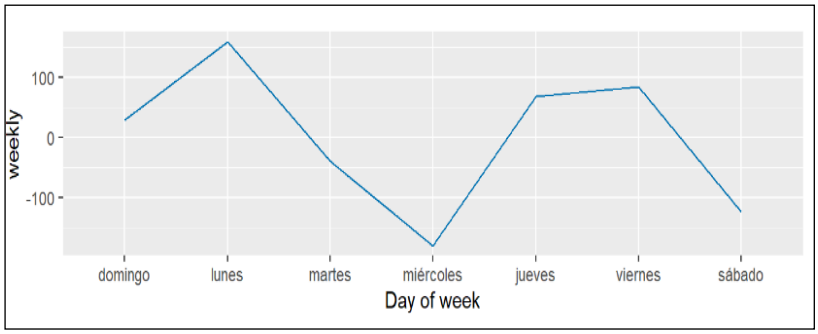


Figura 10: Comportamiento de la demanda de Nafta según el día de la semana.

Siguiendo la metodología implementada por YPF, se intentó implementar la fórmula del tipo:

$$D = \beta_0 + \%Mov * \beta_1 + Dom * \beta_{i2} + In * \beta_3 \quad (1)$$

Donde:

D = Demanda del combustible.

β_i = Coeficientes de regresión.

%Mov = Variación porcentual de movilidad.

Dom = Venta en días Domingo del período.

In = Valor inicial de venta del período.

Sin embargo, sin contar con los datos desagregados y precisos de todas las ventas de combustible la robustez predictiva se pierde, por lo cual recurrimos a construir nuevas variables y a ensayar diferentes modelos predictivos.

Finalmente, la fórmula (2) de estimación de demanda de nafta en Argentina con énfasis en la variable de movilidad promedio Google por regresión lineal múltiple, demostró el mejor ajuste dentro de las regresiones lineales múltiples (r^2= 0.8768879 y AIC=463.1654 =mínimo).

$$D = 41593.5 + 0.84293*VENTAant + 4228.18*MOVILIDADdif \quad (2)$$

Donde:

D = Demanda del combustible.

VENTAant = Venta de combustible del mes anterior.

MOVILIDADdif = Diferencia entre los porcentuales de variación de movilidad.

Los porcentuales de variación de movilidad se obtuvieron como promedio de destino y fecha y son calculados respecto del período base del reporte (El valor de referencia de cada día de la semana propuesto por Google es la mediana correspondiente al período de 5 semanas base desde el 3/01/20 al 6/2/20).

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se ha realizado una importante labor de adecuación sobre los datos abiertos, hasta lograr la generación de bases de datos ordenadas y consistentes para el problema, estas adecuaciones serán de utilidad para el abordaje de problemáticas similares sobre la estimación de demandas georreferenciadas a corto plazo (por ejemplo en industrias asociadas al turismo, entre otras).

El trabajo realizado hasta el momento corrobora la existencia de una importante correlación (superior a 0.8) entre las series temporales de los indicadores de movilidad Google y las correspondientes a la demanda de nafta en Argentina.

Desde el análisis estadístico también se desprende que una aproximación no lineal podría generar alguna mejora predictiva para la variable “ventas de nafta”, por lo cual iniciaremos el ensayo de nuevos modelos, apartándonos de la linealidad múltiple propuesta por YPF.

La baja correlación con respecto a la relación demanda global de gasoil - movilidad Google mencionada anteriormente, se interpreta a través de las características propias del expendio de este combustible, el cual mayormente es destinado al agro, la industria y la transportación logística de gran porte. A pesar de ello, la empresa YPF logró estimar sus ventas de gasoil mediante técnicas de desagregación diferencial por destino de producto (técnica que deseamos ensayar a futuro si obtenemos dichos datos desagregados).

Es interesante observar que las variables de movilidad interprovincial y entre países limítrofes explican fenómenos atípicos de desabastecimiento y ciertos desajustes de oferta/demanda, dejando en evidencia la necesidad de la generación de modelos dinámicos formulados con la incorporación de nuevas variables construidas sobre datos en tiempo real (disponibles en la nube). Como ejemplo de esta afirmación podemos mencionar la situación argentina de desabastecimiento de Gasoil [10], generada por fenómenos migratorios limítrofes (y también por acopio), basada en la gran diferencia existente entre los precios de venta regionales para este combustible (ver Figura 11).

Contando hoy en día con datos abiertos y disponiendo de valiosos recursos tecnológicos y de procesamiento, la modelización de pronósticos ajustados que funcionen como gemelos sobre diferentes realidades económicas, industriales y de negocios seguramente se podrán formular en nuevos proyectos de investigación de líneas similares a la presente. Para finalizar y como ejemplo de lo expuesto, se prevé dejar planteado el problema que relaciona los indicadores de movilidad de Google con la huella de carbono asociada a la transportación terrestre para su futuro tratamiento por líneas de investigación ambiental.

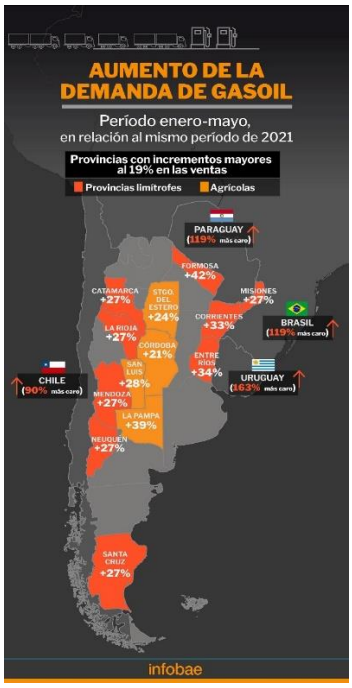


Figura 11: Comportamiento atípico de demanda en gasoil argentino (2022) y la relación porcentual del precio de este combustible en países limítrofes [10]

5. REFERENCIAS

[1] YPF. (2020). YPF-Ruta. Sitio Web. Consultado el 01/06/2022 de: https://www.ypf.com/productosyservicios/YPF-Ruta/Paginas/home.html

[2] Ministerio de Salud. (2020). Decreto de Necesidad y Urgencia (PEJ). DNU 260/2020. Recuperado el 01/06/2022 de: https://www.argentina.gob.ar/coronavirus/dnu

[3] Hernández F., Mazo M. (2020). Modelos de Regresión con R. Edición digital Bookdown [s.n]. Recuperado el 01/06/2022 de: https://fhernanb.github.io/libro_regresion/index.html

[4] SAS. (s.f.). Forecast Server. Sitio Web. Consultado el 01/06/2022 de: https://www.sas.com/es_ar/software/forecast-server.html

[5] Coloma, G. (1998). Análisis de comportamiento del mercado argentino de combustibles líquidos. XXXIII Reunión de la Asociación Argentina de Economía Política, Mendoza. Recuperado el 01/06/2022 de: https://aaep.org.ar/anales/works/works1998/COLOMA.PDF

[6] Datos Argentina (s.f.). Jefatura de Gobierno, Argentina Unida. Sitio Web. Consultado en el portal de origen (ME -Secretaría de Energía) el 01/06/2022 desde: https://datos.gob.ar/

[7] Google. (s.f.). Informes de Movilidad. Sitio Web. Consultado el 01/06/2022 de: https://www.google.com/covid19/mobility/

[8] GitHub Inc. (s.f.). Plataforma de desarrollo colaborativo. Repositorio propio recuperado el 01/06/2022 desde: https://github.com/irmanoemino/demandacombustible1

[9] Faraway, J. J. (2016). Extending the Linear Model with R. Chapman and Hall/CRC. Londres.

[10] Bronstein, M. (2022). Crisis del gasoil: en algunas provincias triplicaron la venta a vehículos extranjeros por la diferencia en los precios. Infobae. Recuperado el 21/06/2022 de: https://www.infobae.com/economia/2022/06/21/crisis-del-gasoil-en-algunas-provincias-triplicaron-la-venta-a-vehiculos-extranjeros-por-la-diferencia-en-los-precios/

Agradecimientos

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora por brindarnos los medios y el apoyo para desarrollar nuestras tareas de investigación en los proyectos acreditados de los cuales el presente trabajo es parte, y particularmente a nuestro Director del Programa de Mejora de Procesos FI-UNLZ, Dr. Andrés Redchuk.

Utilización de herramientas de BI en proyectos de investigación. Caso de estudio: Hogar tipo argentino

Moreno, Valeria Karina*; Jara, Nicolás Sebastián; Luque Vazquez, Florencia; Rubiolo, Gino Sebastián

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba
utnpid2020@gmail.com

RESUMEN

En el presente proyecto, se denomina inteligencia de negocios o BI (del inglés business intelligence), a la implementación de herramientas para el manejo de grandes cantidades de datos proveniente de diversas fuentes, enfocada en la administración y creación de conocimiento [6]. Estas herramientas se utilizan comúnmente en empresas, por lo cual, el objetivo es trasladarlas a un proyecto de investigación, en dónde además de generar conocimiento, permitan facilitar la toma de decisiones.

El proyecto de base se enfoca en la creación de una guía de buenas prácticas aplicadas a miles de hogares para contribuir en la reducción de la huella de carbono [1] [2] [8].

Para llevarlo a cabo, se realizará una caracterización del sector residencial, analizando datos sobre la población, la climatología y la situación de consumo energético [3] [4] [5]. Estos datos se procesarán a través de un software (Power BI) generando en un mismo modelo de datos, un análisis detallado sobre este sector en Argentina, definiendo así un Hogar Tipo, según tres diferentes regiones: Norte, Centro y Sur [6] [7].

Esta caracterización, nos permitirá mediante la utilización del software y procesos de BI calcular y establecer índices y correlación entre los parámetros analizados, con el fin de estudiar el comportamiento de los hogares de las diferentes regiones. Una vez definido esto, mediante proyecciones y escenarios se realizará un análisis sobre el impacto de la aplicación de las buenas prácticas definidas en los hogares.

Palabras Claves: BI, Inteligencia de Negocios, Base de datos, Power BI.

ABSTRACT

Business intelligence or BI, in the current project, refers to the implementation of tools for the management of substantial amounts of data obtained from various sources, with the aim of the administration and creation of knowledge [6].

These tools are used by companies, but the objective of this project is to transfer them to a research project, where they can achieve the simplification of the decision-making process, in addition to the generation of knowledge.

The original project focuses on the development of a good practice manual, which can be applied to thousands of households in the country, to contribute to the reduction of the national carbon footprint [1] [2] [8].

The first step is the characterization of the residential sector, which is going to be developed by analyzing data on the national population, the weather, and the situation of energy consumption [3] [4] [5]. These data are being processed through the Power BI software generating a complete data model, with a detailed analysis of this sector in Argentina. This will define a Household Type, according to three different regions: North, Center, and South [6] [7].

This characterization, using the software and BI tools, will allow the calculation of the average consumption indexes and the correlation indexes, among the analyzed parameters. The main goal is to study the behaviour of household type in the defined regions. In the last step, through projections and scenarios, an analysis will be developed to measure the positive impact of the application of the good practices defined in this project.

Key Words: BI, Business Intelligence, Database, Power BI.

1. INTRODUCCIÓN

El término Business Intelligence hace referencia al uso de estrategias y herramientas que sirven para **transformar información en conocimiento**, con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisiones [6].

Se solía decir que la información es poder, pero ahora el poder es entenderla, de allí radica su importancia. La importancia del Business Intelligence está en que estas herramientas permiten tener un control absoluto de la información, de esta forma las organizaciones pueden gestionar estos datos de forma más eficaz para así poder entender su situación actual, plantear posibles escenarios futuros y tomar decisiones más inteligentes basadas en el conocimiento [6] [7].

Las cuatro grandes ventajas que ofrece el uso de herramientas de inteligencia son: 1. La capacidad de analizar de forma combinada información procedente de distintas fuentes y sistemas.

2. Una mayor profundidad de análisis y una capacidad ampliada de la provisión regular de información a los responsables de la toma de decisiones dentro de una organización para apoyarlos en su trabajo.
3. La posibilidad de remontar ese análisis atrás en el tiempo en base a series históricas.
4. La capacidad de realizar proyecciones y pronósticos de futuro en base a toda esa información [6].

Power BI es un servicio de análisis de negocio basado en la nube que te permite analizar e interactuar con una cantidad masiva de datos provenientes de diversas fuentes mediante un panel dinámico e interactivo [7].

A través de Power BI Desktop (versión gratuita de escritorio) sin necesidad de grandes conocimientos, se pueden crear paneles, gráficos e informes. Nos permite centralizar todos los datos obtenidos de diversas fuentes, y que previamente fueron estructurados para procesarlos mediante el software, como los datos del clima, consumos eléctricos y de gas y datos poblacionales de Argentina, con el fin de obtener datos estadísticos que nos ayuden a identificar las características del hogar tipo en las diferentes regiones [6] [7].

Además, nos permite realizar un análisis de correlación para estudiar el comportamiento de las variables analizadas desde la perspectiva de las diferentes regiones de argentina. Algunas ventajas de este software:

- Gratuito
- Curva de aprendizaje baja
- Fácil de comprender e interactuar
- Centralización de cálculos e información.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto de base se enfoca en la creación de una guía de buenas prácticas aplicadas a miles de hogares para contribuir en la reducción de la huella de carbono [1] [2].

Para llevarlo a cabo, se realizará una caracterización del sector residencial, analizando datos sobre la población, la climatología, la situación de consumo energético. Esta caracterización se obtendrá del análisis de los datos provenientes de diversos organismos e institutos oficiales, como la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMESA) y el Ente nacional de gas natural (ENARGAS) [4] [5]. Además, se utilizarán los datos del Instituto nacional de estadísticas y censos (INDEC) para caracterizar la población en la zona [3].

Estos datos se procesarán a través del software Power BI, generando en un mismo modelo de datos, un análisis detallado sobre este sector en Argentina, definiendo así un Hogar Tipo, según tres diferentes regiones: Norte, Centro y Sur.

1.1. Objetivo General.

Las herramientas de BI se utilizan comúnmente en empresas, para el procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos por lo cual, el objetivo principal del presente trabajo es trasladarlas a un proyecto de investigación, y utilizarlas en un caso específico de estudio, la definición del Hogar Tipo Argentino. De esta manera, además de generar conocimiento, permitan facilitar la toma de decisiones, y agilizar el procesamiento de los datos.

1.1.1 Objetivos Particulares.

A raíz del objetivo principal planteado, se derivan los siguientes objetivos particulares:

- Procesamiento de grandes cantidades de datos de manera ágil y dinámica.
- Presentación de resultados de una manera gráfica que permita interrelacionar diversidad de parámetros.
- Establecimiento de indicadores e índices de correlación.
- Finalmente, la definición del Hogar Tipo Argentino en base a los parámetro analizados.

2. METODOLOGÍA.

Para llevar a cabo la investigación planteada, como se mencionó anteriormente, se realizará una caracterización del sector residencial de la República Argentina, analizando datos sobre la población, la climatología, y la situación de consumo energético, teniendo en cuenta tanto la energía eléctrica como el gas natural [3] [4] [5].

Estos datos se procesarán a través del software Power BI [6] [7] generando en un mismo modelo de datos, un análisis detallado sobre este sector en Argentina, definiendo así un Hogar Tipo, según tres diferentes regiones: Norte, Centro y Sur.

Por lo tanto, la metodología estará dividida en tres etapas: Una primera etapa de búsqueda y procesamiento de información, una segunda etapa en la cual se realizará la obtención de indicadores e índices de correlación, y finalmente una tercera etapa en la cual se realizará la definición del Hogar Tipo.

2.1. Etapa 1: Búsqueda y procesamiento de Información.

Para facilitar la búsqueda de información se dividió el país en tres regiones:

- Norte: (Catamarca, Chaco, Corrientes, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santiago del Estero, Tucumán),
- Centro: (Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, La Rioja, Mendoza, San Juan, San Luis, Santa Fe)
- Sur: (Chubut, Neuquén, Rio Negro, Tierra del Fuego, Santa Cruz).

Cada región tiene un grupo asignado para realizar la búsqueda de información. Esta división se realizó bajo la presuposición de que estas regiones tienen características similares [3] [4] [5]. Algunas de estas características son:

- Clima: Temperatura y precipitaciones,
- Consumo de energía eléctrica,
- Consumo de gas natural,
- Distribución de la población.

Cada una de estas características, supone el manejo de una gran cantidad heterogénea de información, que deberá ser adaptada para poder ser procesada, por lo cual, esta etapa también incluye el acondicionamiento de la información para introducirla en el software [3] [4] [5] [6].

2.2. Etapa 2: Obtención de Indicadores e Índices de Correlación.

2.2.1 Obtención de mapas de colores.

El software permite crear mapas interactivos mediante códigos de área, para poder interpretar de forma gráfica la distribución de los datos (clima, población, consumos, etc.) entre las diferentes regiones y dentro de cada región entre las diferentes provincias [3] [4] [5]. Esto se realiza siguiendo una escala de colores donde se resalta con mayor intensidad aquella región/provincia donde alguno de los parámetros que se están estudiando sea más significativo.

2.2.2 Cálculo de índices.

Teniendo la información estructurada en forma de tabla, el software nos permite hacer comparaciones entre las diferentes variables, en forma de índices que se definirán apropiados para poder interpretar todos los datos, estos índices abarcan desde promedios de consumos para cada usuario hasta índices de correlación para poder predecir en cierto grado el comportamiento que tienen las variables entre ellas [6] [7].

2.2.3 Diferencia entre calcular índice de correlación en Excel y Power BI.

En el Power BI es necesario contar con todos los datos en cada uno de los registros para poder efectuar el cálculo, mientras que en Excel los datos que están en “blanco” los omite. Por esta razón se tiene que utilizar métodos matemáticos para poder estimar de la forma más precisa los valores que son imposibles de conseguir [6] [7].

2.3. Etapa 3: Definición de Hogar Tipo.

La caracterización de la región de estudio nos permitirá mediante la utilización del software y procesos de BI calcular y establecer índices y correlación entre los parámetros analizados, con el fin de estudiar el comportamiento de los hogares de las diferentes regiones [6] [7]. Para llevarlo a cabo, se analizarán datos sobre la población, la climatología, la situación de consumo energético [3] [4] [5]. Estos datos, procesados a través del software definido, generan un análisis detallado sobre este sector en Argentina, definiendo así un Hogar Tipo, según tres diferentes regiones: Norte, Centro

y Sur.

Una vez definido este análisis, mediante proyecciones y escenarios se realizará un análisis sobre el impacto de la aplicación de las buenas prácticas en los hogares. Es importante aclarar que esta última etapa escapa al alcance del presente resumen.

3. RESULTADOS PARCIALES.

La caracterización realizada, nos permite mediante la utilización del software y procesos de BI calcular y establecer índices y correlación entre los parámetros analizados, con el fin de estudiar el comportamiento de los hogares de las diferentes regiones. A continuación, se presentan los principales resultados alcanzados a partir de la metodología propuesta.

3.1. Etapa 1: Búsqueda y procesamiento de Información.

Power BI Desktop es utilizado por usuarios de Excel y por una gran cantidad de profesionales alrededor del mundo dedicados al análisis y visualización de datos, ya que es una herramienta que ayuda a importar datos de diferentes fuentes, crear un modelo de datos y generar reportes basados en dicho modelo, los datos deben estar estructurados de cierta forma para poder ser procesados por lo que es necesario contar con el formato definido [6] [7].

El primer paso para poder procesar los datos fue necesario seguir la secuencia ETL (Extract, Transform, Load). En la etapa de Extracción se definieron las fuentes de los datos que se van a procesar, luego es necesario Transformar estos datos a un formato adecuado, donde se definió una estructura de tabla de doble entrada, para poder tener una perspectiva temporal al manejar los meses y una estructura de clasificación para las provincias y regiones, todo esto para cada una de las variables. Aquellos datos que no poseían una perspectiva temporal se creó una tabla donde solo se incluyen las clasificaciones y las variables correspondientes.

Por último, se generó la carga de datos mediante el soporte de Google Sheets al Power Bi, donde se permite agregar más datos al modelo y actualizarlo para que sean reflejados dentro del software. El segundo paso para obtener el conocimiento fue crear el modelo de datos dentro del Power BI definiendo los gráficos y el formato adecuado para poder visualizarlos correctamente, un punto clave es ir probando qué gráfico se adapta mejor al tipo de conocimiento que se quiere extraer. El tercer paso es necesario cuando los gráficos, que muestran los diferentes datos, no llegan a expresar totalmente lo que se quiere mostrar, por lo que es necesario procesar aún más los datos con un lenguaje de programación DAX (que es propio del Power BI). Este procedimiento permitió llegar a un nivel superior en el tratamiento de los datos donde se pudieron extraer comparaciones, correlaciones e índices que se requieren para poder llegar a la definición del hogar tipo [6] [7].

3.2. Etapa 2: Obtención de Indicadores e Índices de Correlación.

La figura 1 es una vista de la pantalla principal del software, como se puede apreciar tiene una interfaz muy amigable, similar a los demás programas de Microsoft, en dicha pantalla se pueden introducir distintos elementos visuales (gráficos, tablas, etc.) y cambiar su formato fácilmente, se pueden agregar más páginas y cambiar el diseño de estas a conveniencia [6] [7].

En Power BI se pueden incorporar nuevos objetos visuales y sumarlos a los que ya están disponibles en el software. El software cuenta con “medidas rápidas”, estas son las funciones que ya están incorporadas (suma, resta, valor promedio, valor máximo o mínimo, aplicar filtros, índice de correlación, etc.). El software utiliza el lenguaje de programación DAX, los usuarios más especializados pueden hacer uso de este para realizar funciones que estén incorporadas por defecto y de esta manera aprovechar todo el potencial del programa. El software es amigable para los nuevos usuarios que quieran empezar a utilizar el programa y además es útil para aquellos usuarios que ya cuenten con un mayor grado de experiencia y requieren herramientas potentes.

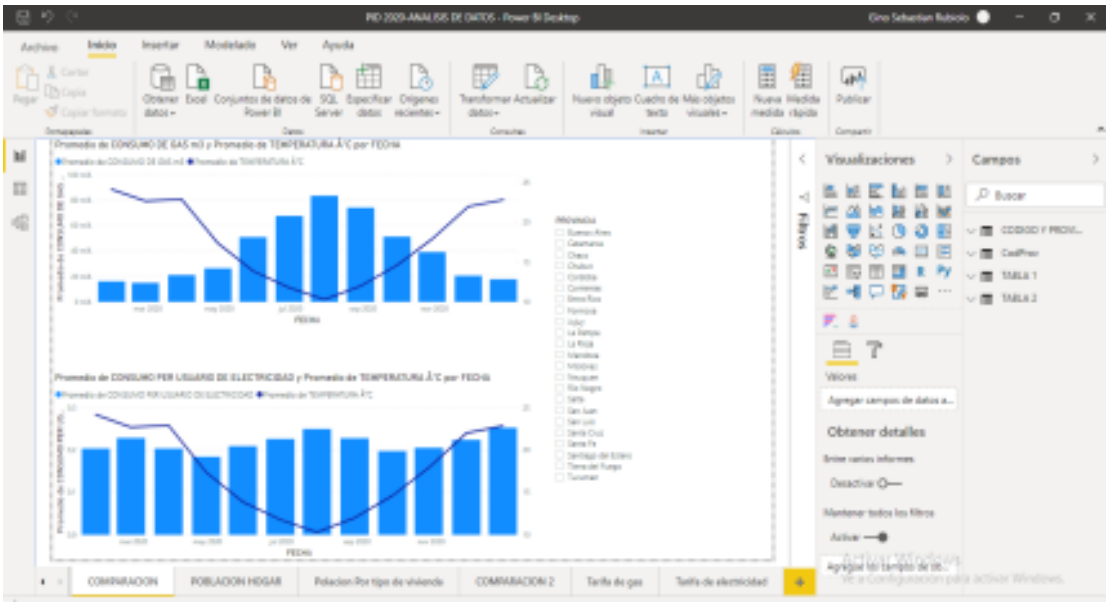


Figura 1 *Pantalla principal del software.*

3.2.1 Mapa de colores.

Unas de las herramientas utilizadas fue el *mapa de colores*. Para explicar con mayor claridad, el funcionamiento de un mapa de colores, se va a tratar un ejemplo. Lo que se va a analizar es la densidad poblacional de la zona centro [3] [11].

En primer lugar, se calcula la densidad por hogar que existe en cada provincia de la zona centro de la República Argentina en el año 2019, dicho cálculo consiste en dividir la población total de cada provincia por la cantidad total de hogares en la misma región, lo cual arroja los siguientes resultados [3] [11].

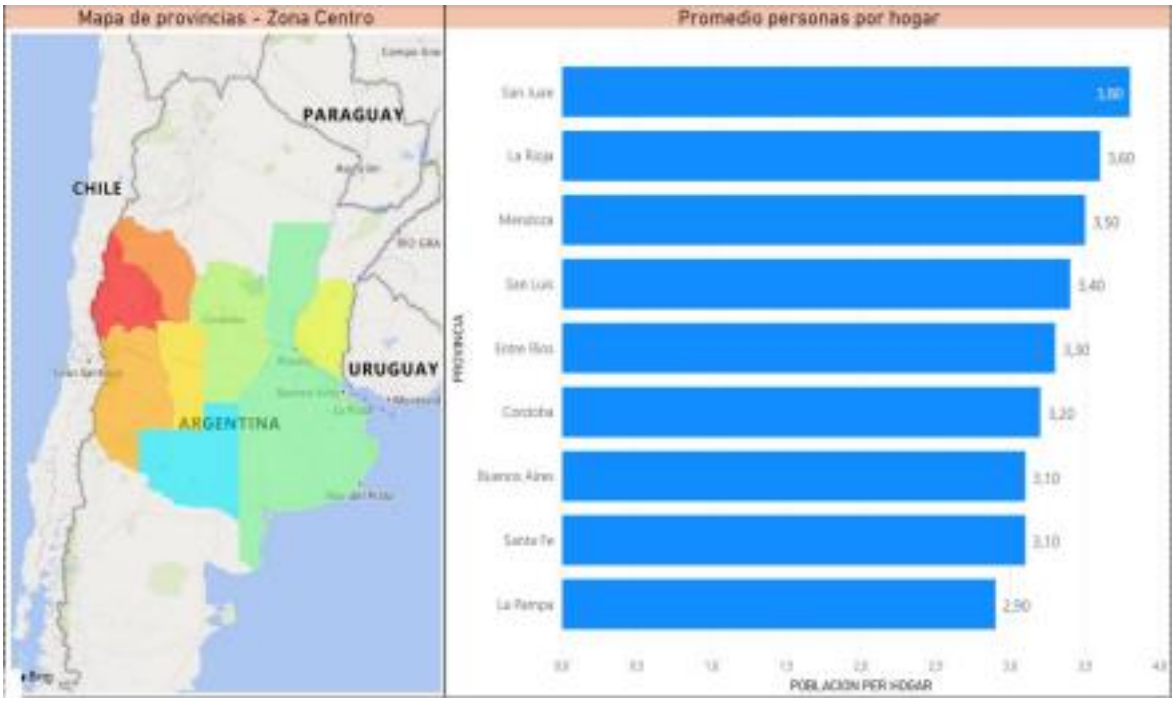


Figura 2 *Densidad poblacional de la zona centro.*

El mapa, que se encuentra a la izquierda, tiene una escala de colores en donde el color **rojo representa** la mayor densidad poblacional y el **verde** una densidad media y el color **celeste**

representa la menor densidad poblacional.

A la derecha de la figura 1, se observa un gráfico de barras que representa la distribución de la densidad poblacional de la zona centro.

Como conclusión de los gráficos se puede decir que la provincia de San Juan es la que mayor densidad poblacional por hogar tiene alcanzando un promedio de 3,8, mientras que la provincia de La Pampa es la de menor densidad teniendo solamente en promedio 2,9 personas por hogar. A continuación, se visualizan y describen con más detalles estos extremos. Este mismo análisis de la población se realizó para las demás zonas del país [3] [11].

3.2.2 Indicadores de promedio.

El hogar tipo va a quedar definido por una serie de índices, de variadas perspectivas y naturalezas, como tarifas promedio, consumos promedio, lo cual va a ayudar a determinar qué región es la que más consume, posee más precipitaciones, posee la tarifa más alta o tiene una mayor población por cada hogar [3] [4] [5].

El software permite entrar en detalle de cada región desplegando las provincias que la integran y pudiendo observar los datos que conforman el valor general de la zona. La escala de colores sirve para identificar rápidamente cual es la provincia donde ese índice es el más significativo, siendo el color rojo el valor más elevado.

ZONA	Promedio de TARIFA PROMEDIO GAS	Promedio de TARIFA-CONSUMO GAS	Promedio de TARIFA PROMEDIO ELECTRICIDAD	Promedio de TARIFA-CONSUMO ELECTRICIDAD	Promedio de POBLACION PER HOGAR
SUR	639	2633	1128	1.041	3,36
Tierra del Fuego	562	3878	1605	1.293	3,40
Santa Cruz	608	3527		1.293	3,40
Chubut	669	2190		1.037	3,30
Neuquen	677	1895	1138	1.051	3,40
Rio Negro	681	1674	642	530	3,30
CENTRO	1249	893	1156	1.086	3,32
NORTE	1159	608	976	451	4,32
PROMEDIO PAIS	1055	1160	1067	828	3,72

ZONA	Promedio de CONSUMO DE ELECTRICIDAD	Promedio de CONSUMO DE GAS	Promedio de TEMPERATURA	Promedio de PRECIPITACIONES	Promedio de %POB. CASA	Promedio de %POB. DEPTO
SUR	0,26	426	11,04	55	0,82	0,12
Tierra del Fuego	0,24	690	6,42	27	0,70	0,19
Santa Cruz	0,24	580	9,43	43	0,86	0,11
Chubut	0,28	327	12,87	78	0,86	0,11
Neuquen	0,28	280	13,16	17	0,86	0,10
Rio Negro	0,25	246	13,33	111	0,84	0,12
CENTRO	0,31	80	18,00	336	0,88	0,08
NORTE	0,14	52	21,15	169	0,82	0,02
PROMEDIO PAIS	0,23	144	17,72	209	0,85	0,07

Figura 3 *Tabla de indicadores de promedio desplegada por provincias*

3.2.3 Índices de Correlación.

Otra herramienta relevante que fue utilizada es el *índice de correlación*. Dicho índice muestra la relación que existe entre dos parámetros, puede tomar valores entre 1 a -1. La interpretación que tienen es la siguiente:

- Si los valores son cercanos a 1: Los parámetros analizados son proporcionales.
- Si los valores son cercanos a 0: La variación de los parámetros no tienen una relación
- Si los valores son cercanos a -1: Los parámetros son inversamente proporcionales.

A continuación, se analizará brevemente el índice de correlación que existe entre el consumo de electricidad y la temperatura de la zona norte del país.

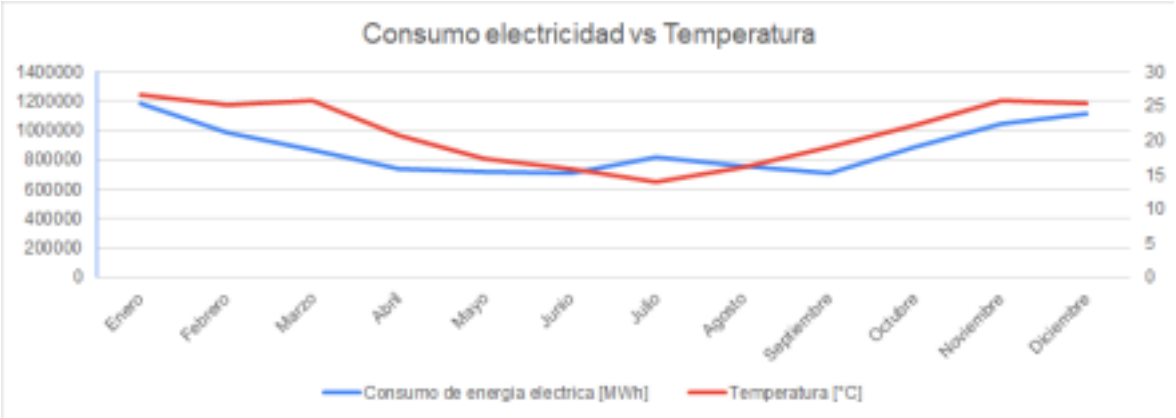


Figura 4 *Variación anual del consumo energético y de la temperatura de Zona Norte*

En línea roja se observa como varía la temperatura y el consumo de energía eléctrica a lo largo del año [4]. Se puede observar que la variación del consumo energético y la temperatura es similar a lo largo del año, en otras palabras, estos parámetros tienen un índice de correlación cercano a 1. Cuanto más cercano a 1 sea el índice, ambas curvas van a ser más similares. Es importante aclarar que para que el Power BI pueda utilizar realizar el cálculo del índice de correlación es necesarios que los datos estén completos.

Por lo tanto, fue necesario realizar una estimación sobre aquellos datos que no fue posible encontrar. Esta estimación se realizó utilizando las características de las provincias limítrofes, por ejemplo, para el cálculo del consumo de gas por usuario de la provincia del Chaco se utilizó el promedio de los consumos de Salta, Santiago del Estero y Santa Fe [4] [5].

Estos índices sirven para poder mostrar el comportamiento de las variables que componen los índices, y van a ayudar a predecir qué ocurre si se incrementan o disminuyen algunas de las variables. La capacidad del software radica en que se puede separar las zonas definiendo una categoría previamente y que es de utilidad para lograr analizar cada una por separada.

ZONA	CO TEMP-GAS	CO TEMP-ELEC	CO HOG-GAS	CO HOG-ELEC	CO GAS-ELEC	CO-ELE-TE	CO-GAS-TG
SUR	-0,98	0,23	0,64	-0,01	-0,26	0,82	0,99
CENTRO	-0,65	0,28	-0,46	0,81	-0,45	0,42	0,69
NORTE	0,11	0,71	-0,51	-0,51	0,10	0,96	0,65
PROMEDIO PAIS	-0,90	0,55	-0,34	0,39	-0,31	0,80	0,98

Figura 5 *Índice de correlación de las distintas zonas*

A continuación, se expresa el significado de cada una de las columnas:
- **CO TEMP-GAS:** Correlación entre la temperatura y el consumo de gas.
- **CO TEMP-ELEC:** Correlación entre la temperatura y el consumo de electricidad.
- **CO HOG-GAS:** Correlación entre cantidad de personas por hogar y el consumo de gas.
- **CO GAS-ELEC:** Correlación entre el consumo de gas y el consumo de electricidad.
- **CO ELE-TE:** Correlación entre el consumo y la tarifa eléctricos.
- **CO GAS-TG:** Correlación entre consumo de gas y tarifa de gas.

3.3. Etapa 3: Hogar Tipo Argentino.

3.3.1 Resultados obtenidos a partir del Power BI: Hogar Tipo Argentino

Las siguientes tablas muestran el resumen de todos los indicadores e índices que se

calcularon para definir el hogar tipo a nivel nacional y un hogar tipo para cada región de argentina. A continuación, se presenta una Tabla resumen de todos los valores obtenidos para definir el hogar tipo argentino [3] [4] [5] [11]:

Tabla 1 *Hogar tipo argentino.*

PARÁMETROS	**HOGAR TIPO ARGENTINO**
Consumo promedio mensual de gas	144 m^3
Tarifa promedio mensual de gas	$1066
Consumo promedio mensual electricidad	0,23 MWh
Tarifa promedio mensual de electricidad	$ 828
Personas por hogar	3,72
% de personas que viven en casas	85%

El software además permite utilizar el mismo modelo de datos para segmentar las visualizaciones y los cálculos realizados, permitiéndonos calcular las variables de un hogar tipo para cada una de las regiones que se definieron anteriormente, esto es una ventaja al momento de poder ver las variaciones que existen entre cada una de zonas y poder explicar el porqué de estas variaciones.

En el siguiente apartado se expondrán estos resultados.

3.3.2 Resultados obtenidos a partir del Power BI: Hogar Tipo por Regiones

A continuación, se presentan las diversas Tablas resumen de todos los valores obtenidos para definir el hogar tipo argentino, según las tres zonas definidas inicialmente [3] [4] [5] [11]:

· Región Norte,
· Región Centro y
· Región Sur,

Tabla 2 *Hogar tipo, región sur.*

PARÁMETROS	**HOGAR TIPO, REGIÓN SUR**
Consumo promedio mensual de gas	425 m^3
Tarifa promedio mensual de gas	$ 639
Consumo promedio mensual electricidad	0,26 MWh
Tarifa promedio mensual de electricidad	$ 1041
Personas por hogar	3,36
% de personas que viven en casas	82%

Tabla 3 *Hogar tipo, región centro.*

PARÁMETROS	**HOGAR TIPO, REGIÓN CENTRO**
Consumo promedio mensual de gas	80 m^3
Tarifa promedio mensual de gas	$ 1249
Consumo promedio mensual electricidad	0,31 MWh
Tarifa promedio mensual de electricidad	$ 1086
Personas por hogar	3,32
% de personas que viven en casas	88%

Tabla 4 *Hogar tipo, región norte.*

PARÁMETROS	**HOGAR TIPO, REGIÓN NORTE**
Consumo promedio mensual de gas	52 m^3
Tarifa promedio mensual de gas	$ 1159
Consumo promedio mensual electricidad	0,14 MWh
Tarifa promedio mensual de electricidad	$ 451
Personas por hogar	4,32
% de personas que viven en casas	82%

4. CONCLUSIONES.

Las herramientas de BI se utilizan comúnmente en empresas, para el procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos por lo cual, el objetivo principal del presente trabajo fue trasladarlas a un proyecto de investigación, en dónde además de generar conocimiento, permitan facilitar la toma de decisiones, y agilizar el procesamiento de los datos.

El software de Inteligencia de negocios Power BI se adaptó muy bien a los requerimientos del proyecto de investigación sirviendo como una herramienta fundamental al momento de generar el conocimiento que permitió llegar a la definición correcta del hogar tipo de las distintas zonas o regiones del país. Relacionando datos provenientes de diversas fuentes que fueron estructurados mediante un formato adecuado siguiendo la metodología de ETL, y centralizados mediante un modelo de datos en el software, el mismo ofrece una solución práctica para poder modelarlos, realizar comparaciones y cálculos de índices, y así permite visualizar toda la información en unos pocos tableros.

El programa resultó de mucha utilidad a la hora de realizar las comparaciones de los indicadores calculados de las distintas zonas, utilizando los diferentes elementos que ofrece el software. Además, permitió de una forma gráfica y dinámica, la determinación del Hogar Tipo argentino, según las tres regiones de estudio, información que será de suma importancia para alcanzar los objetivos del proyecto base del cual se deriva el presente análisis.

Los resultados finales arrojaron los siguientes valores para la definición del Hogar Tipo Argentino: Consumo promedio mensual de gas: 144 m3; Tarifa promedio mensual de gas: $1066: Consumo promedio mensual electricidad: 0,23 MWh: Tarifa promedio mensual de electricidad: $ 828: Personas por hogar: 3,72: % de personas que viven en casas: 85%

5. REFERENCIAS.

[1] ONU. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Página web] Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/ (Consulta: Mayo, 2019)
[2] ONU. Producción y consumo responsables: por qué son importantes. [Página web] Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/wp content/uploads/sites/3/2016/10/12_Spanish_Why_it_Matters.pdf (Consulta: Mayo, 2019)
[3] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo poblacional 2010. Proyecciones y estimaciones. [Página web] Disponible en: https://ssl.smn.gob.ar/dpd/observaciones/estadisticas.txt (abril, 2021)
[4] CAMMESA. Informe Anual. [Página web] Disponible en: https://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx (junio, 2020) [5] ENARGAS. Atlas Histórico de Gas. [Página web] Disponible en: https://www.enargas.gob.ar/secciones/informacion-geografica/atlas-historicos-del-gas.php (junio, 2021)
[5] ENARGAS. Ente Regulador del Gas [Página web] Disponible en: https://www.enargas.gob.ar/ (junio, 2021)
[6] Signaturit. ¿Qué es Business Intelligence (BI) y qué herramientas existen? [Página web] Disponible en: https://blog.signaturit.com/es/que-es-business-intelligence-bi-y-que herramientas
existen#: ~:text=El%20t%C3%A9rmino%20Business%20Intelligence%20(BI, de%20decisio nes%20en%20una%20empresa. (Consulta: Mayo, 2021)
[7] Microsoft. Power BI. [Página web] Disponible en: https://powerbi.microsoft.com/es es/features/ (Consulta: Mayo, 2019)
[8] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico documento de referencia reducción de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reduccion_de_gases_invernadero_doc.pdf
(Consulta: Mayo, 2021)
[9] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico reciclado de distintas corrientes de residuos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reciclado-de-residuos_doc.pdf (Consulta: Mayo, 2021)
[10] Ministerio de Educación, Cultura, Ciencia y Tecnología. Núcleo socio-productivo estratégico - Recursos Hídricos. [Página web] Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/recursos_hidricos_doc.pdf. (Consulta: Mayo, 2021)
[11] Universidad Católica Argentina (UCA). Observatorio de la deuda social Argentina. [Página web] Disponible en: https://mapa.poblaciones.org/map/7201/#/@-39.189006,-62.552896,4z (Consulta: Mayo, 2021).

ESTRATEGIA LEAN 4.0, LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES EN EL MARCO DEL PARADIGMA INDUSTRIA 4.0

Federico Walas Mateo, Julián Eloy Tornillo, Víctor Orellana Ibarra, Sonia Mabel Fretes, Andrea Seminario Vilca

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
fedewalas@gmail.com

RESUMEN

La adopción de la estrategia Lean Manufacturing impulsa significativamente el desempeño de una empresa industrial, enfocándose en actividades que agregan valor, y buscan la eliminación de todo desperdicio o actividad que no sume valor para el cliente. Por otro lado, el modelo Industria 4.0 es considerado un paradigma de clase mundial que apunta a empoderar a las personas y optimizar procesos a través de diversas tecnologías surgidas de la digitalización.

La combinación de estos modelos dio como resultado términos como "lean 4.0". Sin embargo, no existe una definición clara y detallada del resultado de la integración de ambos paradigmas. Este trabajo indaga sobre oportunidades y fortalezas que genera la complementación de la gestión Lean e Industria 4.0, y sobre cómo el modelo Industria 4.0 puede facilitar y fortalecer la adopción de metodología Lean.

Esta propuesta nace de un Grupo de investigación de Ingeniería Industrial, radicado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. El objetivo será la generación de metodologías para facilitar la adopción de soluciones para trabajar dentro del modelo de Gestión Lean, y el paradigma Industria 4.0.

Palabras Claves: Lean Manufacturing, Industria 4.0, Optimización de procesos, Producción inteligente, Kaizen 4.0.

ABSTRACT

The adoption of Lean manufacturing strategy significantly boosts the performance of an industrial company, focusing on activities that add value, and seek to eliminate all waste or activity that does not add value to the customer. On the other hand, the Industry 4.0 model is considered a world-class paradigm that aims to empower people and optimize processes through various technologies arising from digitization.

The combination of these models resulted in terms like "lean 4.0". However, there is no clear and detailed definition of the result of the integration of both paradigms. This work investigates the opportunities and strengths generated by the complementation of Lean management and Industry 4.0, and how the Industry 4.0 model can facilitate and strengthen the adoption of Lean methodology.

This proposal stems from an Industrial Engineering Research Group, based in the Faculty of Engineering of the National University of Lomas de Zamora. The objective will be the generation of methodologies to facilitate the adoption of solutions to work within the Lean Management model, and the Industry 4.0 paradigm.

Keywords: Lean Manufacturing, Industry 4.0, Process optimization, Smart Production, Kaizen 4.0.

1. INTRODUCCIÓN

La estrategia de gestión Lean es un modelo de producción aceptado y consolidado en empresas de clase mundial que tiene como principal objetivo la eliminación de tareas que no agregan valor al cliente, y la maximización de la calidad en la producción. Esta estrategia es una evolución del modelo de producción de Toyota.

Por otra parte, en los últimos años ha surgido el concepto de Industria 4.0 (I4.0), el cual es amplio y difuso, y puede ser tratado desde múltiples miradas, según distintos autores. Algunos de los enfoques más tecnocráticos están fuertemente vinculados a la tecnología informática y hardware aplicados a la industria, otros asociados a lo social se refieren al futuro del trabajo y el rol de las personas, o desde la óptica de la gestión de la tecnología y la innovación la aparición de nuevos modelos de negocio, la innovación abierta, mientras que desde lo organizacional aparecen las oportunidades de mejora en la Organización Industrial y la evolución de Cadenas Globales de Valor, entre otros.

Del párrafo anterior se desprende la riqueza de esta temática para la disciplina de la Ingeniería Industrial, y genera un enfoque integrado sobre los nuevos modelos de producción. En particular analizar a I4.0 como una evolución y no una ruptura de modelos y practicas anteriores. Es decir que el paradigma I4.0 representaría una fase de profundización del paradigma de acumulación a partir del uso intensivo de las TICs (Tecnología Informática y Comunicaciones), y el nuevo modelo aportaría el funcionamiento sistémico de los componentes que integran esta estrategia, como rasgo diferencial [1].

A partir de trabajos anteriores sobre esta temática se ha generado bibliografía y antecedentes a nivel conceptual. Este proyecto pretende desarrollar conocimiento original sobre el abordaje desde empresas nacionales a la estrategia Lean y al modelo I4.0 en forma complementaria, en particular como la aplicación de herramientas I4.0 puede ayudar a realizar la concreción de objetivos de la Gestión Lean.

Más allá explorar y profundizar sobre los desafíos técnicos, la investigación se concentrará en cómo implementar Lean 4.0 como un enfoque holístico. Un área clave es la integración de las personas para evitar replicar fallas y problemáticas de la introducción de tecnología en la fabricación.

El presente trabajo intenta dar visibilidad a la propuesta de investigación y a los resultados preliminares. A continuación, se desarrolla el análisis de antecedentes, la metodología propuesta para investigar, y da cuenta de resultados preliminares y conclusiones.

2 . ANTECEDENTES

En las últimas décadas, las empresas han trabajado para aumentar más la calidad y variedad de servicios y productos, así como minimizar costos y aumentar los beneficios, potenciando eficiencia de producción y procesos para los ciclos de vida del proyecto, y mejorar las condiciones de trabajo para las personas, y fidelización de los clientes [2, 3]. En efecto, siempre se requiere que cualquier negocio sea exitoso y sostenible. Mientras que se buscan técnicas para la mejora continua.

Herramientas como la gestión Lean nos permiten mantener los resultados mientras somos capaces de competir en mercados muy volátiles [4]. Una serie de estudios han identificado las ventajas de la adopción de la estrategia Lean. Literatura, revisiones y documentos empíricos han demostrado la capacidad de Lean Manufacturing para:

(1) eliminar las inconsistencias del proceso, el desperdicio y las actividades sin valor agregado,

(2) proporcionar un producto con la calidad requerida por el cliente, en el momento adecuado, en cantidad adecuada,

(3) reducir el inventario, y

(4) mejorar la calidad [5].

El artículo [6] pone de manifiesto el creciente interés en vinculo entre Lean Management (LM) e Industria 4.0 (I4.0), con el objetivo de eliminar el desperdicio de los procesos comerciales para mejorar su eficiencia, así como su competitividad [7]. A pesar de la existencia de documentos que combinan estos dos enfoques, no existe una sistematización integral de conocimiento existente que estudia la interacción entre todos.

Por otro lado, la innovación abierta genera oportunidades para desarrollar soluciones tecnológicas encuadradas en el marco de I4.0, a partir de utilizar software o hardware libre, o metodologías colaborativas entre emprendedores, Universidades, y grandes empresas.

Un análisis bibliometrico preliminar en la base de datos Scopus, arrojo 240 documentos, con una evolución creciente del tipo exponencial. Se utilizó la siguiente consulta, ("Lean manufacturing" AND "Industry 4.0" OR "Lean 4.0")

Los primeros artículos sobre la materia se publicaron en el año 2016, 3 trabajos, y en el año 2021 se destacan 75 trabajos. El crecimiento exponencial de la temática, según se muestra en la figura 1, demuestra que el tema es de creciente interés en el ámbito de la investigación.

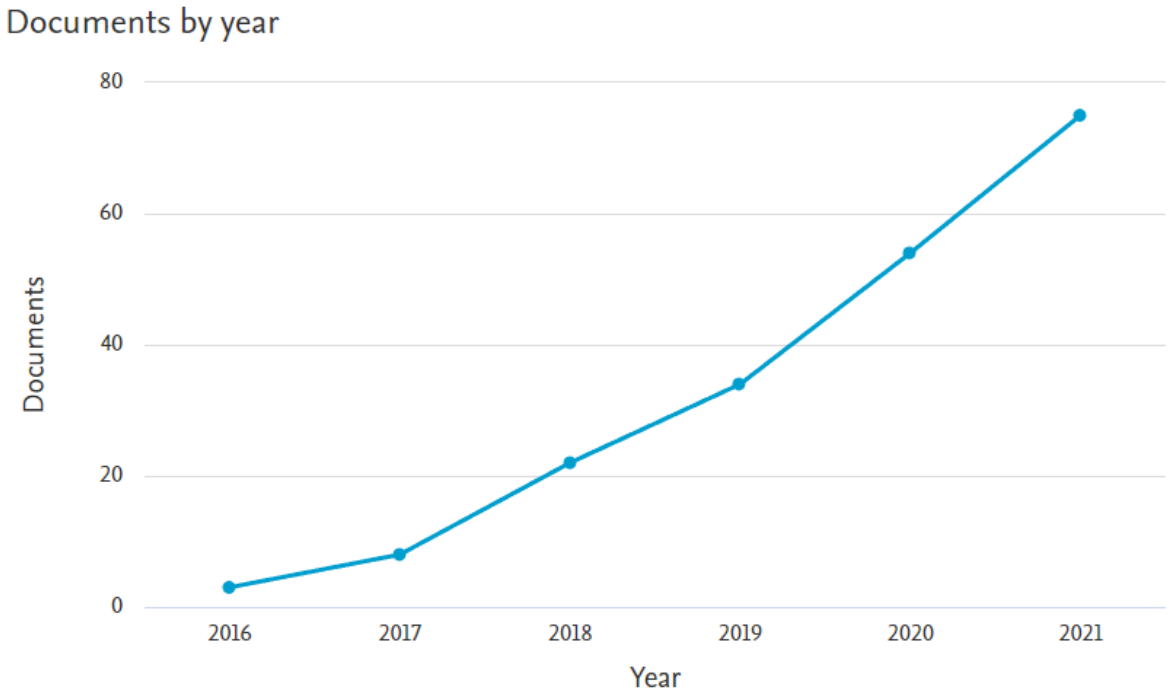


Figura. 1. Cantidad de trabajos publicados por año sobre la temática LM e I 4.0. Fuente: Scopus.

Por otro lado, el análisis también arrojo el porcentaje de documentos por área de investigación. Según se puede ver en la figura 2, Ingeniería, ciencia de decisiones, y gestión de negocios representan más del 50% de los artículos publicados sobre el tema. Esto da otro indicador sobre lo pertinencia del tema para ser investigado, y generar conocimiento aplicado en la materia para transferir a las empresas locales.

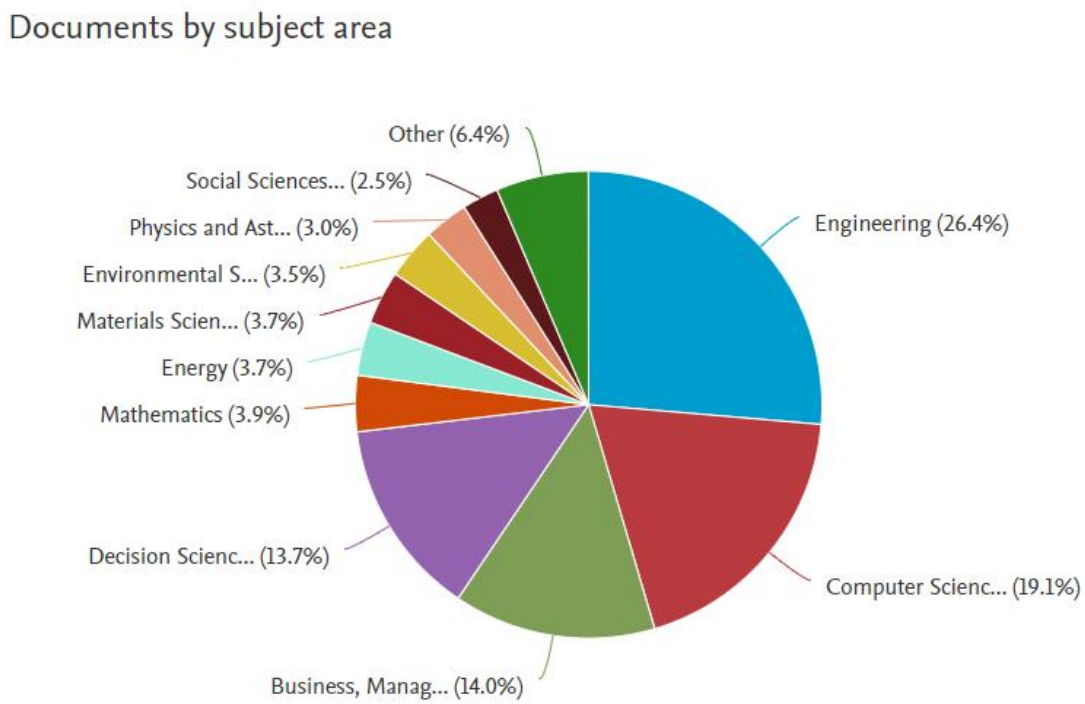


Figura 2. Distribución por área del conocimiento de los documentos publicados sobre LM e I4.0.

Fuente: Scopus.

Con respecto a los antecedentes del equipo de trabajo en la materia, se destaca la participación en los proyectos:

- Metodologías de abordaje al modelo Industria 4.0 en PyMEs, el rol de la Empresas de Base Tecnológica (EBT), los recursos humanos, y el ecosistema de Innovación, convocatorias de UNAJ Investiga 2020.
- Análisis del abordaje de herramientas de Producción 4.0 en PyMEs Locales. convocatorias de UNAJ Investiga 2017.
- Incorporando el paradigma Industria 4.0 en el Ecosistema Industrial Regional, convocatoria Lomas XT 2022.

3. METODOLOGÍA

En principio se completará el relevamiento bibliográfico y exploratorio con entrevistas con actores clave de la temática, empresas con implementaciones de herramientas LM, o I 4.0, o en proceso de abordaje de alguno de los modelos en estudio, profundizando y focalizando investigaciones anteriores.

Se realizará un diseño exploratorio para conocer el estado del arte a nivel internacional y conocer las mejores prácticas, para luego desarrollar una metodología de aplicación a nivel local. Luego se realizarán encuestas para completar un estudio cuali-cuantitativo.

Una perspectiva de investigación relevante es validar, la máxima interdependencia que se ha demostrado entre Big Data, IoT/IIoT, Digital Twin, Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automatico, entre otras herramientas I4.0, y Análisis con herramientas LM como: Value Stream Mapping (VSM), Trabajo de Estandarización, Mejora Continua, (Kaizen) Andon, Heijunka, Jidoka, Kanban, Poka Yoke, Control Estadístico de Procesos, 5S, TPM, entre otras.

También se trabajará en casos de uso concretos y la experimentación para materializar experiencias validadas en el párrafo anterior.

El estudio bibliográfico se realizará sobre bases de datos como Scopus, WOS, e IEEE, etc. Será muy importante realizar una revisión bibliométrica en estas bases de datos científicas para comparar y analizar artículos y material disponible en la literatura.

Por último, otra perspectiva de investigación será explorar más a fondo las tecnologías y herramientas de I4.0 e involucrar oportunidades de mejora sobre considerando los objetivos de la ODS, analizando así Lean 4.0 ecológico en las organizaciones.

Se pretende trabajar en 3 componentes, y una duración total de 24 meses.

Componente 1

Se procederá a la revisión e integración de información, se identifican actores clave como informantes.

Se desarrollan talleres para validar la información de partida y dar a conocer las líneas de trabajo a ejecutar.

Esta instancia comprende además análisis bibliográfico utilizando análisis bibliométricos en base de datos indexadas como Scopus, y WOS, entre otras.

Componente 2

Luego se desarrollará el relevamiento. Esto permitirá contar con información para conocer la realidad sobre aplicación de herramientas de I4.0 y Gestión Lean en los distintos sectores productivos, la problemática específica, y los resultados según las hipótesis planteadas.

Se desarrollarán análisis de casos de uso para generar nuevas herramientas Lean a partir de la digitalización de los datos, y herramientas como Realidad Aumentada/Realidad virtual, gemelo digital, IA/ML, IIoT/Io, entre otras. Luego se buscará experimentar con hardware como Arduino, CIAA, y otros en alianza con startups y empresas tecnológicas para analizar posibilidades de integración de I 4.0 y Lean. En este sentido, podría generarse actividades del tipo hackaton o rally de la innovación para desarrollar soluciones a desafíos productivos planteados por empresas PyMEs de la región.fe

Componente 3

Finalmente, con los resultados obtenidos, se procederá a integrarlos y generar un informe de resultados y recomendaciones. Se pretende realizar una presentación donde participen los actores involucrados para validar los resultados y reforzar el potencial de transferencia de estos.

El informe incluirá la determinación de las principales potencialidades y limitaciones para la incorporación de tecnología y las acciones programadas para superarlas.

Esta instancia comprende la publicación de resultados y la participación en congresos nacionales e internacionales que permitan dar visibilidad al trabajo realizado, como también interactuar con expertos del ecosistema I4.0.

4. CONCLUSIONES

En primera instancia no cabe dudas que las tecnologías que conforman en modelo I4.0 pueden ofrecer beneficios potenciales en la realidad actual para la adopción de herramientas de Gestión LM. Queda por evaluar la efectividad de la complementación de la tecnología en distintos sectores y contextos. Esto será una de las líneas de trabajo a continuar.

Observando los antecedentes y resultados preliminares, tema a profundizar en la investigación presenta aristas muy interesantes para profundizar y continuar indagando. Particularmente aparece como desafío central analizar los alcances en el ámbito PyME, y sobre todo como generar un abordaje integrado en este segmento de empresas en vista de generar mayor competitividad en el entramado industrial nacional.

Por otro lado, se visualiza como una necesidad el hecho de contar con información sobre los obstáculos y contradicciones que se generan en la complementación entre I 4.0 y Gestión Lean, y el impacto en la madurez de las empresas para desplegar Lean 4.0. Otra línea de trabajo será la de proponer roadmaps o modelos de adopción.

Por último, también queda pendiente explorar e indagar sobre si Lean 4.0 pude transformarse, o colaborar en el modelo Industria 5.0 que está emergiendo según algunos autores [8,9].

5. REFERENCIAS.

1. Walas Mateo, F., Redchuk, A., Tornillo, J.E. (2022) Incorporando el paradigma Industria 4.0 en el Ecosistema Industrial Regional. 6toCADI/13er CAEDI, Resistencia/Corrientes. Setiembre 2022.
2. Mourtzis, D.: Challenges and future perspectives for the life cycle of manufacturing networks in the mass customisation era. Logist. Res. 9, 2 (2016)
2. Hernandez-de-Menendez, M., Díaz, C.A.E., Morales-Menendez, R.: Engineering education for smart 4.0 technology: a review. Int. J. Interact Des. Manuf. 14, 789–803 (2020)
3. Smith,W.K., Besharov,M.L.: Bowing before dual gods: How structured flexibility sustains organizational hybridity. Adm. Sci. Q. 64, 1–44 (2019)
4. Jasti, N.V.K., Kodali, R.: Lean production: literature review and trends. Int. J. Prod. Res. 53, 867–885 (2015)
6. Ciano, M.P., Pozzi, R., Rossi, T., Strozzi, F.: How IJPR has addressed 'lean': a literature review using bibliometric tools. Int. J. Prod. Res. 57, 5284–5317 (2019)
7. Lai NYG, Wong KH, Halim D, et al (2019) Industry 4.0 enhanced lean manufacturing. In: 2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). IEEE, pp 206–211
8. Di Nardo, M.; Yu, H. Special Issue. Industry 5.0: The prelude to the sixth industrial revolution. Appl. Syst. Innov. 2021, 4, 45.
9. Doyle-Kent, M.; Kopacek, P. Industry 5.0: Is the manufacturing industry on the cusp of a new revolution? Adv. Mech. Eng. 2020, 432–441

ISBN 978-987-811-163-6