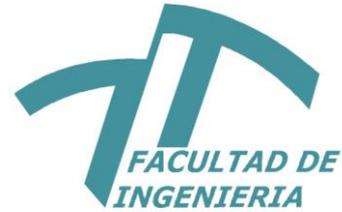




UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DEL PLATA  
.....



FACULTAD DE  
INGENIERIA

# **Propuesta de optimización del lay- out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo**

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Daniels, Iván

Velasco, Miguel

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata – 30 de octubre de 2018



RINFI se desarrolla en forma conjunta entre el INTEMA y la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL,  
extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva  
metodología de trabajo.

---

# **Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo**

Autores:

Daniels, Iván

Velasco, Miguel

Evaluadores:

Daniel Laville

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMdP

Juan Pablo Grammatico

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMdP

Raúl Dematteis

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMdP

Director:

Daniel Laville

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMdP

Codirector:

Juan Pablo Grammatico

Departamento de Ingeniería Industrial,

Facultad de Ingeniería, UNMdP

---

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL,  
extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva  
metodología de trabajo.

---

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS.....	III
INDICE DE TABLAS.....	IV
RESUMEN.....	VI
PALABRAS CLAVE.....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción de la empresa.....	1
1.1.1 Cultura y valores.....	1
1.1.2 Productos que fabrica.....	2
1.1.3 Localización de la planta.....	3
1.1.4 Organigrama.....	4
1.2 Objetivos.....	6
II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Naves Industriales.....	7
2.1.1 Proceso de construcción.....	7
2.1.2 Elementos esenciales.....	9
2.2 Diseño de instalaciones.....	12
2.2.1 Técnicas de análisis de flujo.....	13
2.2.1.1 Matriz de productos y procesos.....	14
2.2.1.2 Diagrama de cuerdas.....	15
2.2.1.3 Tabla de origen-destino.....	15
2.2.1.4 Tabla de proceso.....	16
2.2.1.5 Diagrama de flujo.....	17
2.2.2 Técnicas de análisis de relación de actividades.....	18
2.2.2.1 Diagrama de relación de actividades.....	19
2.2.2.2 Hoja de trabajo.....	20
2.2.2.3 Diagrama adimensional de bloques.....	20
2.2.2.4 Bloques y flujo.....	22
III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	23
3.1 Producto y proceso.....	23
3.1.1 Descripción del producto.....	23
3.1.1.1 Vigas de alma llena.....	23
3.1.1.2 Vigas reticuladas.....	24
3.1.2 Descripción del proceso.....	25
3.2 Técnicas de análisis de flujo.....	30
3.2.1 Matriz de producto y proceso.....	30

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL,  
extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva  
metodología de trabajo.

---

3.2.2	Diagrama de cuerdas.....	31
3.2.3	Tabla de origen-destino.....	33
3.2.4	Tabla de proceso .....	37
3.2.5	Diagrama de flujo.....	39
3.3	Técnicas de análisis de relación de actividades.....	41
3.3.1	Diagrama de relación de actividades.....	41
3.3.2	Hoja de trabajo.....	43
3.3.3	Diagrama de adimensional de bloques .....	43
3.3.4	Bloques y flujo.....	44
3.3.4.1	Eficiencia del proceso con los nuevos recorridos .....	46
IV.	PROPUESTA DE MEJORA.....	50
4.1	Comparación del nuevo diseño de la planta .....	50
4.1.1	Plano de la planta .....	50
4.1.2	Distancia recorrida .....	52
4.1.3	Tráfico cruzado .....	54
4.1.4	Retrocesos.....	56
4.1.5	Otras consideraciones .....	56
4.2	Almacén .....	59
4.2.1	Características del almacén .....	60
4.2.2	Gestión del almacén .....	62
4.2.2.1	Cantiléver.....	63
4.2.2.2	Estanterías.....	65
4.2.2.3	Chapones .....	66
4.2.2.4	Perfilería pesada.....	69
4.4	Planificación .....	71
4.5	Presupuesto .....	73
V.	CONCLUSIONES.....	75
VI.	BIBLIOGRAFÍA .....	77

---

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fotografía aérea de la planta. Fuente: Google Earth .....	3
Figura 2: Distribución de planta dentro del predio. Fuente: Solana SRL .....	4
Figura 3: Organigrama funcional de la empresa. Fuente: Solana SRL.....	5
Figura 4: Limpieza de terreno. Fuente: Solana SRL .....	7
Figura 5: Pozos para bases de hormigón. Fuente: Solana SRL.....	8
Figura 6: Estructura hecha con vigas reticuladas y con alma llena soldada. Fuente: Solana SRL .....	8
Figura 7: Cerramiento hecho con chapas y bloques de hormigón. Fuente: Solana SRL	8
Figura 8: Nave finalizada con cubierta de chapa metálica. Fuente Solana SRL.....	9
Figura 9: Marco con cercha (A) y con alma llena (B). Fuente: Troglia (2010).....	9
Figura 10: Columnas hechas con vigas reticuladas de sección constante y variable. Fuente: Solana SRL .....	10
Figura 11: Columnas hechas con combinación de concreto y vigas de alma llena de sección variable. ....	10
Figura 12: Unión entre pilar y viga. Fuente: Brotóns (2010) .....	11
Figura 13: Unión entre pilar y columna. Fuente: Brotóns (2010) .....	11
Figura 14: Estructura con correas y arriostramientos. Fuente: Troglia (2010) .....	11
Figura 15: Ejemplo de Diagrama de cuerdas. Fuente: Meyers y Stephens (2006).....	15
Figura 16: Simbología utilizada en la Tabla de proceso. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	17
Figura 17: Ejemplo de Diagrama de flujo. Fuente: Meyers y Stephens (2006).....	18
Figura 18: Códigos y definiciones. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	19
Figura 19: Porcentaje de utilización de códigos. Fuente: Meyers y Stephens (2006) ..	19
Figura 20: Ejemplo de Diagrama de relación de actividades. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	20
Figura 21: Cuadrado que compone al Diagrama adimensional de bloques. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	21
Figura 22: Ejemplo de Diagrama adimensional de bloques. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	21
Figura 23: Viga de alma llena. Fuente: Brotóns (2010) .....	24
Figura 24: Perfil de viga de alma llena armada. Fuente: Troglia (2010) .....	24
Figura 25: Elementos de una viga reticulada. Fuente: Brotóns (2010) .....	25
Figura 26: Viga de celosía a la izquierda y Cercha a la derecha. Fuente: Troglia (2010) .....	25
Figura 27: Pantógrafo. Fuente: Pantógrafos Cormax.....	26
Figura 28: Guillotina/Punzonadora usada en Solana SRL. Fuente: Bipress.....	27
Figura 29: Soldadura por arco con gas de protección y equipo de soldado. Fuente: LincolnElectric.....	28
Figura 30: Antes y después del pulido. Fuente: Solana SRL.....	29
Figura 31: Partes pintadas y colocadas. Fuente: Solana SRL.....	30
Figura 32: Diagrama de cuerdas para situación actual. Fuente: Elaboración propia ...	32
Figura 33: Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración propia .....	40
Figura 34: Diagrama de relación de actividades. Fuente: Elaboración propia .....	42
Figura 35: Diagrama de bloques. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 36: Diagrama de bloques con flujo. Fuente: Elaboración propia .....	45
Figura 37: Diagrama de cuerdas ideal. Fuente: Elaboración propia .....	46
Figura 38: Diagrama de cuerdas de la propuesta. Fuente: Elaboración propia .....	47

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL,  
 extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva  
 metodología de trabajo.

Figura 39: Plano de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia .....	51
Figura 40: Plano actual y de la propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	55
Figura 41: Situaciones donde ocurre el tráfico cruzado. Fuente: Elaboración propia ..	55
Figura 42: Retrocesos. Fuente: Elaboración propia .....	56
Figura 43: Sectores de almacenaje de piezas en proceso. Fuente: Elaboración propia .....	57
Figura 44: Sectores de armado, soldado y pulido. Fuente: Elaboración propia .....	58
Figura 45: Sectores de pintado. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura 46: Sectores de expedición. Fuente: Elaboración propia .....	59
Figura 47: Almacén de materias primas e insumos. Fuente: Elaboración propia .....	60
Figura 48: Sectores destinados a almacenar materia prima. Fuente: Elaboración propia .....	60
Figura 49: Arreglo del almacén propuesto. Fuente: Elaboración propia .....	61
Figura 50: Cantiléver de Solana SRL.....	63
Figura 51: Cantiléver doble de cuatro niveles. Fuente: Mecalux .....	64
Figura 52: Perfiles colocados sobre brazos. Fuente: Mecalux .....	65
Figura 53: Sector destinado a estanterías. Fuente: Elaboración propia .....	65
Figura 54: Estantería simple. Fuente: Mecalux .....	66
Figura 55: Maderas alineadas verticalmente. Fuente: BlueScope.....	67
Figura 56: Maderas colocadas en el piso. Fuente: BlueScope.....	67
Figura 57: Chapas en almacén de Solana SRL. ....	68
Figura 58: Chapones estibados en planta de Solana SRL. ....	68
Figura 59: Perfil estibado horizontalmente. Fuente: BlueScope .....	69
Figura 60: Pila de perfiles. Fuente: BlueScope .....	69
Figura 61: Almacenamiento de perfiles de distintos largos. Fuente: BlueScope.....	70
Figura 62: Almacenamiento centrado a lo ancho. Fuente: BlueScope .....	70
Figura 63: Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia. ....	73

#### INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de productos y procesos. Fuente: Krajewski et al., 2008 .....	14
Tabla 2: Ejemplo de Tabla de origen-destino. Fuente: Meyers y Stephens (2006).....	16
Tabla 3: Ejemplo de Tabla de proceso. Fuente: Meyers y Stephens (2006) .....	17
Tabla 4: Ejemplo de Hoja de trabajo. Fuente: Meyers y Stephens (2006).....	20
Tabla 5: Matriz de productos y procesos modificada. Fuente: Krajewski et al., 2008 ..	31
Tabla 6: Cálculo de la eficiencia. Fuente: Elaboración propia .....	33
Tabla 7: Importancia relativa de los productos. Fuente: Elaboración propia.....	33
Tabla 8: Tabla origen-destino: Alma llena, distribución actual. Fuente: Elaboración propia .....	34
Tabla 9: Tabla origen-destino: Reticulado, distribución actual. Fuente: Elaboración propia .....	34
Tabla 10: Tabla origen-destino, análisis de la distribución actual. Fuente: Elaboración propia .....	36
Tabla 11: Tabla de proceso: Alma llena. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 12: Tabla de proceso: Reticulado. Fuente: Elaboración propia .....	38
Tabla 13: Hoja de trabajo. Fuente: Elaboración propia .....	43
Tabla 14: Cálculo de la eficiencia para la propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	47
Tabla 15: Tabla origen-destino: Alma llena, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia .....	48

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL,  
extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva  
metodología de trabajo.

---

Tabla 16: Tabla origen-destino: Reticulado, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia .....	48
Tabla 17: Tabla origen-destino, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia...	49
Tabla 18: Tabla de proceso para la mejora: Alma llena. Fuente: Elaboración propia ..	52
Tabla 19: Tabla de proceso para la mejora: Reticulado. Fuente: Elaboración propia ..	53
Tabla 20: Tabla de distancia recorrida, alma llena. Fuente: Elaboración propia.....	53
Tabla 21: Tabla de distancia recorrida, reticulado. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 22: Dimensiones de los diversos sectores. Fuente: Elaboración propia .....	59

## RESUMEN

El presente proyecto aborda el estudio de los procesos fundamentales de fabricación de una empresa metalúrgica de la ciudad de Mar del Plata. Mediante el estudio de la distribución de la planta actual, se evalúan las posibilidades de mejora con el objetivo de hacer más eficiente la nueva distribución, haciendo foco en tres indicadores distintos: los retrocesos, la distancia recorrida y el tráfico cruzado. A partir de los indicadores obtenidos, se elabora una propuesta de un nuevo lay-out de planta, que consta en la modificación de la disposición de la maquinaria, así también como una expansión del área de almacenes de materia prima y la parte productiva. Sobre la propuesta se vuelve aplicar la misma metodología de estudio de manera de obtener los indicadores y comparar la eficiencia de la propuesta con la original. Por último, se proponen guías generales sobre las técnicas de almacenaje, de manera de adoptar una modalidad sistemática, que facilite el trabajo y ahorre tiempos. Debido a las diferencias sustanciales que existen entre los distintos tipos de materias primas e insumos, cada una se aborda de diferente forma. Es decir, se propondrá una política de almacenamiento distinta para cada categoría en función del tipo de material que se almacene.

## PALABRAS CLAVE

Diseño de instalaciones, almacén, distancia recorrida, tráfico cruzado, retrocesos, gestión.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción de la empresa

La empresa SOLANA S.R.L. inicia su actividad hace más de veinte años, esta organización se dedica a la fabricación y montaje de estructuras metálicas.

En el año 2008, esta empresa obtiene el certificado ISO 9001, que expresa su compromiso con un Sistema de Gestión de Calidad. Este sistema está enfocado en el diseño, producción e instalación de las estructuras metálicas que se llevan a cabo.

El personal de la organización está compuesto por profesionales de distintas áreas (Arquitectos, Ingenieros, Contadores, etc.), los cuales desarrollan con un alto grado de competencia todas las tareas que se requieren.

Además de contar con un personal altamente capacitado, SOLANA SRL tiene una gran flota vehicular y maquinarias de primer nivel. Estos aspectos son los que le permiten destacarse de la competencia y sobresalir en un mercado altamente competitivo.

#### 1.1.1 Cultura y valores

La empresa considera que los empleados son su principal activo, esto lo demuestra en la cuidadosa selección de personal y en su constante capacitación. El respeto, la integridad y el compromiso son algunas de las principales características que se buscan en los empleados.

A su vez, la organización brinda a sus trabajadores la oportunidad de desarrollar una carrera, que les permita crecer tanto en lo laboral como en lo personal.

Estas cuestiones fortalecen el sentido de pertenencia y facilitan la aceptación del conjunto de normas, políticas, costumbres y valores de la compañía que hacen a una fuerte cultura organizacional.

De acuerdo con lo que expresa la página de internet oficial de SOLANA SRL, la visión y la misión están formalmente determinadas y son las siguientes:

Visión:

En un mundo en el que la tecnología está cada vez más presente en todas las facetas de la vida diaria, Solana será un proveedor de servicios líder en las Área de la

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Construcción y de la Metalúrgica, aspirando a convertirse en la empresa más admirada de nuestra industria, reconocidos por la calidad de nuestros productos, por la responsabilidad social y por los valores éticos y morales que la guían.

Misión:

Producir bienes y productos innovadores de alta calidad, acompañados de un servicio diferencial que generen riqueza y valor en la comunidad donde actuamos.

Dignificar el trabajo y la gente que integra el grupo humano relacionado a nuestra Empresa.

Optimizar el rendimiento económico de nuestra inversión, liderando el mercado en el que competimos.

Superar las expectativas de nuestros clientes.

Construir relaciones mutuamente beneficiosas y perdurables con nuestros proveedores y clientes, fomentando la agilidad y creatividad en la toma de decisiones, manteniendo una actitud proactiva.

### 1.1.2 Productos que fabrica

La empresa Solana se encarga de llevar a cabo una gran variedad de Obras Civiles (diseño, construcción y refacción de: locales industriales de pequeña superficie, escuelas, hospitales, planes de viviendas, complejos deportivos, culturales o comerciales) y Naves Metálicas (Galpones de gran envergadura y superficie, las que pueden tener gran altura y luz libre).

El servicio que brinda Solana depende de lo que el cliente requiera, puede ser desde el diseño de una idea hasta su concreción o solo la materialización del proyecto, siendo el diseño generado por el cliente.

La empresa fabrica en su planta de Mar del Plata, ubicada en el Parque Industrial Gral. Savio, las estructuras metálicas que son usadas para los distintos proyectos que ésta materializa. Luego estas estructuras son transportadas al lugar del desarrollo de la obra y son finalmente montadas.

En la planta también se producen rejas, elementos de zinguería, escaleras y todo tipo de objetos metálicos que se requieran para la construcción integral de Obras Civiles y Naves Industriales.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

### 1.1.3 Localización de la planta

Actualmente, la empresa cuenta con una planta productiva de 2.733 metros cuadrados ( $m^2$ ), ubicada en el Parque Industrial General Savio (Mar del Plata) en un predio de 12.155  $m^2$ . La entrada a esta planta se encuentra sobre la calle 3 entre las calles 4 y 2. Debido a la extensión del predio se cuenta con conexión a la calle 5, por donde se produce la salida de los vehículos de carga con los productos terminados, y a la calle 2. En la siguiente imagen se presenta una vista aérea.



Figura 1: Fotografía aérea de la planta. Fuente: Google Earth

Las siguientes imágenes muestran cómo se dispone la planta y sus distintos sectores o áreas dentro del predio.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

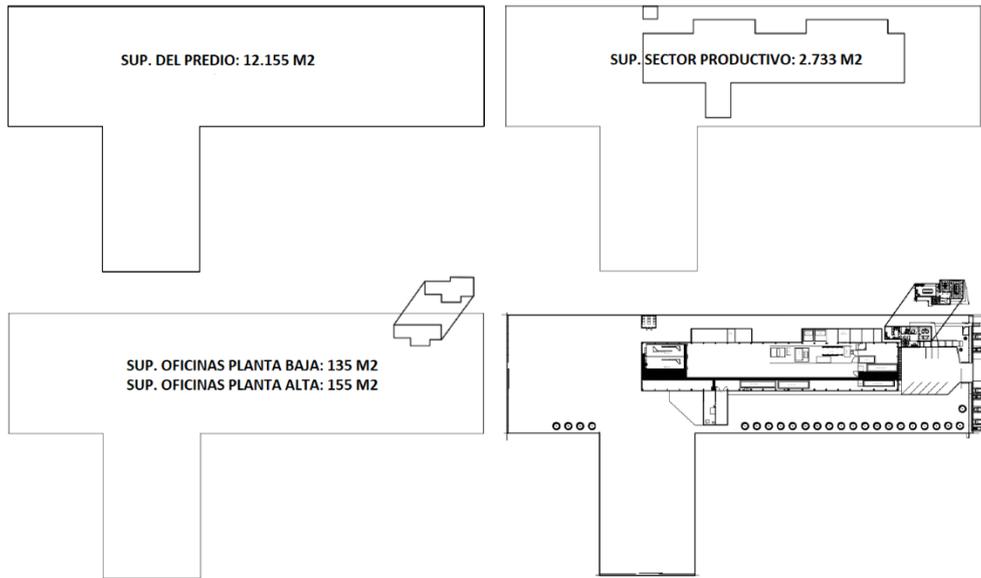


Figura 2: Distribución de planta dentro del predio. Fuente: Solana SRL

#### 1.1.4 Organigrama

A continuación, se muestra una representación gráfica de la estructura interna de la organización. Esta permite identificar los empleados y sus cargos, estableciendo una clara jerarquización, y las distintas áreas que conforman a la empresa.

Al contar con un organigrama definido, los trabajadores saben a quién deben reportarse y conocen cuál es su rol dentro de la organización. Esto mejora la comunicación y facilita la supervisión.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

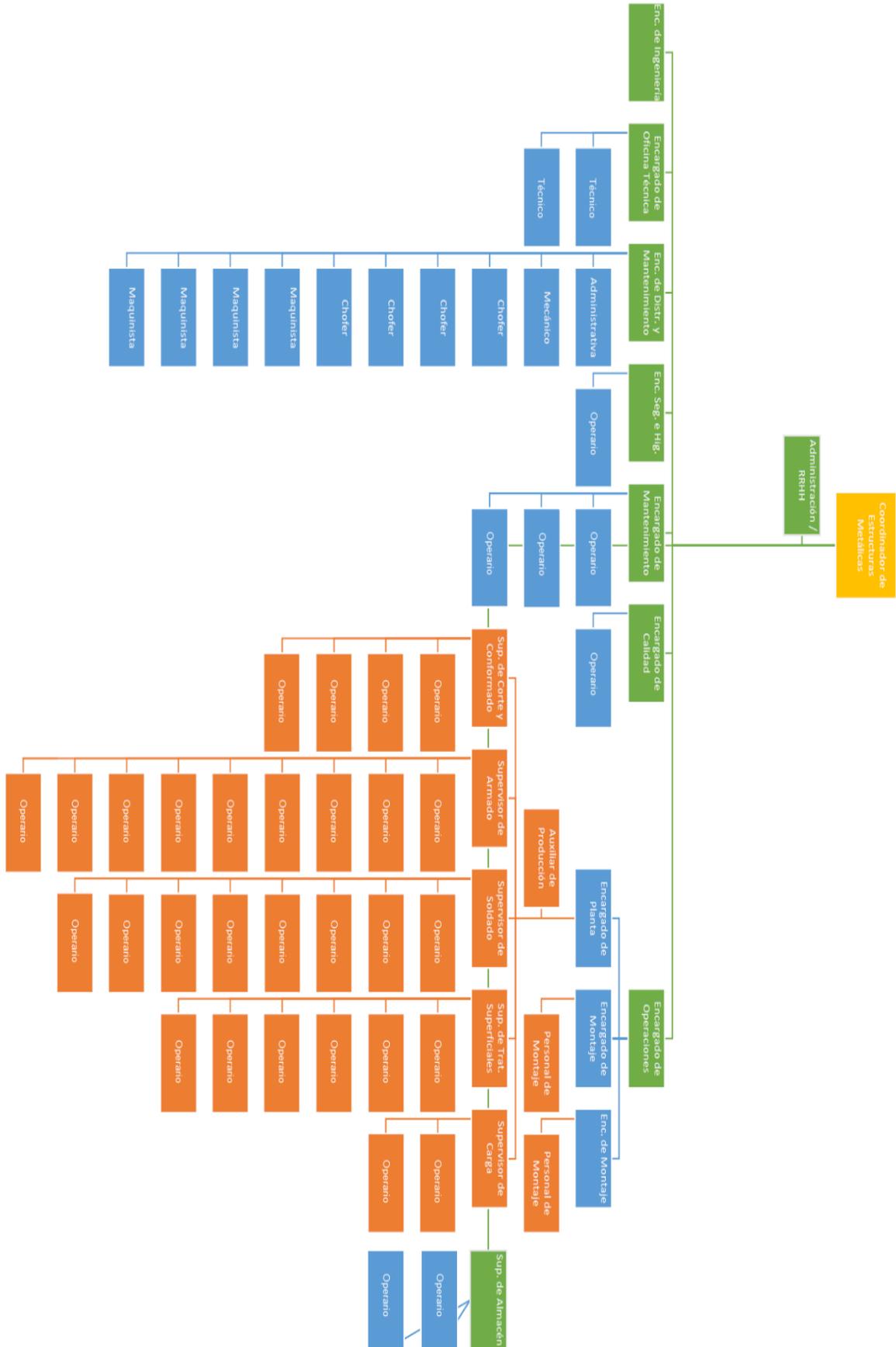


Figura 3: Organigrama funcional de la empresa. Fuente: Solana SRL

## 1.2 Objetivos

La empresa Solana SRL presenta la posibilidad de una mejora vinculada al lay-out de su planta metalúrgica y a la gestión de su almacén. El presente Trabajo Final tendrá como objetivo principal plantear mejoras para aumentar la productividad y la eficiencia de los procesos llevados a cabo en la planta metalúrgica, ubicada en el Parque Industrial Gral. Savio de Mar del Plata. Además, se persiguen los siguientes objetivos específicos:

- Optimizar el lay-out.
- Propender reducir las mudas.
- Desarrollar una metodología para realizar eficazmente las tareas del almacén.
- Propender aumentar los niveles de seguridad y mejorar las condiciones de trabajo de los empleados.
- Realizar una planificación para implementar la nueva alternativa.
- Realizar una estimación de costos de la propuesta de mejora.

Para cumplir con los objetivos descritos se debe conocer de manera detallada la situación actual de la organización. Para ello, se incurrirá a entrevistas, encuestas, relevamiento de procesos, entre otras herramientas.

Luego de analizar la situación actual, con las herramientas antes mencionadas, se propondrá una nueva distribución física. Esta propuesta se evaluará en forma cuantitativa y cualitativa usando parámetros como: retrocesos, distancia recorrida y tráfico cruzado. Finalmente, los valores obtenidos para estos parámetros con la distribución original se compararán con los valores resultantes de la propuesta.

Respecto a la gestión de almacén, en este Trabajo Final se analizará la manera en la que se desarrollan las actividades o tareas vinculadas a esta área, con el objetivo de proponer nuevas y mejores prácticas dentro de este sector.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Naves Industriales

Las naves industriales consisten en espacios cubiertos de grandes dimensiones, donde se realizan actividades industriales o comerciales y se almacenan los materiales o productos que la empresa fabrica. Dentro del espacio que ocupa la nave se encuentran los trabajadores, la maquinaria y espacios reservados para la entrada y salida de camiones.

Existen diversos tipos de naves que se pueden construir, esto depende del tipo de actividad que se quiere desarrollar y de los materiales que se utilicen en su construcción. La empresa Solana SRL cuenta con la capacidad para desarrollar esas alternativas, pero mayormente elaboran naves con estructura de acero.

Las naves industriales con estructura de acero se caracterizan por su rápida construcción y no tener apoyos intermedios, es decir, las columnas se ubican sobre su perímetro. Esto facilita en funcionamiento dentro de la misma, evitando que los flujos se entorpezcan por la existencia de obstáculos, y favorece a la iluminación.

#### 2.1.1 Proceso de construcción

El proceso para la construcción de una nave industrial consta de cinco etapas, que se exponen a continuación:

1. Limpieza del terreno: Se pone el terreno en condiciones para continuar con la siguiente etapa, además se verifica la aptitud del suelo para realizar la obra.



*Figura 4: Limpieza de terreno. Fuente: Solana SRL*

2. Cimentación: En esta etapa se construyen los cimientos de la obra. Los cimientos son la base sobre la cual se apoya la construcción, se colocan bajo tierra y le brindan rigidez a la obra.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---



*Figura 5: Pozos para bases de hormigón. Fuente: Solana SRL*

3. Estructura: Se considera como el “esqueleto” de la nave, se forma con vigas de acero colocadas de manera cuidadosa respetando los planos. Existen múltiples tipos de vigas, pero Solana SRL utiliza vigas de alma llena soldadas y vigas reticuladas con perfil L, T, etc.



*Figura 6: Estructura hecha con vigas reticuladas y con alma llena soldada. Fuente: Solana SRL*

4. Cerramiento: Consiste en el recubrimiento del perímetro de la nave industrial (los laterales), dejando los huecos para la colocación de puertas de entrada y salida, ventanas y otros orificios necesarios. Se suelen utilizar distintos tipos de materiales como paneles de hormigón, bloques de hormigón, chapas, lana de roca, etc. Por lo general se suele utilizar la combinación de más de un material. También, al igual que en la cubierta, se pueden usar paneles translúcidos para iluminar de manera natural el interior de la estructura.



*Figura 7: Cerramiento hecho con chapas y bloques de hormigón. Fuente: Solana SRL*

5. Cubierta: Consiste en la colocación del techo de la nave. El material de la cubierta debe ser impermeable, de larga duración, proveer aislamiento térmico y ser lo más liviano posible. Se utilizan planchas onduladas de fibrocemento y chapas conformadas de acero galvanizado o aluminizado. Las cubiertas de naves industriales buscan cubrir el mayor espacio posible con el menor número de soportes intermedios,

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

tener las pendientes adecuadas para la evacuación de aguas de lluvia y suministrar una iluminación general adecuada.



Figura 8: Nave finalizada con cubierta de chapa metálica. Fuente Solana SRL

### 2.1.2 Elementos esenciales

Para la elaboración de las naves industriales con estructura de acero se requiere de una serie de elementos metalúrgicos. Dentro de ese grupo de elementos se destacan los siguientes:

- Marcos: Compuestos por columnas, vigas y conexiones.

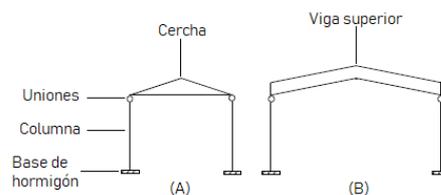


Figura 9: Marco con cercha (A) y con alma llena (B). Fuente: Troglia (2010)

Las columnas, visibles en la figura 10 y 11, pueden ser de concreto, de acero o bien de la combinación de ambos materiales. Cuando se requiere columnas de acero en una nave, se pueden comprar barras de perfil comercial o se pueden fabricar. La producción de columnas de acero consiste en vigas de armaduras verticales (reticuladas) o vigas de alma llena verticales. En ambos casos la sección puede ser continua o variable, y deben tener la capacidad de soportar las cargas que le transmiten los elementos adyacentes y transmitir las a la cimentación.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.



Figura 10: Columnas hechas con vigas reticuladas de sección constante y variable. Fuente: Solana SRL



Figura 11: Columnas hechas con combinación de concreto y vigas de alma llena de sección variable.

Fuente: Solana SRL

En la parte superior del marco puede colocarse una cercha o una viga superior. Estos elementos se encargan de soportar las cargas que genera la cubierta y otras producidas por la interacción con el entorno. Se apoyan sobre las columnas y les transmiten la carga que actúa sobre ellos. La unión entre la parte superior y las columnas puede hacerse con cartelas, estas son pequeñas chapas metálicas de espesor considerable con orificios, que se sueldan a los extremos y permiten la junta con bulones. En la figura 12 se puede ver este sistema.

Las cerchas son estructuras reticulares de barras rectas interconectadas formando triángulos, también se les conoce como armaduras. La viga superior consiste en una viga de alma llena armada con sección continua o variable.

Por otro lado, las uniones se encargan de que la estructura cuente con una resistencia integral adecuada y de la transmisión de esfuerzos entre elementos. Están presentes entre las bases y columnas, y también entre las cerchas o vigas superiores y las columnas. Existen diversos tipos de uniones, y para realizarlas se utilizan varios componentes (cartelas, ángulos, bulones, tornillos, pernos, tuercas, etc.). A continuación, se exhiben uniones que reflejan el modo en que se fusionan los elementos en cuestión.

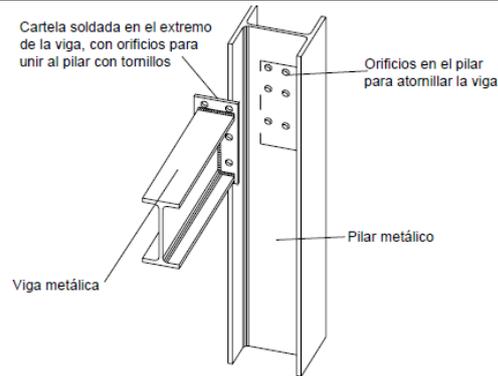


Figura 12: Unión entre pilar y viga. Fuente: Brotóns (2010)

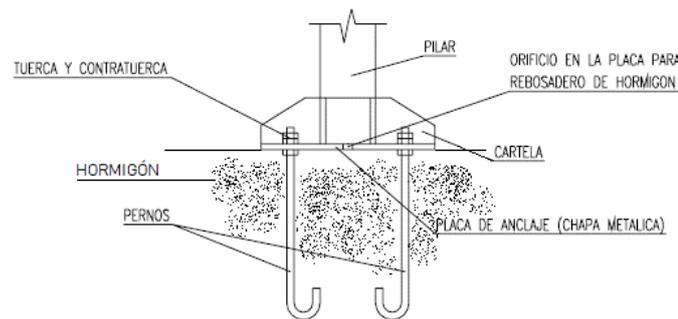


Figura 13: Unión entre pilar y columna. Fuente: Brotóns (2010)

- **Correas y arriostramientos:** Conectan los marcos entre sí, soportan y transmiten diversos tipos de cargas.

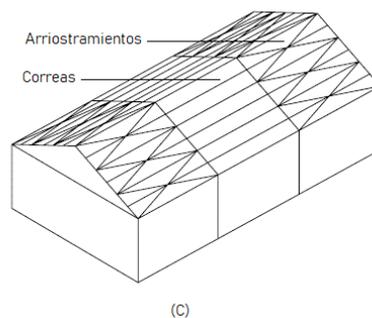


Figura 14: Estructura con correas y arriostramientos. Fuente: Trogliá (2010)

Las correas son generalmente vigas de perfil comercial que se apoyan sobre los cordones superiores de las cerchas o sobre las vigas superiores, en forma perpendicular. Sobre las correas se coloca y sujeta el material de la cubierta. También se pueden aplicar a los laterales de la nave.

El arriostramiento, es un sistema formado por tensores que otorga mayor resistencia. Es habitual ver este tipo de sistemas en toda la extensión lateral de la nave y en la parte

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

superior, vinculando los primeros dos marcos y los últimos dos. Esos tensores se colocan, por lo general, cruzados, como se puede visualizar en la figura 14.

Si se entiende a la materialización de naves industriales como un proceso que es llevado a cabo en forma integral por la empresa Solana SRL, entonces a las actividades realizadas en la planta metalúrgica de la organización se las puede considerar como un subproceso. Este subproceso implica la producción de los elementos metalúrgicos recientemente descritos, siendo los más relevantes las vigas de alma llena y las reticuladas.

Las vigas de alma llena y las de reticulado que hacen al “esqueleto” de la nave son los elementos principales de la estructura. Estos elementos y su proceso obtención son el objeto de estudio de este trabajo de fin de carrera.

## 2.2 Diseño de instalaciones

El diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales afecta casi siempre a la rentabilidad y la productividad de una compañía, más que cualquier otra decisión empresaria importante. La calidad y el costo del producto y, por tanto, la proporción de suministro/demanda se ve afectada directamente por el diseño de la instalación. El proyecto de distribución de la planta (diseño de instalaciones) es uno de los más desafiantes y gratificantes que un ingeniero industrial pueda enfrentar. (Fred E. Meyers y Matthew P. Stephens, 2006)

El diseño de instalaciones se basa en la organización de las instalaciones físicas de una empresa, que se traducirá en un mejor aprovechamiento de los recursos de la organización como personal, equipo y materiales.

Fred E. Meyers y Matthew P. Stephens (2006) establecen en su libro titulado “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales” una serie de herramientas para realizar el diseño de instalaciones, las cuales se usarán en este trabajo para obtener una nueva distribución de planta. Esas herramientas se clasificarán en dos grandes grupos:

- Técnicas de análisis de flujo
- Técnicas de análisis de relación de actividades

### 2.2.1 Técnicas de análisis de flujo

Las técnicas de este tipo están orientadas al estudio del recorrido de los productos, desde que ingresan como materia prima hasta que, luego de finalizado el proceso de transformación correspondiente, son expedidos. Estas técnicas requieren un alto grado de detalle en la descripción del proceso que se lleva a cabo en la planta.

Además, el análisis de flujo trabaja sobre los siguientes parámetros intentando reducirlos lo más posible:

- Los retrocesos, que consisten en el movimiento hacia atrás de las partes que se están produciendo en la planta. Estos repercuten en gran medida sobre la eficiencia del proceso.
- La distancia recorrida, se refiere a la extensión del trayecto que viajan las partes desde que ingresan como materia prima hasta que se expide el producto final. Con una nueva disposición de los elementos que se encuentran en una planta se puede disminuir las distancias recorridas.
- El tráfico cruzado, se da cuando las líneas de flujo se interceptan, esto genera una situación de inseguridad y produce congestión que entorpece el funcionamiento de la planta. También se puede considerar como tráfico cruzado a la intersección entre las trayectorias que describen los materiales y los caminos que utiliza el personal.

Para lograr el traslado de las partes dentro de la planta se requiere de recursos como personal, equipo y energía, esto implica que se deben destinar recursos económicos para lograrlo. Por lo tanto, al minimizar los parámetros antes mencionados se incurrirá a una reducción de costos.

De acuerdo a lo postulado por Fred E. Meyers y Matthew P. Stephens (2006), para analizar el flujo de una planta se deben aplicar una serie de técnicas que evalúan los retrocesos, la distancia recorrida y el tráfico cruzado. Estas técnicas son las siguientes:

1. Diagrama de cuerdas.
2. Tabla de origen-destino.
3. Tabla de proceso.

#### 4. Diagrama de flujo

Los resultados obtenidos con estas herramientas son mejores para aquellas situaciones donde la distribución está orientada al proceso. Por lo tanto, lo primero que se debe hacer antes de aplicar estas herramientas es ubicar a la planta dentro de la matriz de productos y procesos, para determinar si la distribución está orientada en torno al proceso o al producto.

##### 2.2.1.1 Matriz de productos y procesos

La matriz muestra como la complejidad, la divergencia y los flujos lineales del proceso interactúan con el grado de personalización y el volumen de producción, estableciendo una serie de combinaciones óptimas que maximiza el rendimiento de los recursos de la empresa. Esas combinaciones deseables, también llamadas opción de proceso, se localizan en la matriz formando una diagonal. Si las características del proceso forman una mezcla que se encuentra apartada de la diagonal, es posible que exista desaprovechamiento de los recursos.

La opción de proceso es la manera de estructurar el proceso mediante la organización de los recursos en torno al proceso o en torno a los productos. La opción de proceso puede aplicarse a todo el proceso de manufactura o sólo a un subproceso dentro de él. (Krajewski et al., 2008)

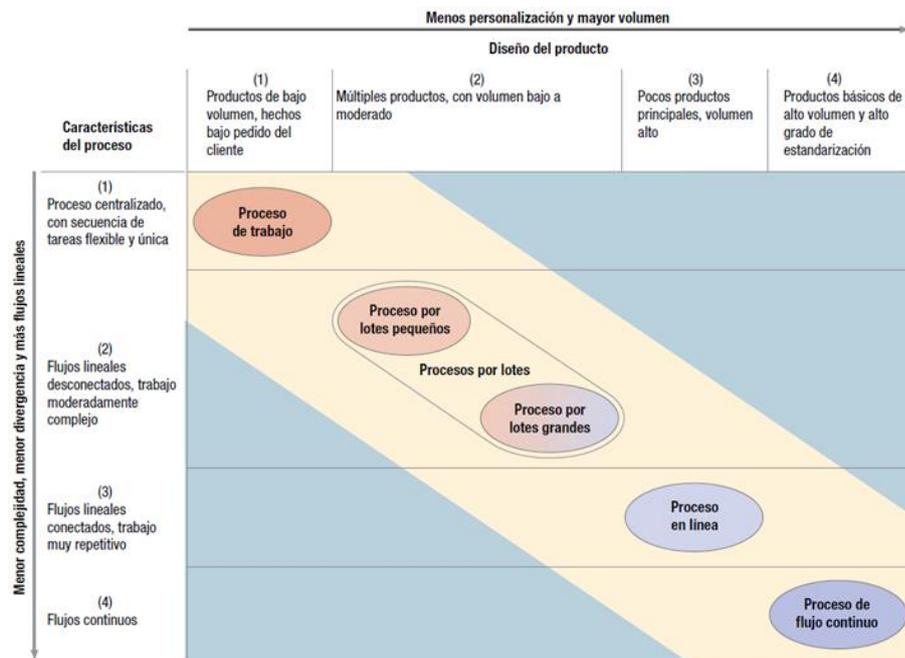


Tabla 1: Matriz de productos y procesos. Fuente: Krajewski et al., 2008

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Entonces, los recursos se pueden organizar en torno al proceso o en torno al producto, eso depende del tipo de metodología y define, en cierto modo, la ubicación dentro de esta matriz.

Organización en torno al proceso significa que el personal y los equipos que realizan la misma tarea se agrupan en una misma área. Luego de finalizada la actividad que se realiza en esa zona, las partes pasan a la siguiente área y así sucesivamente hasta completar el proceso de transformación.

Organización en torno al producto significa reunir el personal y los equipos necesarios para fabricar un producto alrededor de este, y dedicarlos únicamente a su elaboración.

### 2.2.1.2 Diagrama de cuerdas

Es una herramienta gráfica cuyos objetivos principales son evidenciar los retrocesos existentes en un proceso de producción y determinar la eficiencia del proceso con la distribución estudiada.

Utiliza círculos para representar equipos o tareas, estos se unen con líneas que indican el flujo. Si se produce un salto hacia delante las líneas de flujo se colocan por encima, si el salto es hacia atrás (retroceso) las líneas se ubican por debajo. En la figura 15 se presenta un diagrama de cuerdas, a modo de ejemplo, donde se observan estas cuestiones.

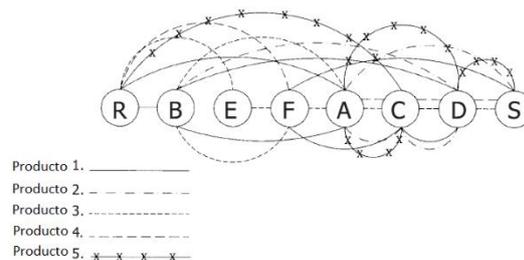


Figura 15: Ejemplo de Diagrama de cuerdas. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

Siempre que se produzca un salto hacia delante o hacia atrás se debe considerar que la pieza pasa por las etapas intermedias presentes, para obtener una mejor noción de la eficiencia del proceso.

### 2.2.1.3 Tabla de origen-destino

Los objetivos de esta herramienta son similares a los del diagrama anterior, pero estas dos herramientas tienen una diferencia importante. La tabla de origen-destino permite

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

asignarles a los productos una importancia relativa en función de las toneladas procesadas y el peso de cada producto. Es decir, si se fabrican más toneladas de un producto que de otro hay más desplazamientos vinculados al primero, y si un producto pesa más que otro se deben destinar mayor cantidad de recursos para realizar su traslado.

A continuación, se encuentra la tabla 2, extraída del libro “Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales” de Meyers y Stephens, para visualizar esta herramienta.

		D E S T I N O									
		R	A	B	C	D	E	F	S	T	P.P.
O R I G E N	R		1 (1)	18 (36)	7.5 (22.5)		1 (5)	30 (180)		57.5	244.5
	A			1 (1)	31 (62)	7.5 (22.5)			18 (108)	57.5	193.5
	B			1 (2)		19 (38)				20	40
	C			25.5 (102)		31 (31)		1 (3)		57.5	136
	D				19 (38)				38.5 (115.5)	57.5	153.5
	E							1 (1)		1	1
	F			30 (300)	1 (8)				1 (1)	32	309
	S									—	—
	T		57.5	20	57.5	57.5	1	32	57.5	283	1077.5
	P.P.										

P.P. = Puntos de penalización.  
T = Total

Tabla 2: Ejemplo de Tabla de origen-destino. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

En el lado izquierdo de la tabla, lado de los “orígenes”, se encuentra la secuencia de operaciones en forma vertical. La primer operación o equipo (R) se coloca arriba y la última (S) abajo, las demás se ubican en el medio respetando el orden de la sucesión correspondiente. En la parte superior de la tabla se encuentra la secuencia de operaciones en forma horizontal, lado de los “destinos”.

Para realizar esta tabla, se debe considerar que el movimiento de los productos siempre es desde un “origen” hacia un “destino”. A cada movimiento le corresponde una casilla o coordenada, que se completa con valores ponderados.

En la sección correspondiente al desarrollo de este trabajo, se muestra detalladamente como se obtienen los valores.

#### 2.2.1.4 Tabla de proceso

Es una herramienta que describe detalladamente el proceso de transformación de un producto. El representar los procesos en la tabla ayuda a determinar si es posible cambiar las

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo. rutas para reducir la distancia de viaje y considerar agrupar algunos subprocesos más cerca entre sí. Para describir lo que sucede se utilizan los símbolos siguientes:

Símbolo	Descripción
○	= operación, trabajo sobre la parte
➔	= transporte, movimiento de la parte
▽	= almacenamiento, almacenes, bodega, trabajo en proceso
D	= demora, almacenamiento muy breve por lo general en la estación de manufactura; contenedores de partes de entrada tanto como de salida
□	= inspección, control de calidad, trabajo sobre el producto
◻	= operación combinada e inspección

Figura 16: Simbología utilizada en la Tabla de proceso. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

A continuación, se presenta una tabla de proceso a modo de ejemplo. La que se emplea en el desarrollo de este trabajo presenta leves modificaciones para una mejor adaptación al caso en estudio.

FRED MEYERS & ASSOCIATES TABLA DE PROCESO															
<input type="checkbox"/> MÉTODO EXISTENTE		① <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO:		FECHA: ②		PÁGINA			DE						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: ③															
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: ④															
RESUMEN				ANÁLISIS:				DIAGRAMA DE FLUJO ADJUNTO (IMPORTANTE)							
EXISTENTE		PROPUESTO		DIFERENCIA		POR QUÉ		CUÁNDO		QUÉEN			CÓMO		
NUM.	HORA	NUM.	HORA	NUM.	HORA	QUE	QUÉEN	QUÉEN	CÓMO						
<input type="checkbox"/> OPERACIONES															
<input type="checkbox"/> TRANSPORTES															
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES															
<input type="checkbox"/> DEMORAS															
<input type="checkbox"/> ALMACENAMIENTOS															
REALIZADO POR:															
DISTANCIA RECORRIDA															
			PIES			PIES			PIES						
ETAPA	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAMIENTO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	DEMORA	ALMACENAMIENTO	OPERACIÓN	CÁLCULOS DE TIEMPO/COSTO
1				○	➔	□	D	▽							
2				○	➔	□	D	▽							
3		⑧	⑨	○	➔	⑩	D	▽	⑪	⑫	⑬	⑭			⑮
4				○	➔	□	D	▽							
5				○	➔	□	D	▽							
6				○	➔	□	D	▽							
7				○	➔	□	D	▽							
8				○	➔	□	D	▽							
9				○	➔	□	D	▽							
10				○	➔	□	D	▽							
11				○	➔	□	D	▽							
12				○	➔	□	D	▽							
13				○	➔	□	D	▽							
14				○	➔	□	D	▽							
15				○	➔	□	D	▽							
16				○	➔	□	D	▽							
17				○	➔	□	D	▽							

Tabla 3: Ejemplo de Tabla de proceso. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

### 2.2.1.5 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo muestra la trayectoria que recorre cada producto, desde la recepción hasta el envío, pasando por todas las operaciones intermedias. La trayectoria se

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

dibuja sobre un plano de la planta que muestre su distribución. Se utiliza este diagrama principalmente para evidenciar situaciones en las que haya tráfico cruzado.

A la hora de la construcción del diagrama se debe tener en cuenta las escalas del plano y la utilización de diferentes colores para trayectorias de distintos productos.

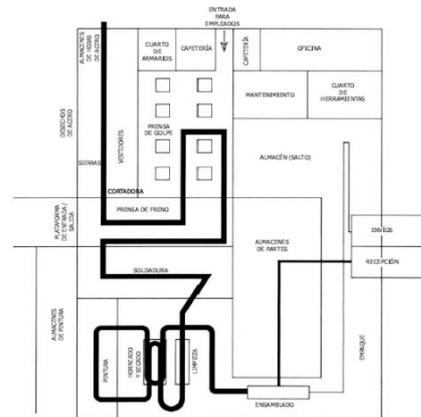


Figura 17: Ejemplo de Diagrama de flujo. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

## 2.2.2 Técnicas de análisis de relación de actividades

Estas técnicas estudian como interactúan entre si todos los departamentos, servicios e instalaciones que componen a una planta para lograr un flujo adecuado. Su objetivo es determinar la necesidad o no de proximidad que tiene cada sector con los demás, de esta manera se establecen restricciones que se deben cumplir a la hora de asignar espacios y realizar el diseño de la distribución.

Las técnicas propuestas por Fred E. Meyers y Matthew P. Stephens (2006) para hacer este análisis se exponen a continuación:

1. Diagrama de la relación de actividades.
2. Hoja de trabajo.
3. Diagrama adimensional de bloques.
4. Bloques y flujo.

Las cuatro técnicas establecen una secuencia. El diagrama de la relación de actividades se lleva a una hoja de trabajo, y ésta se usa para dibujar el diagrama adimensional de bloques. Luego, el análisis de flujo se dibuja en el diagrama adimensional de bloques.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

### 2.2.2.1 Diagrama de relación de actividades

El diagrama de relación de actividades utiliza códigos de importancia para describir la relación entre las áreas, los códigos son los siguientes:

<i>Código</i>	<i>Definición</i>
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

*Figura 18: Códigos y definiciones. Fuente: Meyers y Stephens (2006)*

Estos códigos se asignan bajo el criterio de quien realiza el diagrama, pero debe mantenerse cierta coherencia. El código A se utiliza para designar movimiento de cantidades masivas de material entre zonas de la planta. El código E es apropiado para sectores con varios individuos y con flujo intenso, pero en menor medida respecto a aquellos que fueron designados con la letra A. Los códigos I y O se usan si se desea algún nivel de importancia, estos códigos no son tan relevantes como los anteriores. El código U expresa que no se necesita vínculo alguno entre dos zonas, pueden colocarse lejos una de la otra. Los códigos X indican que es necesario mantener distancia entre dos sectores.

Para que la herramienta funcione correctamente, los códigos se deben otorgar con cuidado y en cumplimiento con la siguiente proporción:

<i>Código</i>	<i>Porcentaje</i>
A	5
E	10
I	15
O	25

*Figura 19: Porcentaje de utilización de códigos. Fuente: Meyers y Stephens (2006)*

Los códigos A, E, I y O acumulan el cincuenta y cinco por ciento de los vínculos, el código U se utiliza para el resto salvo que se deba asignar el X por cuestiones puntuales. A partir de estas consideraciones, se arma el diagrama de la siguiente forma:

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

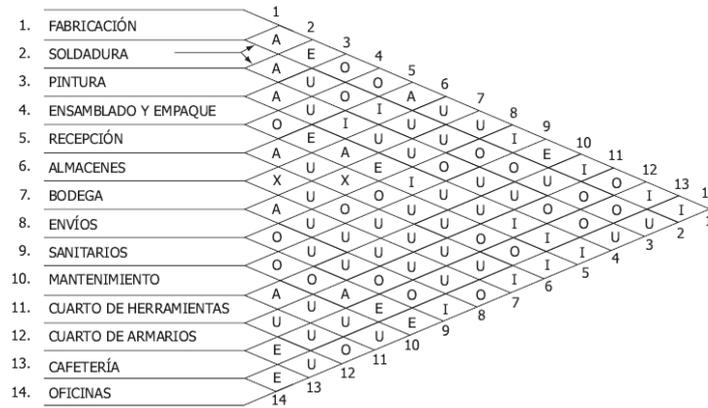


Figura 20: Ejemplo de Diagrama de relación de actividades. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

Meyers y Stephens (2006) establecen que, si “n” es el número de sectores designados, entonces el número total de relaciones “N” entre esos sectores se determina con la siguiente formula:

$$N = \frac{n(n + 1)}{2}$$

### 2.2.2.2 Hoja de trabajo

Expresa en forma de tabla el contenido del diagrama anterior para una mejor lectura e interpretación.

Para su realización se hacen siete columnas, la primera para las actividades y las otras para los códigos, tal cual se muestra en la tabla siguiente.

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Fabricación	2, 6	3, 10	9, 11, 13, 14	4, 5, 12	7, 8	
2. Soldadura	1, 3		6	9, 10, 12, 13, 5	7, 8, 4, 11, 14	
3. Pintura	2, 4	1	6	12, 13, 9	5, 7, 8, 10, 11, 14	
4. Ensamblado y empaque	3, 7	6, 8	9, 12, 13, 14	1, 5	2, 10, 11	
5. Recepción	6		14	4, 2, 1, 9, 12, 13	3, 7, 10, 11	8
6. Almacenes	5, 1	4	3, 2, 14	9	8, 10, 11, 12, 13	7
7. Bodega	4, 8			14	5, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13	6
8. Envíos	7	4	14	9, 12, 13	6, 3, 2, 1, 10, 11	5
9. Sanitarios	12	13, 14	4, 1	8, 6, 5, 11, 3, 2, 10	7	
10. Mantenimiento	11	1		9, 2	8, 7, 6, 5, 4, 3, 12, 13, 14	
11. Cuarto de herramientas	10		1	9, 14	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 12, 13	
12. Cuarto de armarios	9	13	4	8, 5, 3, 2, 1	11, 10, 7, 6, 14	
13. Cafetería		14, 12, 9	4, 1	8, 5, 3, 2	10, 11, 7, 6	
14. Oficina		13, 9	8, 6, 5, 4, 1	11, 7	12, 10, 2, 3	

Tabla 4: Ejemplo de Hoja de trabajo. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

### 2.2.2.3 Diagrama adimensional de bloques

Este diagrama utiliza cuadrados para representar las distintas áreas que se quieren asociar, estas figuras tienen el mismo tamaño y no contemplan los requerimientos de espacio

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

particulares de cada área. Cada cuadrado tiene en el medio de la figura el nombre del sector, un número que lo representa y el código X. En las esquinas de la figura se encuentran otros los códigos y los números del resto de los sectores. La siguiente figura permite visualizar estos detalles.

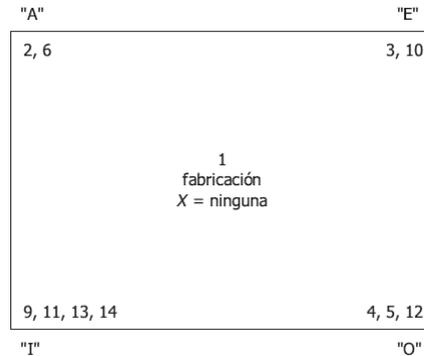


Figura 21: Cuadrado que compone al Diagrama adimensional de bloques. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

Para la construcción del diagrama se establece que los cuadrados que compartan código A deben tener una cara en contacto, si tienen código E deben tener una arista en contacto y se debe mantener la distancia en caso de código X. El resto de los códigos no tienen tanta relevancia para la elaboración del diagrama.

A partir de las consideraciones anteriores, el diagrama adimensional de bloques queda de la siguiente forma:

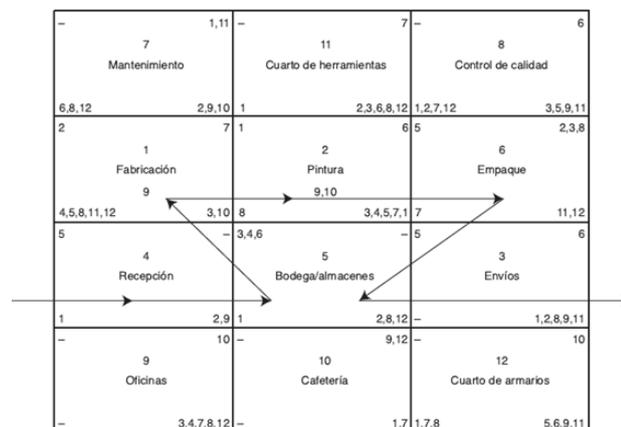


Figura 22: Ejemplo de Diagrama adimensional de bloques. Fuente: Meyers y Stephens (2006)

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

#### 2.2.2.4 Bloques y flujo

En esta instancia se utiliza el diagrama anterior y sobre el mismo se traza el recorrido de los productos, en la figura 22 se describe el flujo con flechas.

Si se conocen los límites dimensionales de la planta y del terreno, esta herramienta permite agrupar los cuadrados respetando los contornos de manera de obtener una forma similar.

### III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

#### 3.1 Producto y proceso

Es importante realizar primero una descripción del producto (viga de alma llena y viga reticulada) y de su proceso de elaboración para comprender cuáles son sus características esenciales, las cuales se deben tener en cuenta al estudiar el funcionamiento de la planta y al hacer el diseño de instalaciones.

La calidad del producto se determina a partir de las características del proceso. Es decir, si se cuenta con un proceso deficiente y anticuado, el producto obtenido se caracteriza por malas terminaciones y una baja calidad general. En cambio, si el proceso incorpora nueva tecnología, el producto obtenido se distingue por su mayor calidad.

Entonces, se evidencia que el vínculo entre estos dos es muy estrecho. El producto define qué es necesario incorporar al proceso para obtener la calidad deseada y este limita las características del producto que se realiza.

##### 3.1.1 Descripción del producto

Las estructuras metálicas que construye Solana SRL están compuestas por distintas partes que son fabricadas en la planta metalúrgica. Los principales componentes de esas estructuras son las vigas de alma llena y las reticuladas, que se emplean en las columnas y en la parte superior del marco que conecta los pilares. A continuación, se presenta una descripción detallada de esos tipos de vigas que se fabrican.

##### 3.1.1.1 Vigas de alma llena

Las vigas de alma llena son barras que se caracterizan por tener dos dimensiones muy pequeñas (altura y ancho) en relación con la tercera (longitud).

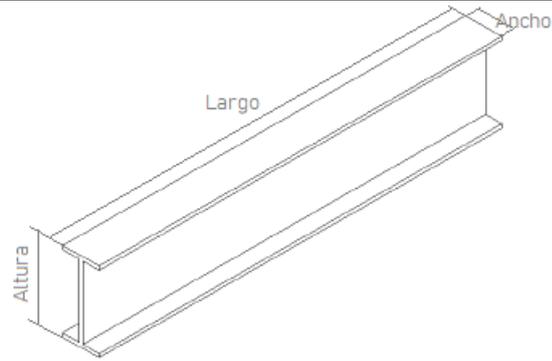


Figura 23: Viga de alma llena. Fuente: Brotons (2010)

Estas vigas pueden construirse a partir de perfiles comerciales, pero esto implica que su capacidad para soportar cargas sea menor. Por lo tanto, cuando se trata de vigas de alma llena utilizadas en estructuras metálicas se hace referencia a las armadas. Las cuales se obtienen a partir de la unión soldada de las alas y el alma. El espesor de estos componentes está determinado por el del chapón utilizado como materia prima.



Figura 24: Perfil de viga de alma llena armada. Fuente: Troglia (2010)

Este tipo de viga es el que más se utiliza hoy en día, ya que la calidad de los aceros y de los sistemas de soldadura han mejorado notablemente. La unión mediante soldadura es uno de los puntos clave para estos elementos, cualquier defecto en la soldadura puede ocasionar que se genere un aumento localizado de la tensión en ese punto, reduciendo la capacidad de la viga y su vida útil. En otras palabras, si hay un desperfecto en la junta, disminuye la calidad del producto poniendo en riesgo la estructura y a las personas dentro.

### 3.1.1.2 Vigas reticuladas

El otro producto de relevancia son las vigas reticuladas, estas están compuestas por barras rectas interconectadas entre sí en nudos, formando un conjunto con rígido y resistente. La disposición de las barras crea una configuración triangular, de gran utilidad para las construcciones metálicas industriales de grandes luces.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Los elementos que la componen son: cordón superior, cordón inferior, elementos de relleno (montantes y diagonales) y medios de unión (cartelas, soldadura, tornillos, etc.). En la figura 25 se pueden visualizar.

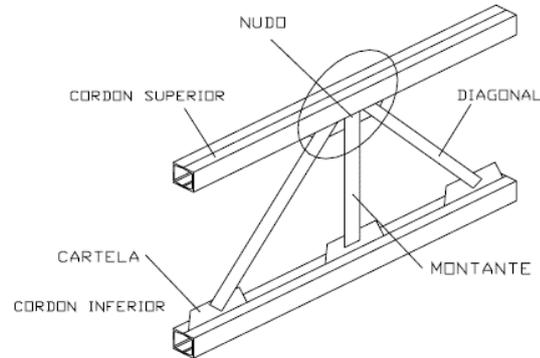


Figura 25: Elementos de una viga reticulada. Fuente: Brotons (2010)

Dependiendo de cómo se dispongan los cordones, los reticulados usados para la parte superior del marco se denominan de una forma u otra. Cuando los cordones están paralelos entre sí, se les llama "vigas de celosía", mientras que a las que tienen dichos cordones inclinados, se les denomina "cerchas".



Figura 26: Viga de celosía a la izquierda y Cercha a la derecha. Fuente: Troglia (2010)

La principal ventaja de estas vigas respecto a las de alma llena es su peso. Las reticuladas son sumamente ligeras, por eso se utilizan para grandes luces (se refiere a la distancia entre los apoyos del marco).

Otra característica importante es el mayor requerimiento de mano de obra para su producción respecto a alma llena, debido a la cantidad de componentes y a las numerosas uniones soldadas que se deben hacer. Este aspecto es fundamental porque aumenta su costo de producción. También, al depender en mayor medida de la mano de obra, se puede ver afectada la calidad del producto.

### 3.1.2 Descripción del proceso

La materia prima se recibe y se deposita en el almacén o a la intemperie dependiendo de qué tipo de material sea. Esta es entregada desde almacén a operaciones a medida que se presentan las órdenes de trabajo correspondientes, dependiendo de la prioridad que tenga

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo. cada proyecto y el avance de la obra. La materia prima experimenta distintas transformaciones a medida que avanza por los procesos productivos hasta obtener los productos finales.

Independientemente del tipo de viga que se desee fabricar, el proceso para su elaboración se basa en cuatro etapas:

### 1. Corte y Conformado

En primer lugar, se encuentra el Corte y Conformado, donde se inicia la transformación de la materia prima. En esta etapa se realizan cortes a la materia prima para obtener las distintas piezas que forman a las vigas. En el caso de alma llena, se cortan chapones de acero para obtener las alas y el alma. En reticulados, los cortes se realizan a las barras de perfiles comerciales, obteniendo las diagonales, montantes y los cordones superior e inferior.

La herramienta que se usa para realizar los cortes de chapones es el pantógrafo. Esta herramienta básicamente tiene los siguientes elementos: la mesa de apoyo, las guías, la parte cortante y la computadora. Se carga un dibujo en la computadora, y esta conduce el desplazamiento del elemento cortante sobre el chapón de manera tal que se copie el dibujo en el material. De los chapones de acero (de largo de 6 a 12 m, ancho de 1,5 a 3 m y con un espesor que varía entre  $\frac{1}{8}$  a 2") se obtienen las alas y el alma, y también todas las pequeñas piezas que sirven de uniones entre las distintas partes de mayor dimensión. Este equipo permite un ahorro significativo en tiempos de procesado y una calidad superior en las terminaciones.



Figura 27: Pantógrafo. Fuente: Pantógrafos Cormax

Para cortar las barras de perfiles comerciales se utiliza la Guillotina. Esta herramienta produce cortes rectos, y su principio de funcionamiento se basa en un elemento cortante,

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

empujado de manera hidráulica, que actúa sobre la pieza. Este equipo además tiene la capacidad de realizar orificios en metales, por eso también se lo conoce como punzonadora. Los orificios se hacen en las piezas como cartelas, en esos agujeros se colocan los bulones y tornillos de las uniones.



Figura 28: Guillotina/Punzonadora usada en Solana SRL. Fuente: Bipress

Otra herramienta que se usa en esta etapa es la plegadora. Su función es doblar chapas de pequeño espesor permitiendo obtener chapas con un determinado ángulo. Estas máquinas pueden ser de accionamiento mecánico o hidráulico. En el caso de Solana la plegadora solo se usa para la confección de zinguería, esta es una parte fundamental de todo tipo de nave. Están formadas por una chapa galvanizada de poco espesor doblada de forma tal que permita conducir los líquidos correspondientes para lograr mantener sin filtraciones la estructura.

También se encuentra la roscadora, esta máquina se utiliza para darle forma de rosca a los extremos de los tensores para unirlos entre sí con tuercas. Estos tensores forman el arriostamiento, el cual es sumamente eficiente a la hora de distribuir las cargas y permite cubrir grandes claros con un costo más bajo.

## 2. Armado

La segunda etapa es el Armado donde se realiza el replanteo, que consiste en el montaje de las distintas piezas de soportería a las vigas, la verificación de las dimensiones de las vigas y el correcto empalme entre ellas. Todas las obras que se realizan cuentan con un marco modelo, denominado también como molde, ubicado sobre el suelo de la planta y encima del cual se colocan las estructuras, de manera de identificar fácilmente errores de dimensión. Cuando los componentes de las estructuras se encuentran sobre el molde se

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

realizan los punteos de soldadura para unirlos respetando las dimensiones indicadas, para luego realizar la soldadura completa en el siguiente paso.

### 3. Soldado

La tercera etapa es el Soldado, es un proceso de fijación en donde se realiza la unión de dos o más piezas de un material. La soldadura de arco eléctrico con gas es la usada en Solana, también conocida como soldadura de metal y gas inerte, es un proceso que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte o semi-inerte para proteger la soldadura de la contaminación.

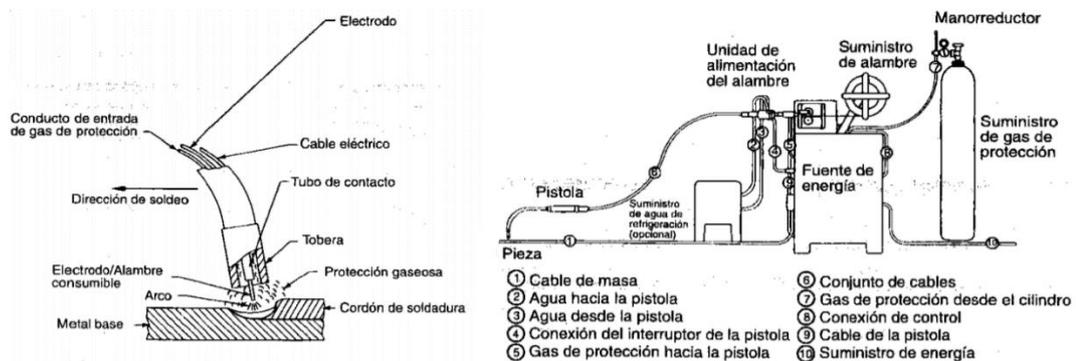


Figura 29: Soldadura por arco con gas de protección y equipo de soldado. Fuente: LincolnElectric

Luego de realizado el punteo de los componentes en la etapa de armado, las estructuras pasan a los caballetes donde son unidas en su totalidad con soldadoras manuales, como las de la figura 29. En el caso de las vigas de alma llena armadas, el proceso de soldadura comienza antes del armado con la soldadora automática. Esta no logra generar una costura completa, debido a que quedan centímetros sin soldar en los extremos, estos detalles son finalizados en esta etapa.

La soldadora automática, con la que cuenta la empresa Solana SRL, permite realizar uniones soldadas rectas en forma continua. Dependiendo de las características de la herramienta, se pueden soldar las dos alas al alma al mismo tiempo. Se puede describir este equipo como compuesto por una mesa, guías y el aparato para soldar. Su principal ventaja es el tiempo de soldado, ya que suelda la misma cantidad de metros que una persona en un tiempo considerablemente menor.

### 4. Tratamiento Superficial

El Tratamiento Superficial es el último proceso que se le aplica al producto y consiste de tres partes, el pulido, el granallado y la pintura.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

El primer paso es el pulido, que se usa para eliminar imperfecciones. El mismo se realiza con máquinas amoladoras. También puede terminarse con una lijadora orbital o de banda. En este tipo de limpieza debe cuidarse de no bruñir la superficie metálica a fin de lograr una buena adherencia de las pinturas al material. Este proceso elimina excesos de material sobre los vértices, puntos indeseados sobre la superficie y filos en aristas. También empareja cordones de soldadura, visible en la figura 30.



*Figura 30: Antes y después del pulido. Fuente: Solana SRL*

El granallado es el segundo paso y consiste en el bombardeo de partículas abrasivas a alta velocidad sobre toda la superficie de la pieza. Se busca fortalecer, pulir y permitir que penetre bien la pintura en el metal para evitar problemas de oxidación. Esta tarea se realiza dentro de una cabina especial.

Aplicar la pintura es el último paso, se hace en una cabina en forma manual y luego se deja secar para obtener el producto final, listo para ser enviado al lugar de la obra. Se le aplica una capa de base y luego pintura epoxi.



*Figura 31: Partes pintadas y colocadas. Fuente: Solana SRL*

## 3.2 Técnicas de análisis de flujo

### 3.2.1 Matriz de producto y proceso

Debido a que las naves industriales realizadas por la empresa se pueden considerar de bajo volumen y están hechas bajo pedido del cliente, las características del proceso deberían responder a un proceso centralizado con secuencias flexibles y únicas (Proceso de trabajo).

Sin embargo, esta empresa cuenta con una planta metalúrgica, donde se realizan actividades que consideraremos como un subproceso del proceso integral de materialización de naves industriales. Estas tareas o actividades presentan ciertos flujos que evidencian algunas linealidades y trabajos repetitivos a pesar de ser productos hechos bajo pedido del cliente. Esto significa, que la opción de proceso que mejor aplica a la planta en estudio es Proceso en línea.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

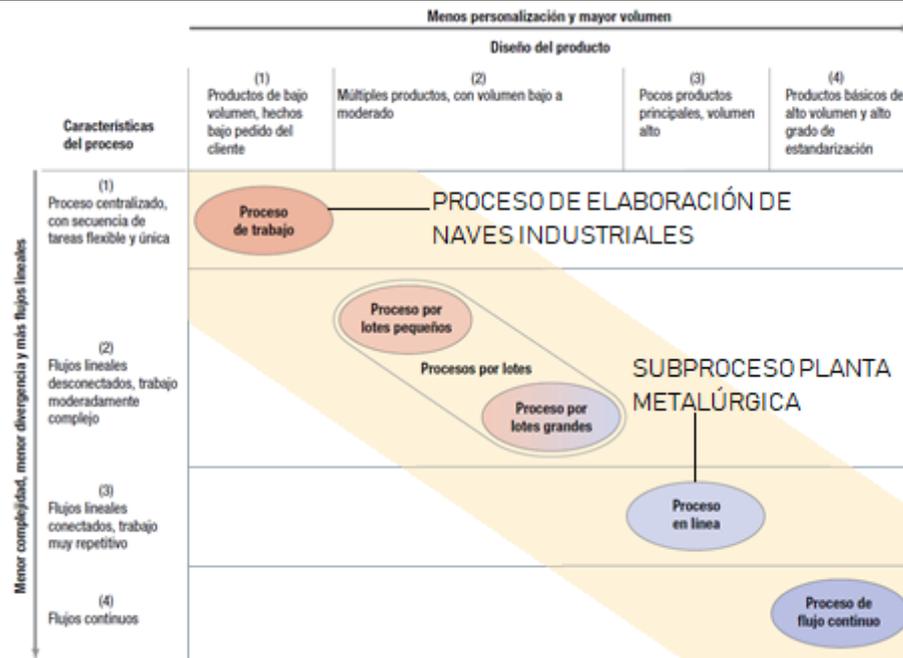


Tabla 5: Matriz de productos y procesos modificada. Fuente: Krajewski et al., 2008

Si bien ambos casos fueron situados sobre la diagonal, la realidad indica que se encuentran desplazados de la misma, ya que se puede mejorar la utilización de los recursos para lograr un mayor aprovechamiento.

La planta metalúrgica tiene entonces una distribución orientada al proceso, por lo que la aplicación de las siguientes técnicas resulta en un método óptimo para evaluarla.

### 3.2.2 Diagrama de cuerdas

La figura 32 es el diagrama de cuerdas correspondiente a la situación actual, en él se expone como el arreglo actual de las máquinas u operaciones produce muchos trayectos.

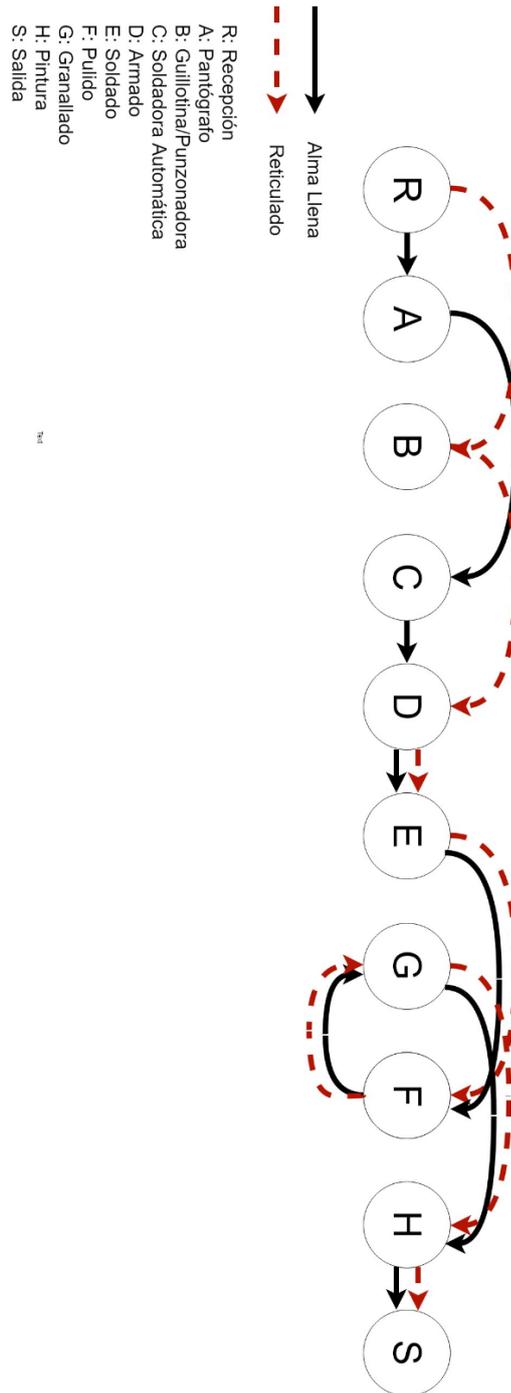


Figura 32: Diagrama de cuerdas para situación actual. Fuente: Elaboración propia

Una distribución perfecta para Alma Llena implicaría un proceso formado por ocho etapas, es decir, el recorrido R-A-C-D-E-F-G-H-S; y para Reticulado siete etapas, que forman el recorrido R-B-D-E-F-G-H-S. Esto se determina en función de la cantidad de líneas presentes para cada elemento.

Con la distribución actual se producen los saltos hacia adelante y hacia atrás mencionados en el marco teórico, en ambos casos (Alma Llena y Reticulado), obteniendo un

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo. proceso conformado por once etapas para cada uno. Estos saltos o retrocesos son los que disminuyen la eficiencia con esta disposición.

Cálculo de la eficiencia con la distribución actual:

Producto	Ruta actual (sec. de operaciones)	Ruta ideal	Eficiencia
Alma llena	R-A-B-C-D-E-G-F-G-F-H-S (11)	R-A-C-D-E-F-G-H-S (8)	$8/11 * 100 = 73\%$
Reticulado	R-A-B-C-D-E-G-F-G-F-H-S (11)	R-B-D-E-F-G-H-S (7)	$7/11 * 100 = 64\%$

Tabla 6: Cálculo de la eficiencia. Fuente: Elaboración propia

### 3.2.3 Tabla de origen-destino

A partir de los datos relevados, para el periodo de octubre de 2016 a junio de 2017 (9 meses), se obtuvieron las toneladas procesadas mensualmente. Al analizar este dato, se concluye que el noventa por ciento (90%) de la producción corresponde a alma llena y el diez por ciento (10%) a reticulados. Esta relación, nueve a uno, es la que se usa para asignar la Importancia relativa a cada producto. Se le atribuye una importancia relativa de uno al reticulado y de nueve a alma llena.

Producto	Toneladas procesadas promedio mensual	Toneladas procesadas totales	Importancia relativa
Alma llena	168,304	1514,736	9
Reticulado	18,7	168,304	1

Tabla 7: Importancia relativa de los productos. Fuente: Elaboración propia

Con esos valores de Importancia relativa se procede a realizar las tablas para cada producto por separado. Estas tablas se hacen con el propósito de que el armado de la tabla final sea más fácil.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Tabla origen-destino: Alma Llena										
	R	A	B	C	D	E	G	F	H	S
R	X	9								
A		X		18						
B			X							
C				X	9					
D					X	9				
E						X		18		
G							X		18	
F							18	X		
H									X	9
S										X

Tabla 8: Tabla origen-destino: Alma llena, distribución actual. Fuente: Elaboración propia

Tabla origen-destino: Reticulado										
	R	A	B	C	D	E	G	F	H	S
R	X		2							
A		X								
B			X		2					
C				X						
D					X	1				
E						X		2		
G							X		2	
F							2	X		
H									X	1
S										X

Tabla 9: Tabla origen-destino: Reticulado, distribución actual. Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la distribución actual, se asignan puntos de penalización a cada movimiento en función de la cantidad estaciones que recorre la parte desde su ubicación inicial hasta la siguiente estación. En el caso de alma llena, por ejemplo, el primer movimiento se produce desde R (Recepción) hasta A (Pantógrafo). Al ser R contigua de A la penalización consiste en multiplicar por uno el puntaje inicial asignado, es decir nueve puntos. Sin embargo,

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

para el caso del reticulado el primer movimiento es desde R hasta C (Guillotina/Punzonadora), como en este caso se saltea una casilla, la penalización consiste en multiplicar por dos el puntaje inicial, en caso de que hubiera saltado dos estaciones se multiplicaría por tres y así sucesivamente. Los puntos de penalización (p.p.) se demarcan en negrita separados por una diagonal del puntaje inicial.

Por debajo y a la izquierda de la línea en diagonal se indican los retrocesos, por lo que los puntos de penalización se duplican. En el caso del retroceso desde F (Pulido) a G (Granallado) se produce para ambas partes, alma llena y reticulado. El número final de penalización consiste en el número original, diez, multiplicado por uno por la contigüidad y multiplicado por dos por el retroceso, resultando veinte el número final de penalización.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

		ORIGEN									Total		Penalización	
		R	A	B	C	D	E	G	F	H				
DESTINO	R	X										10	11	
	A		X									9	18	
	B			X								1	2	
	C				X							9	9	
	D					X						10	10	
	E						X					10	20	
	G							X				10	20	
	F								X			10	20	
	H									X		10	10	
S										X	10	10		
											79	120		

Tabla 10: Tabla origen-destino, análisis de la distribución actual. Fuente: Elaboración propia

Para aumentar la eficiencia de la distribución se debe trabajar sobre aquellas máquinas u operaciones que tienen asignado un valor de penalización mayor. La reducción de los puntos de penalización se consigue disminuyendo los saltos y los retrocesos existentes en el proceso.

Cálculo de la eficiencia con la distribución actual:

$$\frac{79}{120} = 66\%$$

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

3.2.4 Tabla de proceso

A continuación, se presentan las tablas de proceso correspondientes a cada producto. Los principales datos que se evidencian en estas tablas son: la cantidad de operaciones, transportes, demoras, inspecciones y almacenes; distancia recorrida total; descripción y observaciones de la actividad.

Proceso: Alma Llena	Resumen					
		Actual	Propuesta	Diferencia	Actual	Transporte
	Operación	9			Actual	185,6 ±12 m.
	Transporte	6			Propuesta	
	Demora	1			Diferencia	
	Inspección	3			Daniels Ivan/Velasco Miguel	
Almacen	2			Tesistas		

#	Descripción de Actividad	Símbolo					Distancia (en Mts)	Observaciones
1	Recepción chapones	○	⇨	D	□	▽		El camión con la MP ingresa al almacén y se descarga con el puente grúa.
2	Inspección	○	⇨	D	□	▽		Se revisan factores como espesor, tamaño y calidad.
3	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽		Se considera que todos están en el suelo del almacén, siendo este el punto inicial de los flujos.
4	Transporte a pantógrafo	○	⇨	D	□	▽	27,2	Se llevan los chapones al pantógrafo. Realizado con puente grúa.
5	Corte en pantógrafo	○	⇨	D	□	▽		Se obtienen las 2 alas y el alma para armar la viga de alma llena.
6	Almacenamiento breve de alas/alma	○	⇨	D	□	▽		Se espera a obtener las 3 piezas, para luego enviarlas todas juntas.
7	Transporte a soldadora automática	○	⇨	D	□	▽	36,7	Realizado con puente grúa.
8	Soldado automático	○	⇨	D	□	▽		Unión de las 3 piezas. No se hace en forma completa.
9	Transporte a sitio de armado	○	⇨	D	□	▽	30 +/- 12	Se lleva al producto del ensamble de las piezas hacia el lugar de armado.
10	Armado	○	⇨	D	□	▽		Se realiza el replanteo.
11	Terminación de costuras	○	⇨	D	□	▽		Se completa la soldadura hecha por la soldadora automática.
12	Soldado de partes	○	⇨	D	□	▽		Se unen piezas obteniendo partes del arco, las cuales se fusionarán en el lugar de la obra.
13	Pulido	○	⇨	D	□	▽		Se usa para eliminar imperfecciones.
14	Inspección	○	⇨	D	□	▽		Control para asegurar que no haya defectos.
15	Transporte a granallado	○	⇨	D	□	▽	21,2	Realizado con puente grúa y carros.
16	Granallado	○	⇨	D	□	▽		Fortalece, pule y permite que penetre bien la pintura en el metal para evitar oxidación.
17	Transporte a pintura	○	⇨	D	□	▽	44	Realizado con puente grúa y carros.
18	Pintura	○	⇨	D	□	▽		Se le aplica una capa de base y pintura epoxi.
19	Inspección de pintura	○	⇨	D	□	▽		Se controla el espesor de la capa, en micrones.
20	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽		Se guarda el producto hasta que llegue el transporte.
21	Expedición a obra	○	⇨	D	□	▽	26,5	Se envía el producto terminado al lugar de emplazamiento.

Tabla 11: Tabla de proceso: Alma Llena. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Proceso: Reticulado		Resumen					Distancia (en Mts)	Observaciones	
		Actual		Propuesta	Diferencia	Transporte			
		Operación	6			Actual			161,9 ±12 m.
		Transporte	5			Propuesta			
		Demora	1			Diferencia			
		Inspección	3			Daniels Ivan/Velasco Miguel			
		Almacen	2			Tesisistas			
#	Descripción de Actividad	Símbolo							
1	Recepción perfiles	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
2	Inspección	○	⇨	D	□	▽		Se verifican la cantidad y el tipo de perfiles.	
3	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽		Se colocan en estanterías para perfiles.	
4	Transporte a guillotina	○	⇨	D	□	▽	40,7	Su peso es menor que los chapones, se puede mover con distintas herramientas.	
5	Almacenamiento breve de partes	○	⇨	D	□	▽		Se estiban los cortes.	
6	Transporte a sitio de armado	○	⇨	D	□	▽	29,5 +/- 12	En ocasiones es manual, sin utilizar maquinas-herramientas, por su bajo peso.	
7	Armado	○	⇨	D	□	▽		Se realiza el replanteo.	
8	Soldado de partes	○	⇨	D	□	▽		Se produce el soldado de todos los cortes hasta obtener las partes del arco.	
9	Pulido	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
10	Inspección	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
11	Transporte a granallado	○	⇨	D	□	▽	21,2	Similar a alma llena.	
12	Granallado	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
13	Transporte a pintura	○	⇨	D	□	▽	44	Similar a alma llena.	
14	Pintura	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
15	Inspección de pintura	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
16	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.	
17	Expedición a obra	○	⇨	D	□	▽	26,5	Similar a alma llena.	

Tabla 12: Tabla de proceso: Reticulado. Fuente: Elaboración propia

El análisis que se realiza con esta herramienta debe basarse en eliminar las acciones que no agregan valor al producto, para lograrlo se debe intentar reducir las inspecciones y las distancias recorridas, siempre que sea posible.

La cantidad de inspecciones que se realizan durante el proceso es adecuada. Debe tenerse en cuenta que la etapa de armado consiste básicamente en una secuencia de inspecciones que controlan lo hecho anteriormente, permitiendo alcanzar buenos resultados finales. Debido a esto, se hará foco en la distancia recorrida (transportes), cuyo valor se encuentra en la parte superior derecha de la tabla.

La tabla de proceso se debe utilizar de manera conjunta con el diagrama de flujo, el cual se presenta en la siguiente sección.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

### 3.2.5 Diagrama de flujo

La siguiente imagen es el diagrama de flujo de la planta en análisis. Se utilizaron los colores rojo y azul para describir el recorrido que hacen las materias primas, hasta que se transforman en vigas de alma llena y vigas reticuladas respectivamente. Los números presentes indican distintas máquinas u operaciones. Con color amarillo se señalan las áreas destinadas a pasillos para el movimiento del personal dentro de la planta, también se utiliza este color para señalar áreas de carga y descarga de camiones.

En este diagrama de flujo se evidencia, con claridad, en que zonas de la planta de produce el tráfico cruzado y el retroceso producido entre la etapa 8 y 9. En este caso, no solo se debe considerar el tráfico cruzado como resultado de la intersección de las líneas de flujo, sino que también es importante reconocer las áreas en las que esas líneas de flujo cruzan los pasillos designados. Esta situación puede ocasionar accidentes laborales, que pueden impactar sobre la salud del trabajador y la productividad de la planta.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

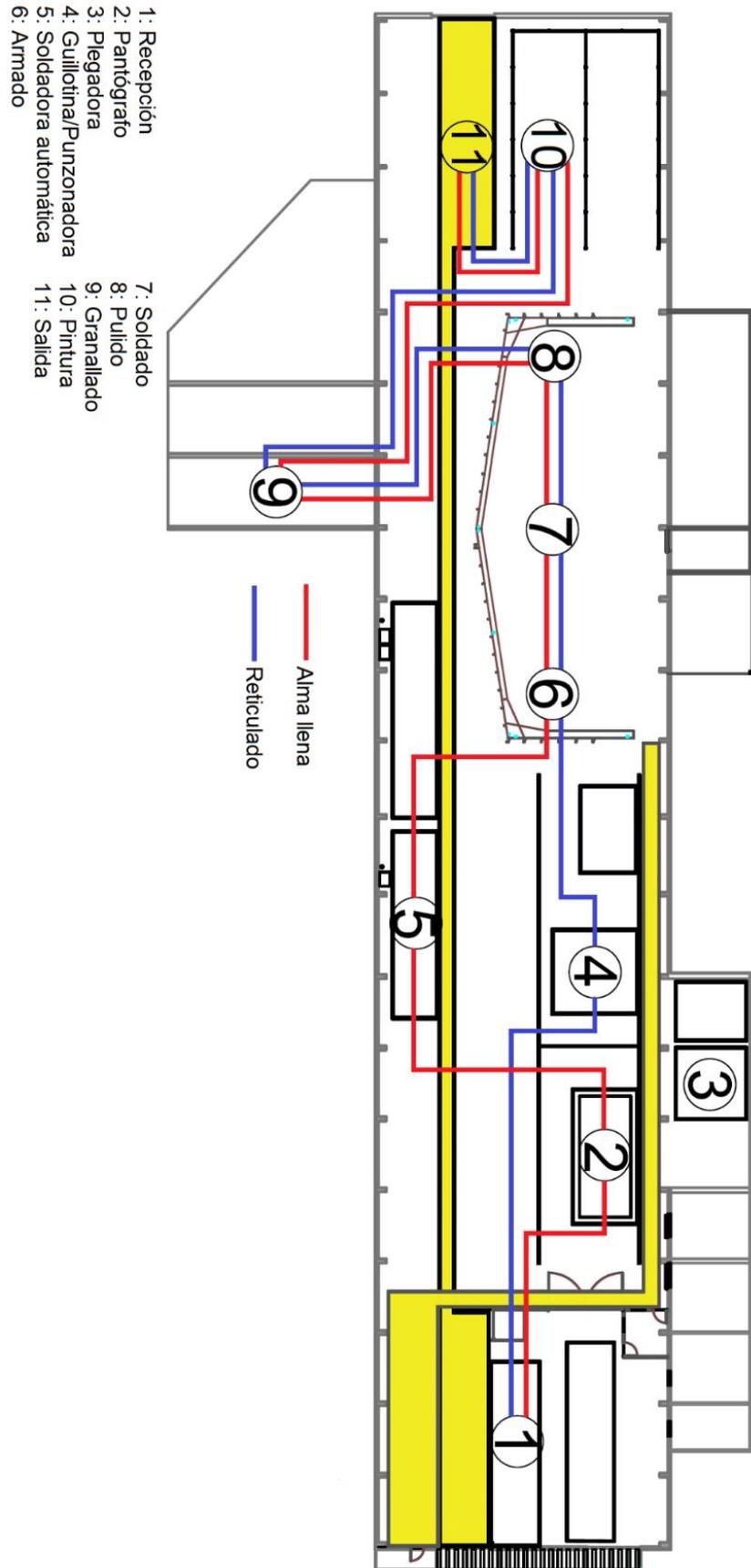


Figura 33: Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

### 3.3 Técnicas de análisis de relación de actividades

#### 3.3.1 Diagrama de relación de actividades

El código A se usa para los procesos de la planta que mayor flujo e importancia tienen. En términos de flujo de material, el recorrido de recepción-pantógrafo es el más importante de todos, debido a que todos los chapones deben pasar por el pantógrafo para obtener los componentes de la viga de alma llena y las piezas de soportería. Esto hace absolutamente necesario que ambos sectores estén juntos.

El camino que recorre el alma llena fue categorizado como A en su mayoría debido a que es el flujo más predominante de la planta.

Otra relación que es relevante destacar es la de granallado y pintura, al ser procesos que indefectiblemente se producen uno a continuación de otro. Al ser el pintado la última etapa, es necesario que el sector de expedición se encuentre cerca, para evitar movimientos innecesarios del producto terminado.

Con respecto a las letras I y E se usaron para flujos de productos de menor importancia en la planta, como puede ser el recorrido guillotina-plegadora.

Por otro lado, el código X fue utilizado para mantener alejado la bodega de los procesos que producen chispas para evitar incendios. Los comedores también se relacionaron con la letra X a los procesos que generen humos y ruido para brindar un nivel de confort mayor a los empleados en su descanso.

A continuación, se presenta el diagrama obtenido a partir de todas las consideraciones antes mencionadas.

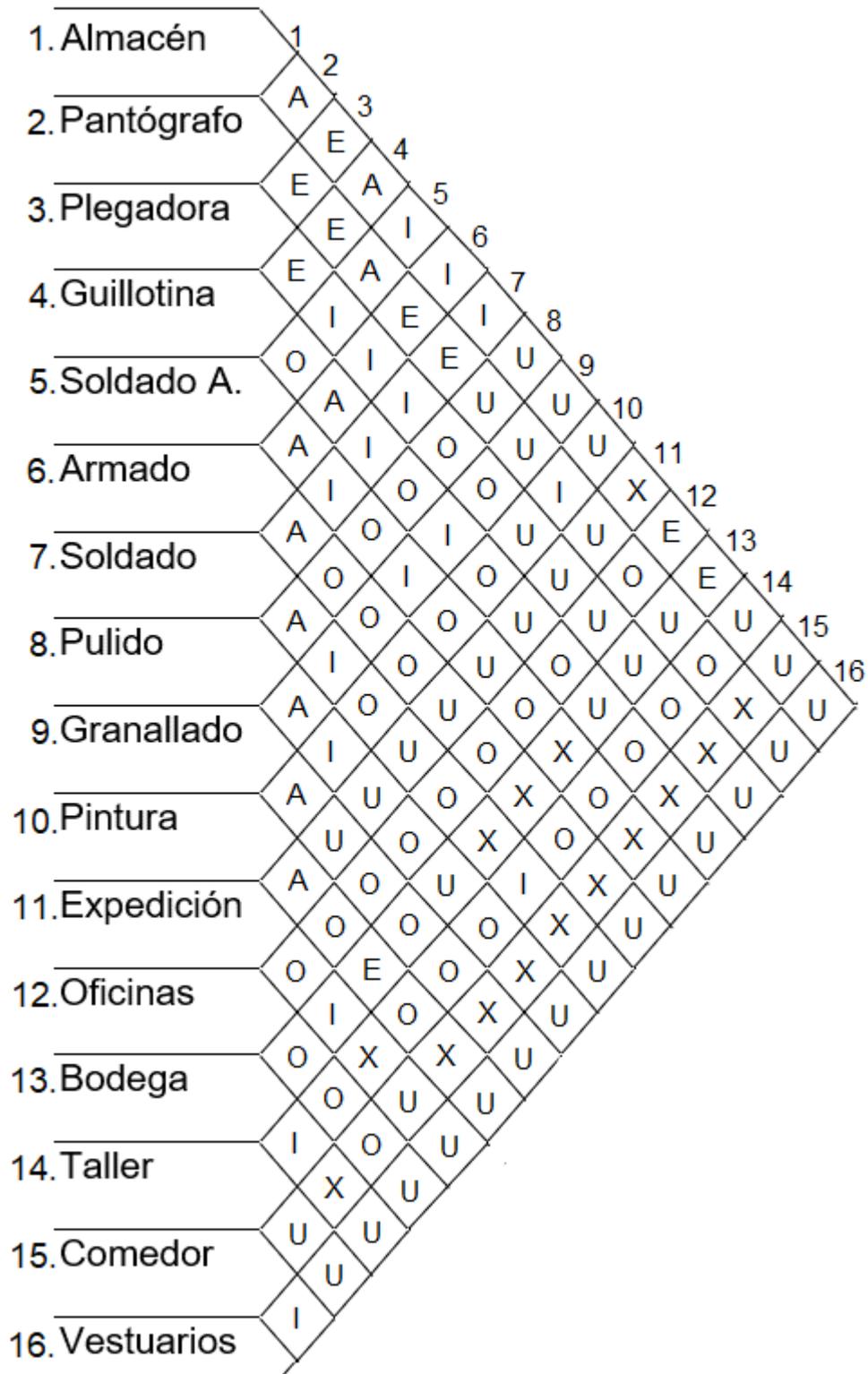


Figura 34: Diagrama de relación de actividades. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

### 3.3.2 Hoja de trabajo

Una vez que se hace el diagrama anterior, se procede a realizar la hoja de trabajo. La tabla 13 reúne la información del diagrama de forma tal de facilitar su interpretación.

Actividades	A	E	I	O	X
1. Almacén	2,4	3,12,13	5,6,7		11
2. Pantógrafo	1,5	3,4,6,7	10	12,14	15
3. Plegadora		1,2,4	5,6,7	8,9,14	15
4. Guillotina	1,6	2,3	6,7,9	5,8,10,14	15
5. Soldado A.	2,6		1,3,7,9	4,8,10,12,14	13,15
6. Armado	5,4	2	1,3	8,9,10,12,14	13,15
7. Soldado	6,8	2	1,3,4,5,9,14	12,12	13,15
8. Pulido	7,9		10	3,4,5,6,12,14	15
9. Granallado	8,1		4,5,7	3,6,12,13,14	15
10. Pintura	9,11	13	2,8	4,5,6,7,12,14	15
11. Expedición	10		13		1
12. Oficinas		1			
13. Bodega		1, 10	1,14	9,12	5,6,7,15
14. Taller			7,13	2,3,4,5,6,8	11
15. Comedor			16	12	2-10,13
16. Vestuarios			15		

Tabla 13: Hoja de trabajo. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3 Diagrama de adimensional de bloques

Se construyen los cuadrados que representan las distintas áreas u operaciones, cada uno tiene la información correspondiente a los distintos tipos de códigos. Esa información se encuentra en las esquinas de los cuadrados y también en el centro.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

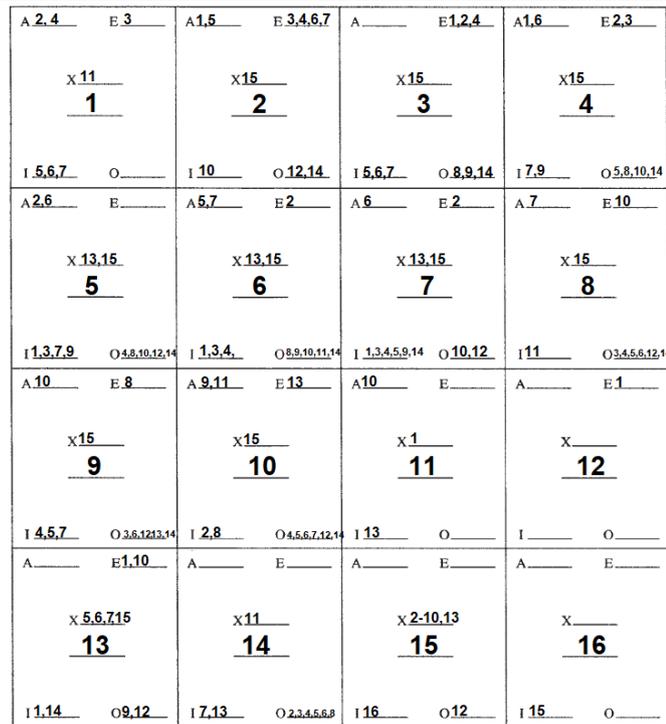


Figura 35: Diagrama de bloques. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4 Bloques y flujo

Por último, se realiza el análisis de flujo en el diagrama adimensional de bloques, tal como se muestra en la figura 36. El análisis de flujo garantiza que las relaciones importantes se mantengan y que la distribución que se hace tenga sentido. Esta herramienta trata de evitar que el material fluya innecesariamente a través de la esquina de un departamento, o que salte sobre uno o más departamentos. Los cuadrados que representan expedición o recepción no se deben localizar en el medio del diagrama, sino en los bordes.

Para su construcción, se intenta que aquellos cuadrados que tengan código A mantengan una cara en contacto. Si es código E, se intenta que compartan un vértice. Si es código, se intenta que los cuadrados estén alejados. A partir de estos tres códigos se construye el diagrama, si se puede se tienen en cuenta los demás. Siempre se intenta que el arreglo de los cuadrados respete la forma del predio y de la planta existente, para evitar grandes cambios.

Se comienza, para alma llena, con el almacén para mostrar la recepción de material, luego pantógrafo, soldadora automática, armado, soldado, pulido, granallado, pintura y expedición. Para reticulados, la secuencia es recepción, guillotina, armado, soldado, pulido, granallado, pintura y expedición.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

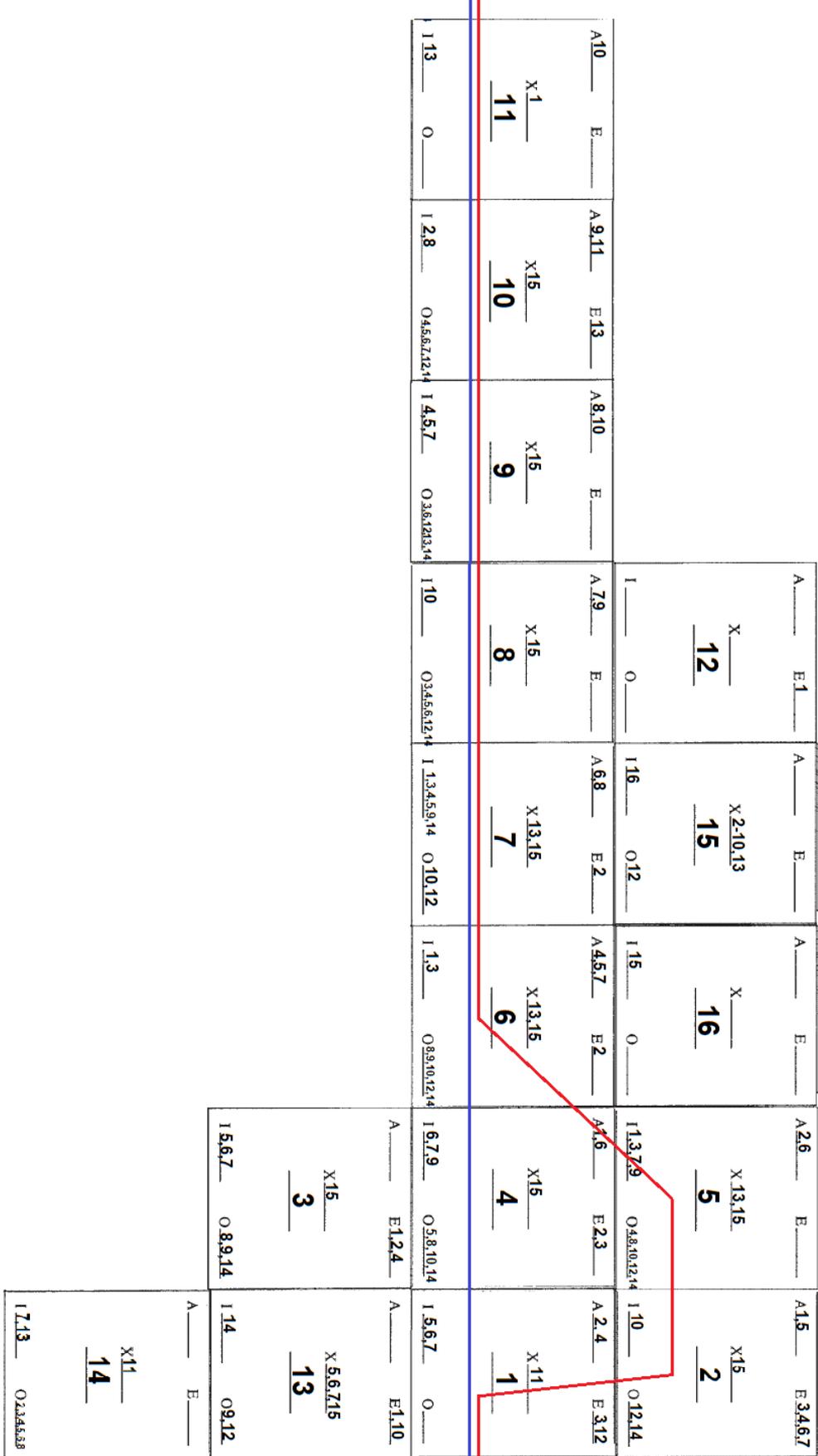


Figura 36: Diagrama de bloques con flujo. Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.1 Eficiencia del proceso con los nuevos recorridos

Para completar este análisis que usa bloques y flujo, se opta por estudiar la eficiencia del proceso con los nuevos recorridos. Para ello, se aplica nuevamente el diagrama de cuerdas y la tabla de proceso, respetando los flujos que presenta el diagrama anterior.

#### 1. Diagrama de cuerdas

Para realizar el diagrama de cuerdas que mejor se ajusta a la situación, se debe conocer la secuencia ideal de operaciones para cada producto. Esas secuencias se muestran a continuación.

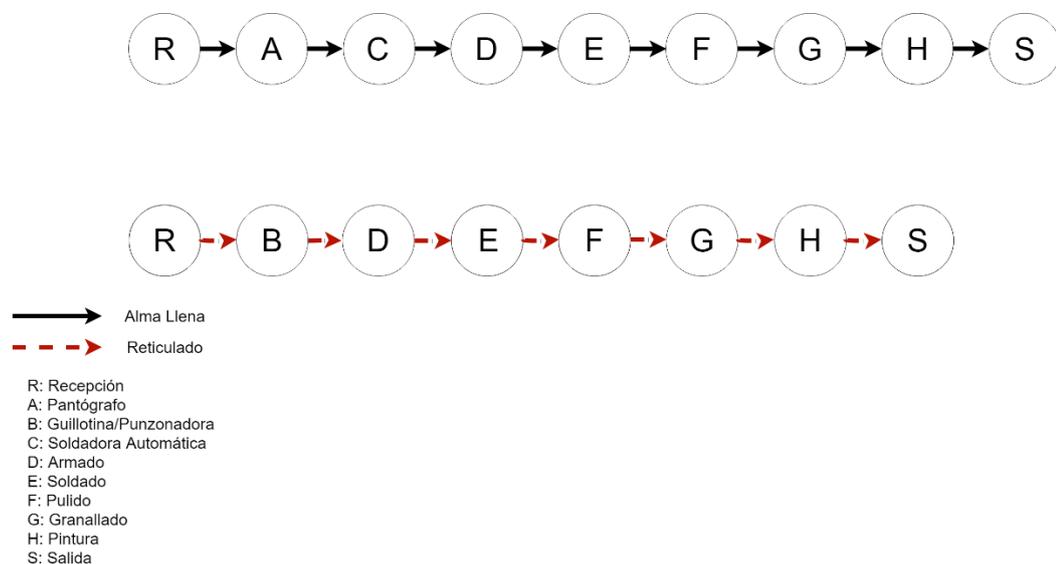


Figura 37: Diagrama de cuerdas ideal. Fuente: Elaboración propia

Si se tiene en cuenta el diagrama de cuerdas que muestra el escenario actual, la principal situación para mejorar es el retroceso que ocurre entre el pulido y el granallado, visible en la figura 32. Por lo tanto, al actuar sobre este retroceso mejora notablemente la eficiencia de los procesos de ambos productos.

También se debe considerar, como se muestra en la figura 37, que la secuencia es similar para ambos casos a partir de la operación de armado. La principal diferencia entre los procesos de reticulados y alma llena se presenta en el corte de materia prima para obtener los componentes, alma llena necesita del pantógrafo y los reticulados requieren de la guillotina. Debido a esto, en la etapa inicial de los procesos ocurren varios saltos porque esas operaciones se encuentran encimadas. Este es el otro aspecto a mejorar para aumentar la eficiencia del proceso.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

A partir de las consideraciones anteriores, se obtiene el siguiente diagrama. Se le realiza una adaptación a la herramienta para lograr una mejor aplicación en función del caso en estudio.

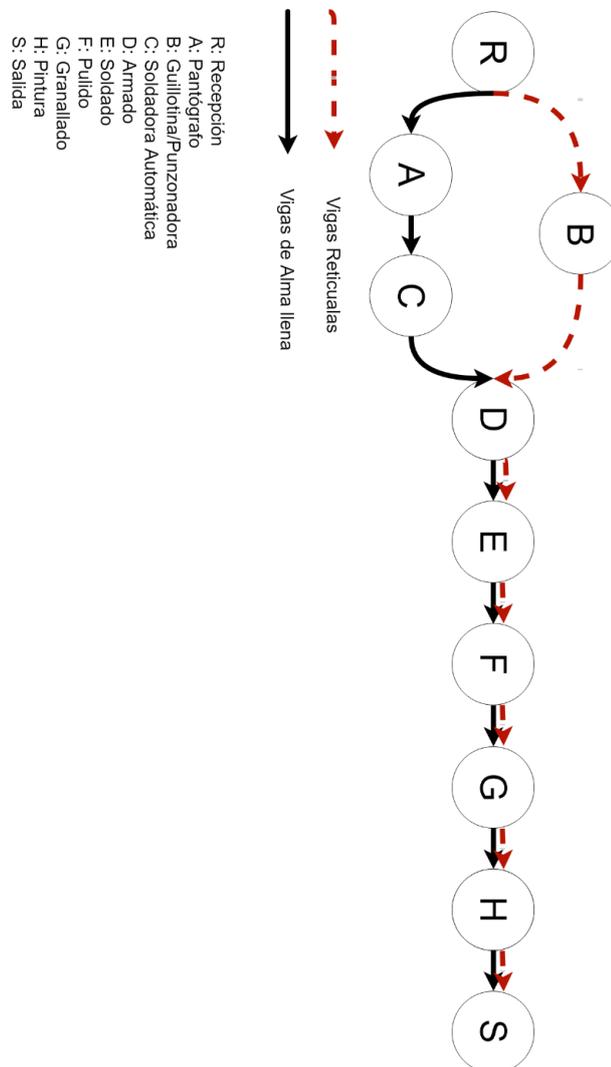


Figura 38: Diagrama de cuerdas de la propuesta. Fuente: Elaboración propia

Con la distribución propuesta se evitan los saltos y retrocesos, obteniendo un proceso conformado por siete etapas para reticulados y ocho para alma llena.

Cálculo de la eficiencia con la distribución propuesta:

Producto	Ruta actual (sec. de operaciones)	Eficiencia	Ruta propuesta	Eficiencia	Diferencia
Alma llena	R-A-B-C-D-E-G-F-G-F-H-S (11)	$8/11 * 100 = 73\%$	R-A-C-D-E-F-G-H-S (8)	$8/8 * 100 = 100\%$	27%
Reticulado	R-A-B-C-D-E-G-F-G-F-H-S (11)	$7/11 * 100 = 64\%$	R-B-D-E-F-G-H-S (7)	$7/7 * 100 = 100\%$	36%

Tabla 14: Cálculo de la eficiencia para la propuesta. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se evidencia la mejora del proceso, a partir de la propuesta que se comienza a plantear.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

## 2. Tabla de proceso

A partir de la propuesta que comienza a gestarse, (en la cual se considera que guillotina y pantógrafo están a la par, y se evita el retroceso entre pulido y granallado), las tablas origen-destino para cada producto por separado quedan de la siguiente manera:

Tabla origen-destino: Alma Llena									
	R	A	C	D	E	F	G	H	S
R	X	9							
A		X	9						
C			X	9					
D				X	9				
E					X	9			
F						X	9		
G							X	9	
H								X	9
S									X

Tabla 15: Tabla origen-destino: Alma Llena, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia

Tabla origen-destino: Reticulado								
	R	B	D	E	G	F	H	S
R	X	1						
B		X	1					
D			X	1				
E				X	1			
G					X	1		
F						X	1	
H							X	1
S								X

Tabla 16: Tabla origen-destino: Reticulado, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia

Las tablas anteriores se combinan para formar la tabla 17. Para su construcción, se tuvo en cuenta que no se producen saltos hacia adelante en ninguno de los procesos. Por eso no se aplicaron penalizaciones.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

		ORIGEN										Total		Penalización	
		R	A	B	C	D	E	F	G	H	S				
DESTINO	R	X											10		10
	A		X										9		9
	B			X									1		1
	C				X								9		9
	D					X							10		10
	E						X						10		10
	F							X					10		10
	G								X				10		10
	H									X			10		10
	S										X		10		10
												79		79	

Tabla 17: Tabla origen-destino, distribución propuesta. Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la eficiencia con la distribución propuesta:

$$\frac{79}{79} = 100\%$$

El resultado obtenido con esta herramienta coincide con el del diagrama de cuerdas.

#### IV. PROPUESTA DE MEJORA

##### 4.1 Comparación del nuevo diseño de la planta

Luego de aplicar todas las técnicas de análisis en la etapa de diagnóstico, se obtuvo con el diagrama adimensional de bloques un esquema donde se encuentran dibujadas nuevas trayectorias para los productos. Se calculó la eficiencia para estos nuevos recorridos y se obtuvo una gran mejora respecto a los iniciales.

Esa mejora en la eficiencia del proceso, obtenida con la disposición propuesta en el diagrama adimensional de bloques, justifica avanzar en el desarrollo de la propuesta hacia la elaboración del plano de la planta. Para su construcción, se utiliza como modelo o guía el diagrama de la figura 36.

En la confección del plano, además de las técnicas que se aplicaron hasta ahora, también entra en juego el criterio del diseñador. Estos dos aspectos son fundamentales en cualquier proceso creativo.

Una vez que se realiza el plano, se compara la propuesta de mejora con la situación inicial. Para ello se emplean los tres parámetros fundamentales: distancia recorrida, tráfico cruzado y retrocesos.

Si bien los tres parámetros que se mencionan son esenciales para la comparación entre el escenario actual y la propuesta de mejora, existen otras diferencias significativas que deben mencionarse. Por ejemplo: superficie total de la planta, área destinada a piezas en proceso, etc.

A continuación, se presenta el plano de la planta modificado y las comparaciones en base a los tres parámetros.

##### 4.1.1 Plano de la planta

A partir de las consideraciones que se fueron detallando en las secciones anteriores, se construye el plano de la figura 39. Se ha incrementado la longitud de la planta treinta metros y se ha expandido el almacén a lo ancho. También se han eliminado pequeños sectores que no aportan a la linealidad de los flujos.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

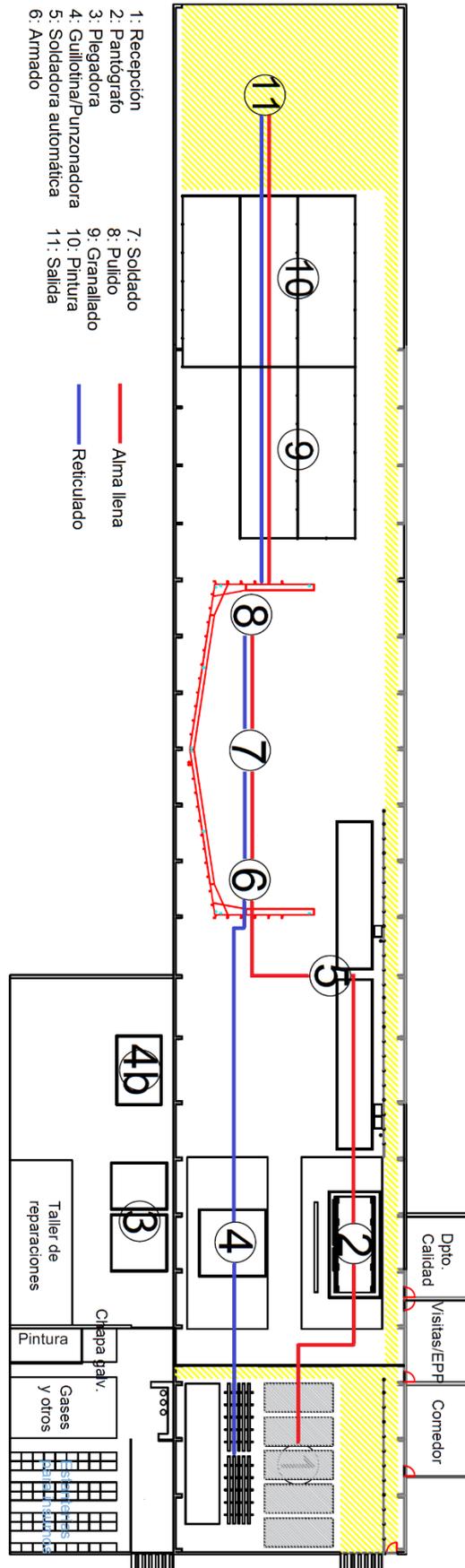


Figura 39: Plano de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

4.1.2 Distancia recorrida

Una vez realizado el plano se recurre a la tabla de proceso, donde se presentan las distancias recorridas durante las actividades de transporte.

Proceso: Alma Llena		Resumen					Transporte	
		Operación	Actual	Propuesta	Diferencia	Actual		
		Transporte	9			127,9 ±12 m.		
		Demora	6			Propuesta		
		Inspección	1			Diferencia		
		Almacen	3			Daniels Ivan/Velasco Miguel		
		2			Tesistas			
#	Descripción de Actividad	Símbolo					Distancia (en Mts)	Observaciones
1	Recepción chapones	○	➡	D	□	▽		El camión con la MP ingresa al almacén y se descarga con el puente grúa.
2	Inspección	○	➡	D	□	▽		Se revisan factores como espesor, tamaño y calidad.
3	Almacenamiento	○	➡	D	□	▽		Se considera que todos están en el suelo del almacén, siendo este el punto inicial de los flujos.
4	Transporte a pantógrafo	○	➡	D	□	▽	24,6	Se llevan los chapones al pantógrafo. Realizado con puente grúa.
5	Corte en pantógrafo	○	➡	D	□	▽		Se obtienen las 2 alas y el alma para armar la viga de alma llena.
6	Almacenamiento breve de alas/alma	○	➡	D	□	▽		Se espera a obtener las 3 piezas, para luego enviarlas todas juntas.
7	Transporte a soldadora automática	○	➡	D	□	▽	23,8	Realizado con puente grúa.
8	Soldado automatico	○	➡	D	□	▽		Union de las 3 piezas. No se hace en forma completa.
9	Transporte a sitio de armado	○	➡	D	□	▽	29,2 +/- 12	Se lleva al producto del ensamble de las piezas hacia el lugar de armado.
10	Armado	○	➡	D	□	▽		Se realiza el replanteo.
11	Terminación de costuras	○	➡	D	□	▽		Se completa la soldadura hecha por la soldadora automática.
12	Soldado de partes	○	➡	D	□	▽		Se unen piezas obteniendo partes del arco, las cuales se fusionarán en el lugar de la obra.
13	Pulido	○	➡	D	□	▽		Se usa para eliminar imperfecciones.
14	Inspección	○	➡	D	□	▽		Control para asegurar que no haya defectos.
15	Transporte a granallado	○	➡	D	□	▽	18,6	Realizado con puente grúa y carros.
16	Granallado	○	➡	D	□	▽		Fortalece, pule y permite que penetre bien la pintura en el metal para evitar oxidación.
17	Transporte a pintura	○	➡	D	□	▽	15,2	Realizado con puente grúa y carros.
18	Pintura	○	➡	D	□	▽		Se le aplica una capa de base y pintura epoxi.
19	Inspección de pintura	○	➡	D	□	▽		Se controla el espesor de la capa, en micrones.
20	Almacenamiento	○	➡	D	□	▽		Se guarda el producto hasta que llegue el transporte.
21	Expedición a obra	○	➡	D	□	▽	16,5	Se envía el producto terminado al lugar de emplazamiento.

Tabla 18: Tabla de proceso para la mejora: Alma Llena. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Proceso: Reticulado		Resumen					Transporte	
		Actual		Propuesta	Diferencia	Actual		
		Operación	6			113 ±12 m.		
		Transporte	5			Propuesta		
		Demora	1			Diferencia		
		Inspección	3			Daniels Ivan/Velasco Miguel		
		Almacen	2			Tesistas		
#	Descripción de Actividad	Símbolo			Distancia (en Mts)	Observaciones		
1	Recepción perfiles	○	⇨	D	□	▽	Similar a alma llena.	
2	Inspección	○	⇨	D	□	▽	Se verifican la cantidad y el tipo de perfiles.	
3	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽	Se colocan en estanterías para perfiles.	
4	Transporte a guillotina	○	⇨	D	□	▽	18,6	Su peso es menor que los chapones, se puede mover con distintas herramientas.
5	Almacenamiento breve de partes	○	⇨	D	□	▽		Se estiban los cortes.
6	Transporte a sitio de armado	○	⇨	D	□	▽	43,8 +/- 12	En ocasiones es manual, sin utilizar maquinas-herramientas, por su bajo peso.
7	Armado	○	⇨	D	□	▽		Se realiza el replanteo.
8	Soldado de partes	○	⇨	D	□	▽		Se produce el soldado de todos los cortes hasta obtener las partes del arco.
9	Pulido	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
10	Inspección	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
11	Transporte a granallado	○	⇨	D	□	▽	18,6	Similar a alma llena.
12	Granallado	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
13	Transporte a pintura	○	⇨	D	□	▽	15,2	Similar a alma llena.
14	Pintura	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
15	Inspección de pintura	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
16	Almacenamiento	○	⇨	D	□	▽		Similar a alma llena.
17	Expedición a obra	○	⇨	D	□	▽	16,5	Similar a alma llena.

Tabla 19: Tabla de proceso para la mejora: Reticulado. Fuente: Elaboración propia

En función de las tablas de proceso para la mejora y las correspondientes al escenario actual, se construyen las siguientes tablas.

Actividad de transporte	Distancia recorrida: Alma llena (Mts)			
	Distribución actual	Distribución propuesta	Diferencia	Porcentaje
Transporte a pantógrafo	27,2	24,6	2,6	-9,56%
Transporte a sold. aut.	36,7	23,8	12,9	-35,15%
Transporte a armado (±12)	30	29,2	0,8	-2,67%
Transporte a granallado	21,2	18,6	2,6	-12,26%
Transporte a pintura	44	15,2	28,8	-65,45%
Transporte a expedición	26,5	16,5	10	-37,74%
<b>Total</b>	<b>185,6</b>	<b>127,9</b>	<b>57,7</b>	<b>-31,09%</b>

Tabla 20: Tabla de distancia recorrida, alma llena. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Actividad de transporte	Distancia recorrida: Reticulado (Mts)			
	Distribución actual	Distribución propuesta	Diferencia	Porcentaje
Transporte a guillotina	40,7	18,6	22,1	-54,30%
Transporte a armado ( $\pm 12$ )	29,5	43,8	-14,3	48,47%
Transporte a granallado	21,2	18,6	2,6	-12,26%
Transporte a pintura	44	15,2	28,8	-65,45%
Transporte a expedición	26,5	16,5	10	-37,74%
Total	161,9	112,7	49,2	-30,39%

Tabla 21: Tabla de distancia recorrida, reticulado. Fuente: Elaboración propia

Si se comparan cada una de las actividades de transporte por separado, se observa que en todos los casos la distancia recorrida disminuye, salvo para el transporte a armado en los reticulados. En ese caso puntual, la distancia aumenta catorce metros, o lo que es lo mismo cuarenta y ocho por ciento.

Con la nueva disposición se logran reducir las distancias recorridas totales por ambos productos, en el caso de alma llena se reduce treinta y uno por ciento y para reticulados poco más de treinta por ciento.

#### 4.1.3 Tráfico cruzado

El tráfico cruzado se presenta en cuando las líneas de flujo de los productos se cruzan, también cuando estas líneas atraviesan áreas designadas al movimiento de personal.

En la figura 40 se presentan los planos a escala, para permitir una rápida comparación visual entre el escenario actual y el propuesto. En el plano de arriba de la figura se pueden visualizar situaciones de tráfico cruzado, en el de abajo no se encuentran situaciones similares.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

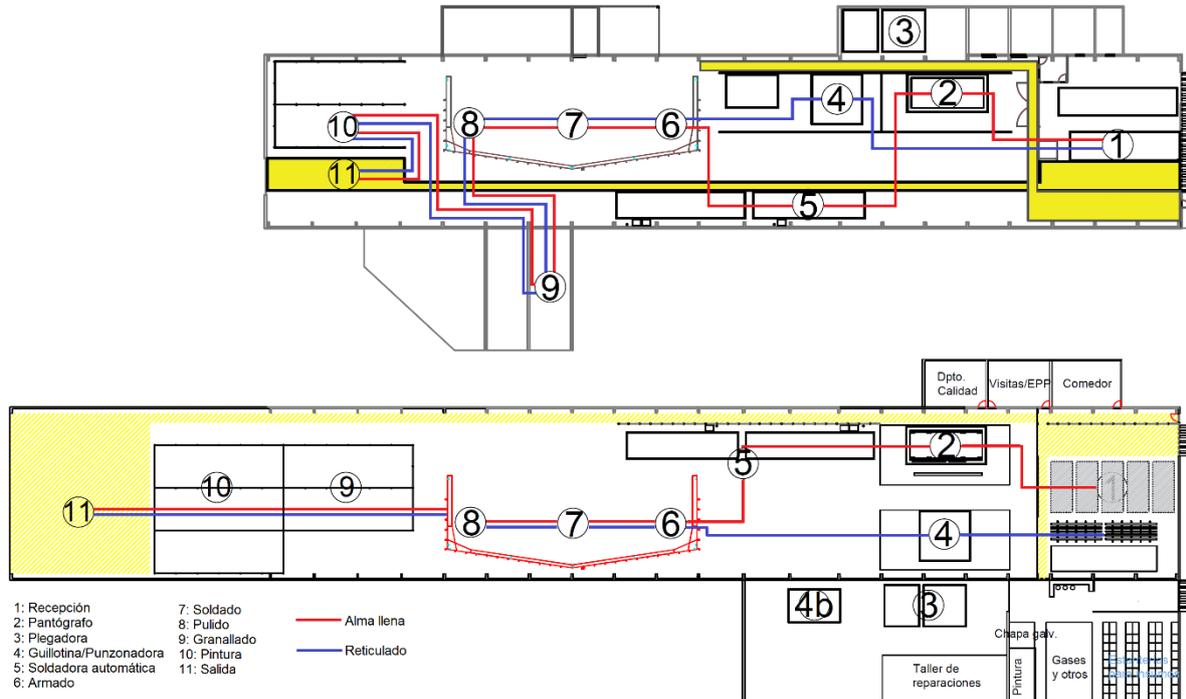


Figura 40: Plano actual y de la propuesta. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan una serie de imágenes donde se pueden ver mejor las situaciones donde ocurre el tráfico cruzado.

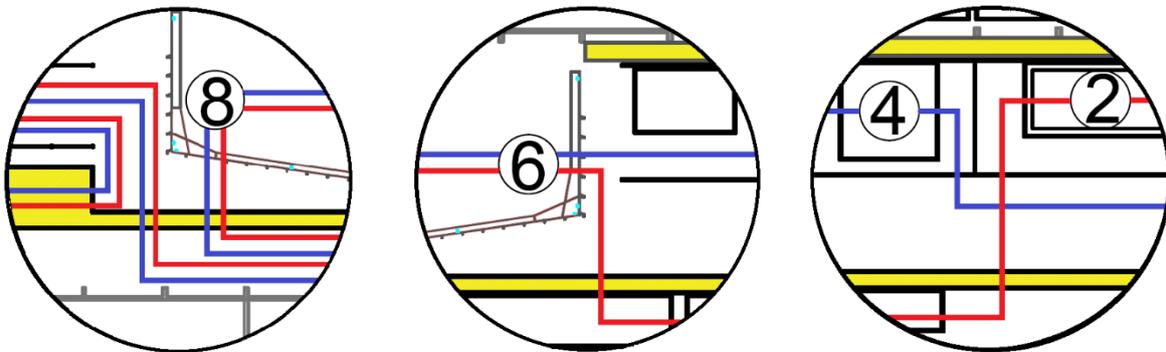


Figura 41: Situaciones donde ocurre el tráfico cruzado. Fuente: Elaboración propia

En la figura 41, en las imágenes de la izquierda y del centro, se ve como las líneas de flujo de los productos atraviesan el pasillo, esto puede provocar accidentes laborales. Sucede lo mismo en la imagen de la derecha, pero en este caso también se cruzan las líneas de flujo entre sí, pudiendo entorpecer el proceso productivo.

Para resolver esto, se propone colocar el pasillo principal pegado a uno de los laterales de la planta. Esto impide que el pasillo se encuentre rodeado por actividades de transformación, como sucede actualmente al pasar entre la guillotina y la soldadora automática.

#### 4.1.4 Retrocesos

Ocurren cuando se debe volver hacia atrás en el recorrido, para poder realizar la siguiente operación. Este movimiento se encuentra presente con la distribución actual, pero no con la propuesta. Las siguientes imágenes muestran donde hay retrocesos con la disposición actual.

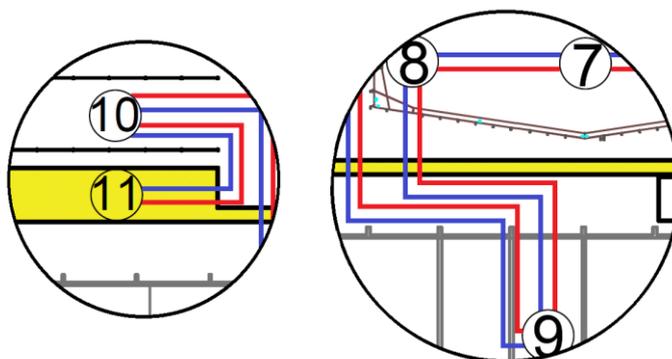


Figura 42: Retrocesos. Fuente: Elaboración propia

Debido a la ubicación de los sectores de pintado y expedición, los productos deben salir de la cabina de pintura por donde ingresaron para luego ser enviados a expedición.

El retroceso que sucede entre las operaciones ocho (pulido) y nueve (granallado), es uno de los principales puntos en los que se basa este trabajo. Al evitarlo se logra reducir considerablemente la distancia recorrida, y también aumentar la eficiencia general del proceso.

La solución que se propone a este problema implica aumentar la longitud de la planta treinta metros, visible en la figura 40. Esto posibilita que las operaciones de pulido, granallado, pintura y expedición se localicen a lo largo de la planta formando una secuencia lineal.

#### 4.1.5 Otras consideraciones

La modificación que se propone significa aumentar la superficie productiva de la planta treinta y seis por ciento, aproximadamente. La reforma que se plantea cumple con el Código de Ordenamiento Territorial de la Municipalidad de Mar del Plata, el cual especifica un factor de ocupación del suelo igual a 0,5. Este incremento del área productiva que se recomienda posibilita que ciertas actividades se realicen en espacios más amplios. Esto aumenta la cantidad de toneladas que se pueden procesar al mismo tiempo en esas estaciones, también se consigue alcanzar mayores niveles generales de organización.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Con la nueva disposición que se sugiere, se intenta crear un almacén que reúna todas las materias primas e insumos en un mismo punto. Las principales ventajas de un almacén centralizado son el ahorro de espacio y el mayor control de los bienes que se guardan. Sobre este punto se profundiza en la sección 4.2.

El sector destinado a almacenar piezas en proceso se amplía diez y seis por ciento con la propuesta. Esto permite una mejor clasificación de esos elementos en proceso y almacenar mayor cantidad de piezas. En la siguiente figura, se ve el sector en cuestión en ambos casos, el actual y el propuesto.

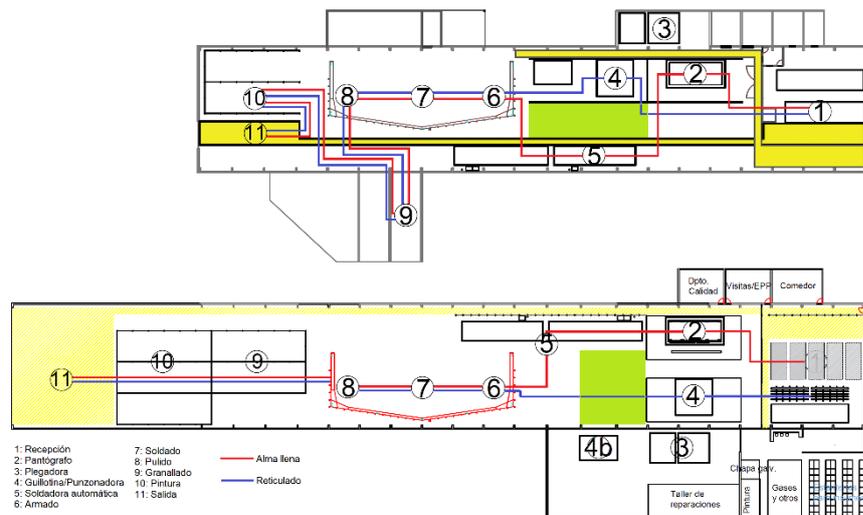


Figura 43: Sectores de almacenaje de piezas en proceso. Fuente: Elaboración propia

El área donde se realiza el armado, soldado y pulido es uno de los puntos principales. Cuando se deben realizar grandes marcos, este sector se expande obligando a los demás a contraerse. Si no es posible, se limita la producción. La propuesta permite ampliarlo veintiocho por ciento.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

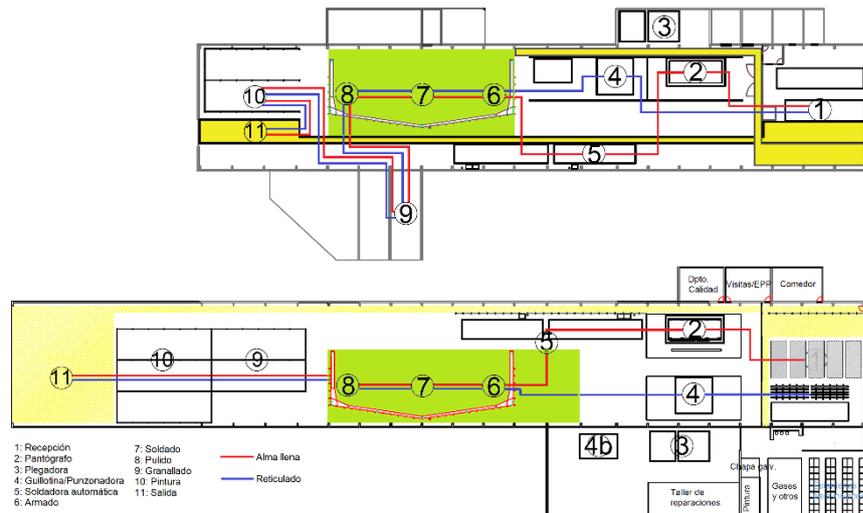


Figura 44: Sectores de armado, soldado y pulido. Fuente: Elaboración propia

Debido a la demanda actual, en la empresa se asignó un sector adicional a las cabinas de pintura, al cual no tiene alcance el puente grúa, para el pintado de piezas pequeñas. La adición de una nueva cabina de pintura con llegada del puente grúa es una de las prioridades sobre la cual se generó esta alternativa. El sector de pintura se amplía cuarenta y nueve por ciento, solo se tiene en cuenta las cabinas iniciales para la comparación.

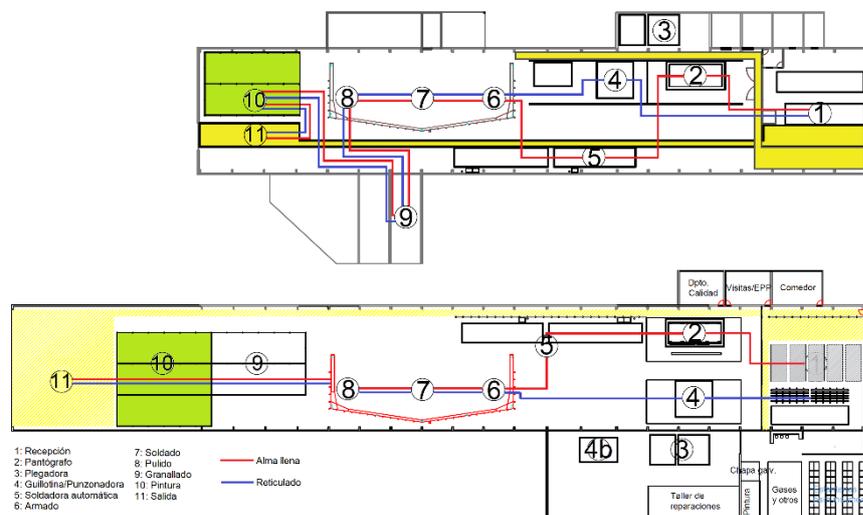


Figura 45: Sectores de pintado. Fuente: Elaboración propia

Por último, con la mejora el sector que se destina a expedición aumenta considerablemente su tamaño, permitiendo su utilización para el secado de los productos. Con la distribución actual no hay un espacio designado para el secado. El área del sector aumenta treientos quince por ciento.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

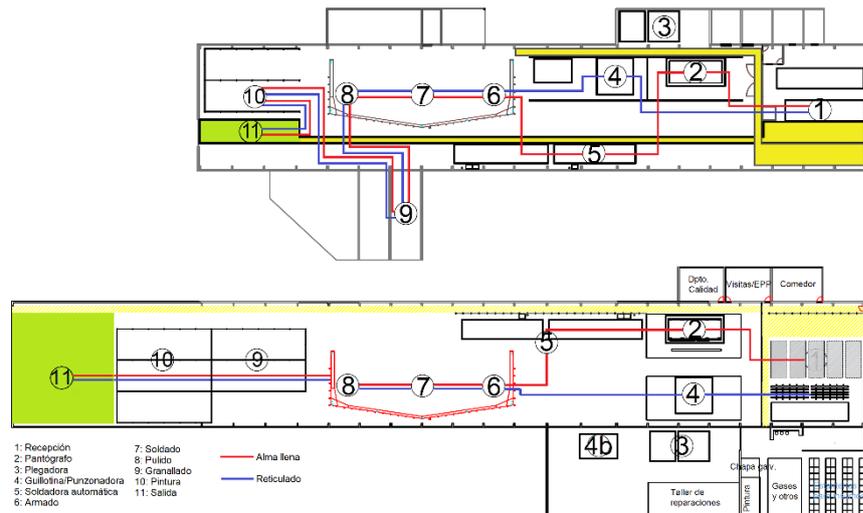


Figura 46: Sectores de expedición. Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se resumen las diferencias de tamaño en los distintos sectores. Los valores están expresados en metros cuadrados.

	Actual	Propuesta	Diferencia	Porcentaje
Superficie sector productivo	2733,0000	3715,9768	982,9768	35,97%
Superficie almacen	207,6382	455,4086	247,7704	119,33%
Superficie sector piezas en proceso	110,6231	128,8412	18,2181	16,47%
Superficie sector marco	383,6031	492,3291	108,726	28,34%
Superficie sector pintura	157,3884	235,3156	77,9272	49,51%
Superficie sector expedicion	71,6328	297,5835	225,9507	315,43%

Tabla 22: Dimensiones de los diversos sectores. Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Almacén

Los almacenes son áreas cuya función es resguardar los elementos que contienen y tenerlos a disposición para cuando sean requeridos. El flujo de estos elementos debe ser documentado para mantener el control del almacén.

Los almacenes se pueden clasificar en tres categorías, según los elementos que contengan. Primero están los de materias primas e insumos, donde se localizan productos básicos que son utilizados en los procesos posteriores. Luego están los almacenes de productos semiterminados, en ellos se encuentran piezas que han experimentado alguna transformación y están a la espera de ser afectados por la siguiente. Por último, se encuentran los almacenes de bienes terminados que se componen de los artículos que han completado el proceso de transformación.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Los sectores destinados a almacenar productos semiterminados y terminados fueron mencionados en la sección anterior, y se pueden ver en las figuras 43 y 46 respectivamente. En este apartado se hace énfasis en el almacén de materias primas e insumos.

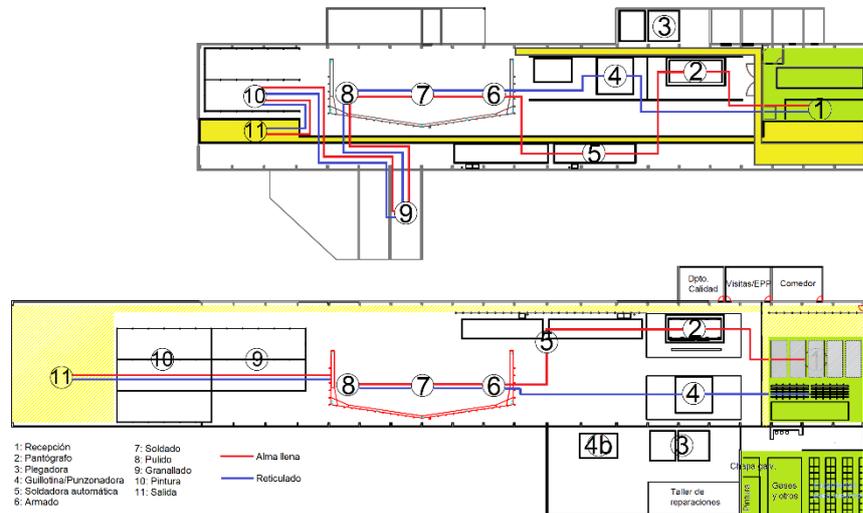


Figura 47: Almacén de materias primas e insumos. Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1 Características del almacén

La ampliación posibilita el crecimiento del almacén ciento diez y nueve por ciento, gracias a esto se pueden colocar dentro de él materias primas e insumos que con el tamaño actual se encuentran diseminados por la planta. En la siguiente imagen, correspondiente a la situación actual, se señala con verde aquellos lugares ajenos al almacén en los que se deposita materia prima.

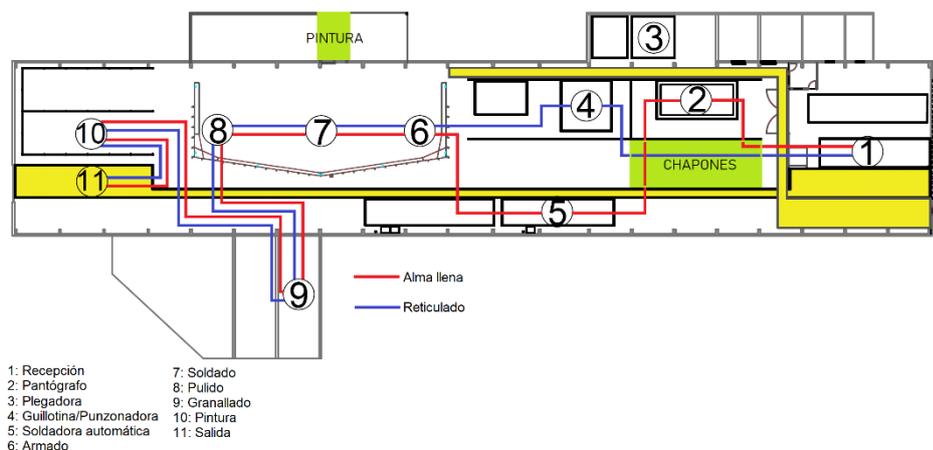


Figura 48: Sectores destinados a almacenar materia prima. Fuente: Elaboración propia

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Respecto al cuarto de pintura, se destina un sector del almacén para el mismo fin, este tiene dimensiones superiores permitiendo almacenar mayor cantidad y favoreciendo la centralización de los insumos. Visible en la figura 49.

Los chapones de acero presentan un gran inconveniente para todas las empresas metalúrgicas que los utilizan, ya que por sus dimensiones y peso resulta difícil su almacenamiento. En la empresa Solana SRL, los chapones son colocados fuera del almacén sobre el suelo, y junto al pantógrafo. Se acomodan uno sobre otro en cinco espacios designados, para su clasificación cada espacio agrupa un solo tipo de chapón.

Al diseñar el nuevo almacén, se procura que esos chapones se depositen dentro del mismo. De esa forma se consigue un mayor control sobre ese elemento, y el seguimiento por parte del encargado del almacén se facilita.

En función de la información que se recabó de la empresa, no es necesario aumentar la cantidad de espacios designados a chapones. Por lo tanto, se asignan dentro del almacén que se propone cinco espacios de seis metros de largo y dos metros y medio de ancho. Esas dimensiones corresponden a los chapones más grandes con los cuales trabaja la empresa. La figura 47 muestra los arreglos que se mencionan.

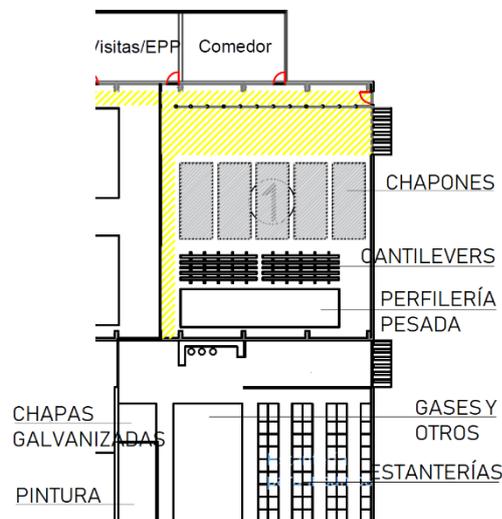


Figura 49: Arreglo del almacén propuesto. Fuente: Elaboración propia

Los cantilévares son un tipo de estanterías diseñadas para el almacenamiento de unidades de gran longitud o con medidas variadas, en este caso barras, perfiles y tubos. Se caracterizan por una estructura muy simple compuesta por columnas y una serie de brazos en voladizo sobre los que se deposita la carga. Estas estructuras ofrecen la posibilidad de situar los brazos a uno o a ambos lados de la estructura. La manipulación de la carga puede

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

realizarse manualmente cuando es de poco peso o mediante auto elevadores o puente grúa cuando son pesadas.

Tanto en la disposición actual como en la propuesta solo se emplean dos cantiléver. Las dimensiones de estas estanterías y su forma correcta de utilización se detallan en la sección correspondiente a la metodología de almacenamiento.

En el almacén propuesto se reserva un espacio de doce metros y medio de largo y tres metros de ancho para colocar perfilera pesada. Esta es la que, por lo general, se usa como correas para el armado de la cubierta. Esta zona es de mayor extensión en comparación a la que posee el almacén actual.

También, en la propuesta, se logra guardar las chapas galvanizadas mucho más cerca de la plegadora que en el escenario actual, siendo la relación entre esta materia prima y el plegado sumamente estrecha. Además, los tubos de gases cuentan con más lugar.

Por último, se propone la utilización de estanterías donde se colocan elementos pequeños como bulones, mangueras, repuestos, consumibles, entre otros, que se retiran manualmente sin necesidad del uso de equipos. Las dimensiones de estas estanterías y su forma correcta de utilización se detallan en la sección correspondiente a la metodología de almacenamiento.

#### 4.2.2 Gestión del almacén

Los almacenes de materias primas e insumos reciben y resguardan diversos tipos de elementos, en el caso de Solana se pueden encontrar chapones, perfilera liviana, perfilera pesada, chapas galvanizadas, pinturas, tubos de gases y otras piezas pequeñas. Debido a las diferencias sustanciales que existen entre los distintos tipos de materias primas e insumos, cada una debe ser abordada de diferente forma. Es decir, se debe aplicar una política de almacenamiento distinta para cada categoría. El objetivo de estas políticas es administrar correctamente los recursos, evitar las fallas de calidad, deterioro de los elementos y proporcionar un método de trabajo seguro para los empleados.

A continuación, se proponen las alternativas para el almacenamiento. En el caso de los chapones, chapas y cantilévers se contrastará el actual método de almacenamiento y se comparará con el propuesto y para el caso de las estanterías se propondrá una nueva distribución. De esta manera aquel método que no sea realizado de manera óptima se puede

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

modificar y en caso de ya sea realizado de manera óptima pueda convertirse en una regla general de trabajo.

#### 4.2.2.1 Cantiléver

En el caso de los cantiléver, se define como una buena práctica almacenar los perfiles de un modo sistemático, que facilite el trabajo y ahorre tiempos, y no de manera aleatoria o según el orden en que se reciban.

Almacenar de manera aleatoria consiste en depositar las barras en el primer espacio libre que se encuentre en el cantiléver. Esta modalidad tiene sus ventajas, por un lado, ahorra tiempo a la hora de descargar el material que arriba a la planta, mientras que, por otro lado, se presentan problemas en el momento de localizarlo cuando se necesita y genera desaprovechamiento de espacio debido al desorden y a la incapacidad de apilar de manera eficiente los perfiles.

En la actualidad los dos cantiléver no poseen posiciones fijas asignadas para cada material. Sin embargo, a cada brazo tiene asignada una letra como se ve en la figura a continuación. Esta denominación permite identificar dónde fue almacenado cada material. El problema de esta metodología es que muchas veces no se toma nota donde es dejado cada material. Por otro lado, el nivel más alto del cantiléver es usado para depositar chapas finas y pallets, lugares que no están diseñados para tal propósito y que generan el riesgo de caída de carga. Por último, hay materiales que no poseen la rigidez suficiente para que sus puntos de apoyo estén tan separados lo que genera un arqueamiento de estos.

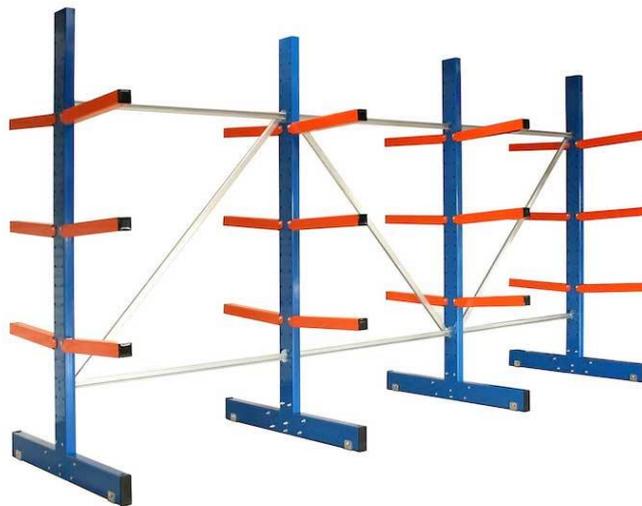


Figura 50: Cantiléver de Solana SRL.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Se propone usar una disposición estática en los cantiléver, esta disposición se caracteriza porque cada clase de perfil tiene un espacio reservado que no cambia. Gracias a esto, los perfiles se pueden localizar con facilidad y se aprovecha mejor el espacio.

Los dos cantiléver cuentan con brazos a ambos lados de la estructura y cada cantiléver cuenta con cuatro niveles distintos, tienen dos metros de altura, seis metros de largo y un metro diez centímetros de ancho. Se propone asignar al nivel más alto y al más bajo el almacenamiento de las piezas con baja rotación, y a los niveles medios las de rotación alta. De esta manera la recolección y el transporte se vuelven más rápidos, fáciles y seguros para las piezas de mayor rotación. La siguiente figura muestra un cantiléver similar al que se describe.



*Figura 51: Cantiléver doble de cuatro niveles. Fuente: Mecalux*

Los perfiles deben colocarse de manera que queden apoyados sobre dos brazos como mínimo, y pueden sobresalir a ambos lados de los brazos hasta un máximo del cincuenta por ciento de la distancia horizontal entre dos brazos contiguos. De esta manera se proporciona un apoyo estable y un reporte de cargas uniforme, tal como se muestra en la figura siguiente.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

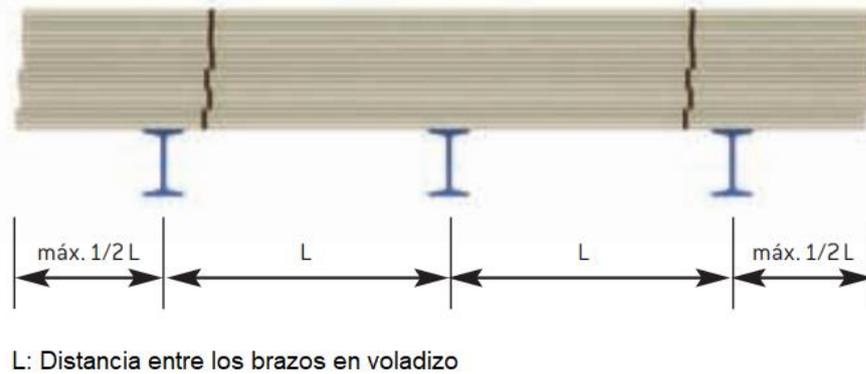


Figura 52: Perfiles colocados sobre brazos. Fuente: Mecalux

#### 4.2.2.2 Estanterías

Las estanterías son un sistema de almacenamiento de existencias, en este caso el depósito y retiro se realiza manualmente. Las dimensiones de las estanterías deben ser adecuadas para que las personas puedan acceder a todos los niveles sin requerir de asistencia mecánica, ya que por el lugar donde se encuentran es imposible el acceso con equipos como auto elevadores.

Se propone un sector formado por tres estanterías dobles y una simple, los pasillos que las separan tienen un ancho de un metro y diez centímetros, todas las estanterías tienen tres niveles. Dicho sector se presenta en la siguiente figura.



Figura 53: Sector destinado a estanterías. Fuente: Elaboración propia

Las estanterías dobles tienen dos unidades de ancho de ochenta centímetros cada una, una altura de dos metros y diez unidades de largo de un metro cada una. La estantería

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

simple es similar a la anterior, pero tiene una sola unidad de ancho. A continuación, se muestra una estantería simple de tres niveles y dos unidades de largo.



Figura 54: Estantería simple. Fuente: Mecalux

Al igual que con los cantiléver, el modo en el que se almacena en las estanterías debe ser sistemático. Esto significa que cada elemento se debe ubicar en un lugar específico, en función de su rotación. Se debe intentar colocar siempre los elementos de mayor rotación en el nivel medio.

Debido a la cantidad de estanterías que se tienen es necesario implementar un sistema de localización para dar seguimiento a los insumos. Se propone, asignar una letra a cada pasillo y un número a cada estantería para poder documentar la ubicación. Además, la extensión de este sector obliga a que los elementos de alta rotación se encuentren lo más cerca posible del encargado, para disminuir las distancias que este recorre.

#### 4.2.2.3 Chapones

Los chapones son las piezas más pesadas que contiene el almacén, las medidas máximas pueden llegar a ser de seis metros de largo, dos metros y medio de ancho y cinco centímetros de espesor y pueden tener un peso de hasta cinco toneladas. Estas características hacen prácticamente obligatorio su almacenamiento horizontal y al nivel del piso.

Los chapones no deben ser almacenados sobre otros con menores dimensiones para evitar que los más grandes sobresalgan. Si no se cumple esta regla, los chapones que se

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

encuentra por arriba tienden a arquearse, debido al efecto de su propio peso y a la falta de apoyo en los lugares donde sobresalen.

Para el correcto almacenamiento de los chapones deben utilizarse bases de madera separadoras. Dichas bases cumplen la función de mejorar la manipulación de los elementos, para facilitar su sujeción cuando son transportados con el puente grúa. La separación generada por las maderas también sirve para evitar marcas, improntas, rayas y abolladuras que deterioran la calidad de la chapa. Las maderas no separan individualmente los chapones, sino que se usan para separar de a grupos a medida que los chapones son descargados del camión.

Las maderas deben cumplir ciertos requisitos, sus dimensiones deben ser de setenta y cinco milímetros de ancho y alto, y deben estar verticalmente alineadas unas con otras como se muestra en la figura 55. Además, deben ser colocadas transversalmente y con un espaciado entre sí de noventa centímetros.

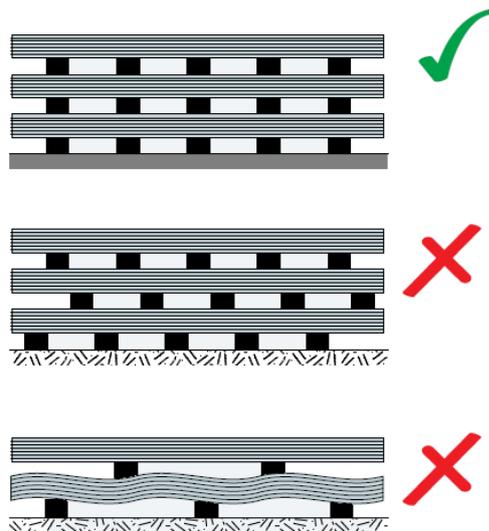


Figura 55: Maderas alineadas verticalmente. Fuente: BlueScope

Además, si se usan maderas en el piso se deben colocar de manera que prevengan el arqueamiento de los chapones y chapas como se muestra en la siguiente figura.

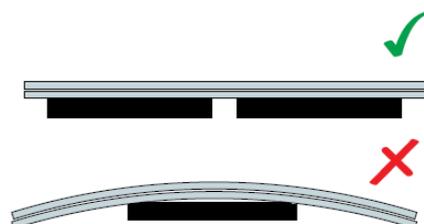


Figura 56: Maderas colocadas en el piso. Fuente: BlueScope

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.



*Figura 57: Chapas en almacén de Solana SRL.*

En la figura anterior se puede ver como las chapas galvanizadas se arquean debido su propio peso, por estar mal distribuidas las maderas colocadas en el piso. También puede observarse que las maderas separadoras en la pila del medio no están alineadas lo cual también genera un arqueamiento.

Por último, pero no menos importante, la distancia entre las distintas pilas de chapones debe ser de al menos medio metro, de manera que haya suficiente lugar para poder acceder sin dificultades. En la siguiente figura, se observa como las distancias mínimas propuestas no se cumplen. Además, los chapones no se encuentran separados entre sí con las maderas.



*Figura 58: Chapones estibados en planta de Solana SRL.*

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

#### 4.2.2.4 Perfilería pesada

La perfilería pesada consiste en vigas de perfiles comerciales que poseen características similares a las de alma llena. La perfilería debe ser almacenada de forma estable y uniforme. Los perfiles deben ser siempre estibados de forma horizontal como se muestra en la figura 59. De esta manera el perfil no puede voltear y caerse, ya que descansa sobre su cara más amplia.

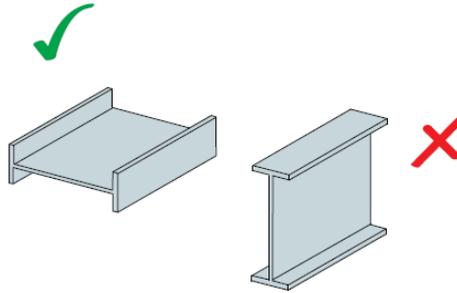


Figura 59: Perfil estibado horizontalmente. Fuente: BlueScope

Cuando se apilen los perfiles, los más anchos deben ser almacenados abajo y los más angostos arriba, como se muestra en la figura 60. De esta manera se logra mayor estabilidad en la pila, lo cual reduce las probabilidades de que esta se caiga.

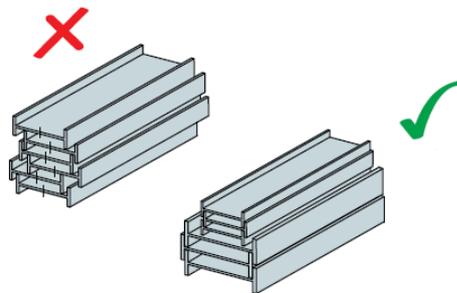


Figura 60: Pila de perfiles. Fuente: BlueScope

Siguiendo con el razonamiento que se usa para la estiba de chapones, las piezas más cortas deben situarse por encima, como se muestra en la figura 58. De esta manera se evita que alguna parte sobresalga, eludiendo así los arqueamientos de la pieza. También se deben depositar de manera que estén alineadas a lo ancho, como se muestra en la figura 59.

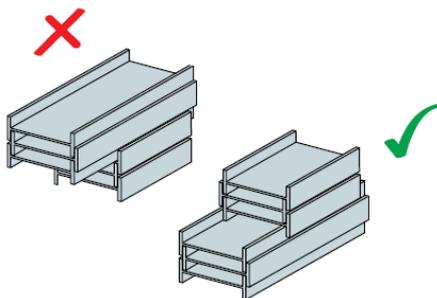


Figura 61: Almacenamiento de perfiles de distintos largos. Fuente: BlueScope

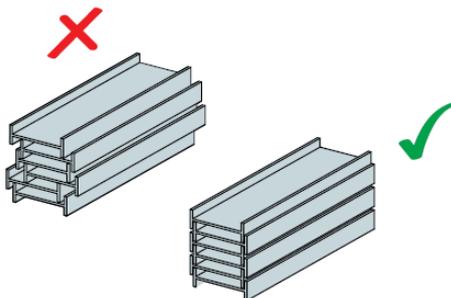


Figura 62: Almacenamiento centrado a lo ancho. Fuente: BlueScope

En caso de usarse las maderas separadoras se deben respetar los mismos principios que se mencionan para los chapones.

#### 4.3 Riesgos asociados y EPP

Según la Ley de Riesgos de Trabajo se llama accidente de trabajo a todo acontecimiento súbito y violento ocurrido por el hecho u en ocasión del trabajo que produce una lesión, es decir, daño o detrimento físico al hombre por el accidente. Por otro lado, la Norma OHSAS 18001 define al riesgo como “combinación de probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso, y la severidad de la lesión o enfermedad ocupacional que puede ser causada por el evento”.

En este apartado se analizarán los distintos riesgos presentes en las actividades que desarrollan dentro de la planta de Solana SRL y se enumerarán cuáles son el conjunto de equipos destinados para ser llevados por el trabajador de manera que se garantice la protección ante los riesgos. Actualmente la empresa cumple con todas las normas de seguridad de acuerdo a la ley vigente.

Riesgos potenciales:

- 1) Carga suspendida: El transporte de los perfiles y chapas en altura puede generar daños en los trabajadores si esta cae, golpea o atrapa alguna parte del cuerpo.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

Por eso es obligatorio el uso de casco en planta para protegerse de la caída de objetos y golpes.

- 2) Aplastamiento: La caída de carga mientras se transporta o cuándo se almacena de manera incorrecta (como se describió en el apartado de perfilería pesada) puede generar el aplastamiento de las extremidades inferiores. Por eso es obligatorio el uso de zapatos con puntera metálica.
- 3) Objetos punzocortantes: La presencia de chapas con aristas cortantes en casi la totalidad de la planta hace indispensable y obligatorio de la utilización de guantes a la hora de manipular dichos elementos.
- 4) Proyección de partículas: En los procesos de soldado y en algunos procesos de corte el riesgo principal asociado son las lesiones en ojos, que en la mayoría de las situaciones se pueden evitar con el uso de los equipos de protección individual: gafas de seguridad o pantallas.
- 5) Exposición al ruido: Debido al tipo de procesos que se llevan a cabo, la planta, posee niveles de ruido muy alto, por lo que la protección auditiva es obligatoria para evitar daños en el oído.
- 6) Humos y radiación de soldadura: El uso de cascos de soldadores durante la soldadura es imprescindible, ya que protegen la cara del salpicado de metales fundidos, proveen protección visual contra la radiación ultravioleta y evita que los humos sean respirados por el operario
- 7) Solventes pulverizados: Durante los procesos de granallado y pintura el uso de protección respiratoria es obligatorio debido a las partículas sólidas y líquidas que se liberan durante los procesos.

#### 4.4 Planificación

Con la siguiente planificación se establece una secuencia lógica de actividades, necesarias para implementar las modificaciones que se proponen. La tabla 23, expone esas actividades en un orden secuencial y muestra la duración aproximada.

Se considera como fecha de inicio del proyecto el 2 de enero del 2019 y como fecha de finalización el 16 de abril del mismo año. Debido a la disminución de la demanda la empresa cuenta con recursos que no están siendo utilizados actualmente, por lo tanto, se pretende aprovecharlos destinándolos a la construcción de las ampliaciones de su planta durante ese periodo.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

Actividad	Descripción	Fecha inicio	Duración	Fecha fin
1	Construir ampliación del almacen	2/1/2019	20	21/1/2019
2	Trasladar chapones al nuevo sector designado	22/1/2019	1	22/1/2019
3	Construir ampliación para equipos	22/1/2019	30	20/2/2019
4	Montar nuevo taller de reparaciones	21/2/2019	2	22/2/2019
5	Trasladar plegadora al nuevo sector designado	23/2/2019	1	23/2/2019
6	Trasladar punzonadora al nuevo sector designado	25/2/2019	1	25/2/2019
7	Trasladar guillotina al nuevo sector designado	26/2/2019	1	26/2/2019
8	Construir ampliación de nave principal	21/2/2019	40	1/4/2019
9	Montar cabinas de pintura y granallado	2/4/2019	12	13/4/2019
10	Trasladar y montar soldadora automatica al nuevo sector designado	15/4/2019	2	16/4/2019

*Tabla 23: Actividades necesarias para implementar las modificaciones. Fuente: Elaboración propia*

Debido a que la planta posiblemente continúe funcionando mientras se llevan a cabo estas actividades y que la nueva disposición implica colocar equipos en lugares donde hoy se encuentran otros elementos, se debe comenzar con la ampliación del almacén. Esto permitirá liberar espacio para maniobrar los equipos.

Luego de finalizar la ampliación del almacén, se debe ampliar el sector de los equipos. En este espacio se debe montar el taller de reparaciones. Luego de que esté correctamente instalado, se moverán las plegadoras y la punzonadora al mismo sector. La guillotina se trasladará en última instancia, ya que ocupa el lugar usado para maniobrar los equipos.

La última ampliación que se debe hacer es la correspondiente a la nave principal, cuando esté terminada habrá lugar para montar las nuevas cabinas de granallado y pintura. Por último, se debe cambiar el lugar de la soldadora automática, montándola a la salida del pantógrafo.

El siguiente diagrama de Gantt expone el tiempo de dedicación previsto para las diferentes actividades que se mencionan en la tabla anterior, respetando las fechas de inicio y de finalización del proyecto.

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

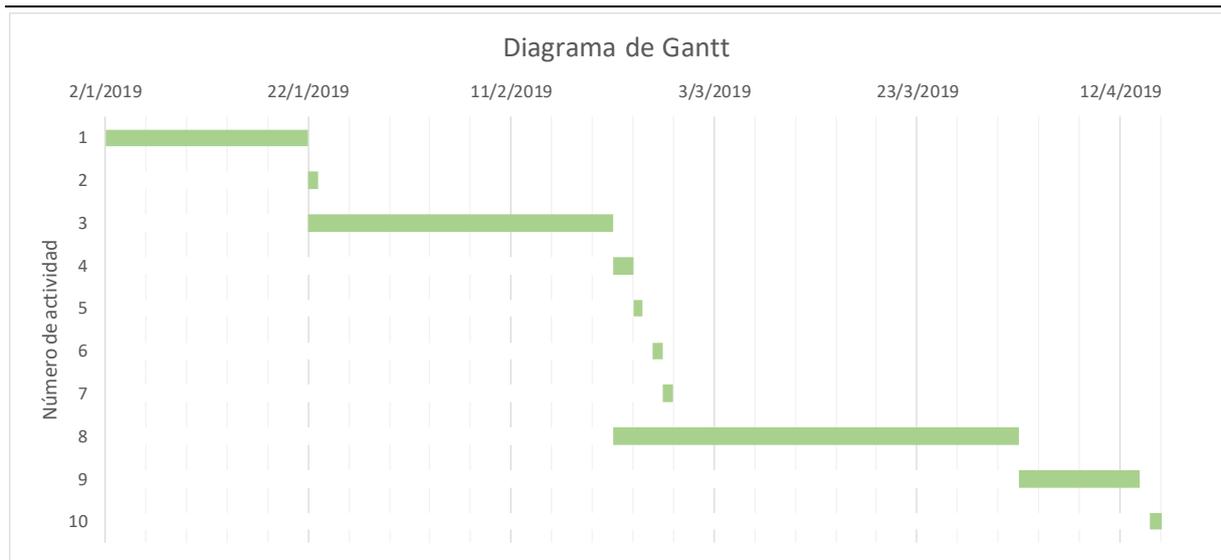


Figura 63: Diagrama de Gantt. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Presupuesto

De todas las actividades que se han detallado previamente, solo aquellas que implican la construcción de ampliaciones tienen un costo asociado. Las otras se pueden realizar sin generar gastos significativos para la empresa. Para llevarlas a cabo se debe emplear una cuadrilla integrada por 10 operarios y 1 supervisor.

La ampliación del almacén deberá tener las siguientes características:

- Dimensiones: 20 x 14 x 3 m (largo x ancho x alto)
- Estructura compuesta por vigas reticuladas
- Cerramiento lateral de chapa
- Cubierta de chapa sinusoidal a un agua
- Cemento alisado en el suelo

La ampliación del sector de equipos deberá tener características similares a las anteriores, excepto por sus dimensiones que serán 30 x 14 x 3 m (largo x ancho x alto). Este tipo de construcción que emplea vigas reticuladas es en una solución sumamente económica.

La ampliación la nave principal deberá tener las siguientes características:

- Dimensiones: 30 x 20,5 x 6 m (largo x ancho x alto)
- Estructura compuesta por vigas de alma llena
- Cerramiento combinado, con bloques de hormigón y chapa

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

- Cubierta de chapa sinusoidal a dos aguas
- Cemento alisado en el suelo

Este tipo de construcción tiene un costo más elevado que el primero, pero es necesario para para que la estructura soporte el peso del puente grúa.

La empresa cuenta con todos los recursos necesarios para llevar adelante estas modificaciones, ya que se dedica a la construcción de naves industriales. Además, puede adquirir las materias primas requeridas a un menor precio. Debido a estas consideraciones, si la empresa decide llevar a cabo este proyecto, su costo se reducirá significativamente. En la siguiente tabla quedan expresados los valores de las construcciones en dólares estadounidenses.

	<b>Metros cuadrados</b>	<b>Costo [US\$/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Total</b>
Ampliación almacén	292	100	\$ 29.200,00
Ampliación sector equipos	452	100	\$ 45.200,00
Ampliación nave principal	623	250	\$ 155.750,00
			\$ 230.150,00

*Tabla 24: Inversión en construcción del proyecto. Fuente: Elaboración propia*

La inversión resulta elevada, pero es necesaria para alcanzar todos los beneficios que se obtienen con la nueva disposición.

## V. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una propuesta de mejora para el lay-out de una planta metalúrgica y establecer una serie de buenas prácticas para estibar correctamente las materias primas e insumos.

Para poder alcanzar estos objetivos, se realizaron visitas a la planta para conocer el proceso que se lleva a cabo en profundidad, durante las cuales se realizaron entrevistas a personas que desempeñan distintos roles para obtener una visión integral del caso.

A partir de la información recabada, se aplicaron técnicas de análisis de flujo y de relación de actividades. Estas técnicas permitieron encontrar un arreglo que simplifique los recorridos de los productos en la planta y también conocer las interacciones entre las distintas operaciones.

La obtención de un arreglo simple y mejorado se basó en el estudio de tres parámetros fundamentales que son la distancia recorrida, el tráfico cruzado y los retrocesos. Al trabajar sobre estos se consiguió, en la propuesta, reducir la distancia recorrida treinta por ciento y evitar todas las situaciones de tráfico cruzado y retroceso. También fue importante para el diseño las relaciones entre las operaciones.

Otro aspecto importante sobre el cual se trabajó es el almacén de materias primas, se aumentó su tamaño significativamente para que pueda recibirlas a todas. Además, se hicieron especificaciones sobre el modo en el que se tiene que estibar cada tipo de materia prima.

En líneas generales, el tamaño total de la planta con las modificaciones que se proponen aumenta treinta y seis por ciento. Si bien puede parecer demasiado, se obtienen considerables beneficios. Estos beneficios permiten una gran fluidez en el funcionamiento de la planta y elevan los niveles generales de organización.

Haciendo uso de una visión integral, se ha detectado la posibilidad de mejorar el proceso que realiza la empresa en su totalidad, por medio de la estandarización de la producción de la planta metalúrgica. Esta estandarización implica que la empresa promueva la comercialización de una serie de naves industriales de medidas o dimensiones normalizadas por ellos. De esta forma, todos los equipos y el personal de la planta se encuentran preparados con antelación para la producción de dichas naves. Gracias a la estandarización la elaboración sería más rápida y eficiente, y a su vez se podría trabajar con

Propuesta de optimización del lay-out de la planta de Solana SRL, extendiendo el análisis sobre la gestión del almacén para desarrollar una nueva metodología de trabajo.

---

cierto stock de productos semiterminados para reducir el tiempo de entrega de la obra terminada.

Esta propuesta acota la variedad y disminuye la participación del cliente en el diseño, además genera un ahorro significativo de gastos y tiempo, principalmente del departamento de ingeniería y el de oficina técnica que calculan y diseñan los planos. Esta oportunidad de estandarización podría brindar a la empresa ventajas competitivas con respecto al tiempo de entrega y costo de sus productos.

Sin embargo, esta propuesta no es el motivo de este trabajo final de carrera. Por lo tanto, no se aborda ni se desarrolla en el cuerpo de este. Esta posibilidad puede ser motivo de análisis de otra tesis.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

MEYERS, F. E.; STEPHENS, M.P. (2006) "Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales". Ed. Pearson. 3ra edición.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. (2008) "Administración de operaciones: procesos y cadenas de valor". Ed. Pearson. 8ta edición.

GAITHER, N.; FRAZIER G. (2004) "Administración de producción y operaciones". Ed. Paraninfo. 8ta edición

SCHROEDER, R. G.; GOLDSTEIN, S. M.; RUNGTUSANATHAM, M. J. (2011) "Administración de operaciones: Conceptos y casos contemporáneos". Ed. McGrawHill. 5ta edición.

BROTÓNS, P. U. (2015) "Construcción de estructuras metálicas". Ed. Club Universitario. 5ta edición.

MCCORMAC, J. C.; CSERNAK, S. F. (2012) "Diseño de estructuras de acero". Ed. Alfaomega. 5ta edición.

GARCÍA, J. M. (1997) "Fundamentos para el cálculo y diseño de estructuras metálicas de acero laminado". Ed McGrawHill.

TROGLIA, G. (2010) "Estructuras metálicas: proyectos por estados límites". Ed. Universitas. 7ma edición.