

Seguimiento y control de procesos operativos mediante tecnologías 4.0 en una empresa de monitoreo de equipos de riego

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Autor:

- Zunda, Nicolás

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, junio 2022



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/).

Seguimiento y control de procesos operativos mediante tecnologías 4.0 en una empresa de monitoreo de equipos de riego

Trabajo Final de la Carrera Ingeniería Industrial

Autor:

- Zunda, Nicolás

Departamento de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, junio 2022

“Seguimiento y control de procesos operativos mediante tecnologías 4.0 en una empresa de monitoreo de equipos de riego”

Nicolás Zunda

Evaluadores:

Mg. Ing. Morcela, Antonio

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Ing. Schualle, Marcos Germán

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Director:

Esp. Ing. Nicolao, Ignacio

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Mar del Plata

Agradecimientos

Quiero agradecer puntualmente a cada persona que participó en este camino de aprendizaje: familia, amigos, familiares de amigos, Angie y su familia. Este logro no es individual, sino que es la consecuencia de años de estudio con acompañamiento incondicional de cada una de las personas nombradas anteriormente.

A Iñaki y todo su equipo, quienes estuvieron continuamente predispuestos a responder mis preguntas y estar abiertos a compartir toda la información necesaria.

A mi director, el Ing. Nicolao, quien fue la guía a lo largo del trabajo y me brindó las herramientas y conocimientos necesarios para la correcta realización del proyecto.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que conforman este espacio de educación pública y trabajan diariamente para que la Facultad funcione y permita que se formen nuevos ingenieros todos los años. La educación pública es una pieza fundamental para el desarrollo del país, y la hacemos entre todos.

Nicolás

Índice General

Índice General	iv
Índice de Figuras	v
Tabla de siglas	vii
Glosario	vii
Resumen	viii
Palabras Clave	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Descripción del servicio.....	3
2.2 Mapa de procesos.....	3
2.3 Herramientas de análisis y modificación de procesos	4
2.3.1 Gestión por procesos.....	4
2.3.2 Control estadístico de procesos.....	5
2.3.3 Diagrama de Pareto.....	5
2.4 Herramientas para la obtención de datos y toma de decisiones	6
2.4.1 Indicadores	6
2.4.2 Cuadro de Mando Integral	7
2.4.3 Series temporales.....	8
2.4.4 Bases de datos	9
2.4.5 Appsheets	9
2.5 Análisis de datos	10
2.5.1 <i>Business Intelligence</i>	11
2.5.2 Software de visualización de datos	11
2.5.3 Limpieza de datos.....	12
III. DESARROLLO.....	14
3.1 Contexto.....	14
3.1.1 Contexto mundial.....	14
3.1.2 Contexto nacional	15

3.1.3 Contexto particular.....	16
3.1.4 Situación problemática.....	17
3.2 Situación actual.....	18
3.2.1 Servicio.....	18
3.2.2 Organigrama Funcional	20
3.2.3 Descripción de procesos involucrados.....	21
3.2.4 Obtención de datos.....	29
3.2.5 Bases de datos	31
3.2.6 Análisis exploratorio.....	33
IV. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA.....	38
4.1 Presentación de resultados del análisis exploratorio	38
4.2 Acondicionamiento de datos	46
4.3 Tablero de control	48
4.3.1 Selección de la herramienta de presentación de datos	48
4.3.2 Métricas y gráficos.....	49
4.4 Recomendaciones de herramienta de gestión de dispositivos	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. BIBLIOGRAFÍA	63
VII. ANEXOS.....	66
ANEXO I	66
ANEXO II	67

Índice de Figuras

Figura 1: Estructura de mapa de procesos..	4
Figura 2: Indicadores de mantenimiento.	7
Figura 3: Mercado de tecnologías aplicadas a la agricultura.....	15
Figura 4: Porcentaje de inversión por rubro tecnológico.	16
Figura 5: Dispositivo con placa central.....	19
Figura 6: Dispositivo con sensor de posición.	19
Figura 7: Organigrama.....	20
Figura 8: Mapa de procesos del área operativa.	22
Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de gestión de equipos.	23
Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de gestión de fallas.	27
Figura 11: Ejemplo de formulario de la herramienta de gestión.	30
Figura 12: Regiones CREA.....	31
Figura 13: Diagrama de flujo de análisis de datos.....	37
Figura 14: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de equipos.....	39
Figura 15: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de fallas.	42
Figura 16: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de órdenes de trabajo.....	45
Figura 17: Pantalla principal del tablero de control.....	50
Figura 18: Pantalla de equipos del tablero de control.	54
Figura 19: Pantalla de fallas del tablero de control.....	55
Figura 20: Pantalla de órdenes de trabajo del tablero propuesto.	57
Figura 21: Base de datos de equipos.....	66
Figura 22: Base de datos de fallas.....	66
Figura 23: Visualización de la base de datos de equipos en la herramienta Tableau Prep Builder.....	67
Figura 24: Visualización de la base de datos de fallas en la herramienta Tableau Prep Builder.	68
Figura 25: Pantalla de la herramienta Google Data Studio.	68

Tabla de siglas

BI: *Business Intelligence*, Inteligencia de Negocios en español

CMI: Cuadro de Mando Integral

GPS: Global Positioning System, Sistema de Posicionamiento Global en español

GTW: Abreviatura de *gateway*, puerta de enlace en inglés

HDW: Abreviatura de *hardware*

ID: Abreviatura de *identification*, identificación en inglés

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

MTTD: *Mean Time To Detect*, Tiempo Medio de Detección en español

MTTR: Mean Time To Repair, Tiempo Medio de Reparación en español

TTD: *Time To Detect*, Tiempo de Detección en español

TTR: *Time To Repair*, Tiempo de Reparación en español

Glosario

Campaña de riego: período temporal en el cual se desarrolla el ciclo productivo de un determinado cultivo. Este tiene diferentes fechas según el cultivo que se desee producir y la zona dónde se haga.

Agtech: rubro surgido por la intersección entre la agricultura y la tecnología. Hace uso de herramientas informáticas teniendo como objetivo optimizar los procesos agropecuarios.

CREA: asociación sin fines de lucro integrada y conducida por productores y empresarios agropecuarios. Tiene como objetivo potenciar y asegurar el buen funcionamiento de las empresas que integran la organización.

Tecnologías 4.0: herramientas utilizadas en la industria 4.0, nombrada así por la cuarta revolución industrial, que se centra en gran medida en la interconectividad, la automatización, el aprendizaje automático y los datos en tiempo real.

Autopsia: paso final de la gestión de fallas de dispositivos. El procedimiento consta del testeo de las placas y el registro de los resultados, teniendo como objetivo determinar la causa raíz del problema.

Resumen

En el presente trabajo se lleva a cabo un estudio de los procesos y un análisis de los datos brindados por el área operativa de una empresa de base tecnológica localizada en Mar del Plata. La empresa, de cuatro años de antigüedad, atraviesa un auge constante desde su inserción en el mercado, pero padece una pérdida de control de los dispositivos de monitoreo considerable. Hoy en día, la gerencia del área utiliza un sistema de medición ineficiente, extrayéndose mensualmente los datos de forma manual para visualizar métricas y gráficos. Este trabajo tiene el objetivo de facilitar y optimizar la toma de decisiones del gerente del área por medio de un tablero de control que contenga toda la información necesaria para superar el nivel de servicio ofrecido a los clientes actualmente. El desarrollo comienza con un análisis del contexto en el que se encuentra la empresa. Tanto a nivel global, como a nivel nacional particularmente, se ha detectado que el entorno en el que se desarrolla la organización es incipiente pero sumamente próspero. Posteriormente, se ha desarrollado un relevamiento y diagramación de los procesos operativos de la empresa determinados por el alcance, los cuales abarcan las tareas de gestión de dispositivos y fallas, para luego detallar las bases de datos utilizadas en dichos procedimientos. Se ha descrito, además, la herramienta central de los procesos de gestión y se han expuesto sus principales falencias por falta de robustez en la base de datos, límite de usuarios y falta de versión fuera de línea entre otros. Se han extraído los registros de las bases de datos descritas y se ha realizado un análisis exploratorio. Los resultados brindan información sobre las zonas de riesgo donde la empresa no está presente, las más de 500 fallas detectadas y las áreas con mayor densidad de técnicos de reparación entre otras características. En base a los análisis realizados, se propone un tratamiento de datos adecuado y un tablero de control compuesto por cuatro pantallas vinculadas a los procesos específicos. Por último, se brindan recomendaciones básicas para el desarrollo de una herramienta de gestión que solucione las principales problemáticas detectadas en el desarrollo.

Palabras Clave

tablero de control, análisis de datos, indicadores, internet de las cosas, agrotecnología, inteligencia de negocios.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en realizar un relevamiento que permita desarrollar un tablero de control para el área operativa de una empresa de base tecnológica, encargada de monitorear equipos de riego por medio de sensores interconectados.

La empresa pertenece al rubro de las *Agtech*, un sector incipiente con fuerte crecimiento en los últimos años, nacido por la intersección entre agricultura y tecnología. Las operaciones agrícolas de hoy en día funcionan de manera muy diferente a las de hace algunas décadas, principalmente debido a los avances en desarrollos de dispositivos, sensores, máquinas y tecnologías de la información. Los productores agrícolas contemporáneos utilizan habitualmente herramientas sofisticadas como imágenes aéreas, sensores de temperatura y humedad, drones o GPS.

Si bien la empresa atraviesa un fuerte crecimiento debido a su sistema innovador, el servicio se ve debilitado por la falta de control de los dispositivos en campo. El servicio ofrecido depende exclusivamente de los datos extraídos de los sensores conectados en las máquinas de riego, por lo que una falla en uno de estos hace inútil todo el sistema de muestreo diseñado. El incremento consistente de las máquinas a monitorear, y por ende de los territorios a cubrir, exige al área operativa de la empresa ser eficiente en responder rápidamente a todo tipo de inconveniente que se presente.

Además de la problemática previamente descrita, el área operativa no posee una herramienta que le permita conocer la calidad del servicio entregado a los clientes en tiempo real. La falta de un tablero de control dificulta la toma de decisiones del encargado del área, el cual no sólo debe gestionar las fallas en los sensores, sino también afrontar el fuerte crecimiento de la demanda previsto por los altos mandos.

La situación planteada se vuelve un desafío interesante de afrontar haciendo uso de los conceptos y herramientas vistos durante la carrera.

Objetivo general

Para el presente trabajo se establece como objetivo general relevar, explorar y analizar los datos provenientes de los sistemas de información con el fin de establecer métricas e indicadores claves de desempeño que puedan ser plasmados en un tablero de control permitiendo así vigilar los procesos del área.

Objetivos específicos

El objetivo general presentado se aborda en conjunto con los siguientes objetivos específicos:

- relevar y analizar los procesos operativos
- identificar, clasificar y relevar los datos operativos
- evaluar y seleccionar las tecnologías 4.0 para exploración y análisis de datos
- analizar los datos provistos por dichos procesos
- definir métricas e Indicadores Clave de Desempeño para el control de los procesos
- brindar recomendaciones y/o especificaciones básicas para el diseño de una herramienta informática que automatice la adquisición de datos y la presentación de los indicadores

Alcance

El análisis se limita a los procesos de gestión de equipos instalados y de fallas dentro del área operativa, encargada de administrar los dispositivos y sensores (fabricación, gestión e instalación), mantener y monitorear los mismos y ofrecer el servicio técnico a los clientes.

Estructura del trabajo

El documento está constituido por siete secciones principales. La primera es la introducción, en donde se presenta y describe la situación a desarrollar, se definen el objetivo general y los específicos y se presenta la estructura y alcance del trabajo. Luego se presenta el marco teórico, el cual consiste en la presentación de los fundamentos teóricos.

Posteriormente, como tercera sección, se presenta el desarrollo dividido en dos bloques. En el primero se diagnostica la situación problemática y en el siguiente se presenta la situación actual del área bajo estudio.

El cuarto bloque está conformado por los resultados y análisis obtenidos del desarrollo previamente descrito. Las últimas secciones constituyen las conclusiones, la bibliografía y anexos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción del servicio

Los equipos de aspersión sufren dos o tres averías en promedio por campaña (o ciclo completo) de riego, como podría ser el encajado del equipo o una rotura en la bomba de agua. Cuando estas fallas no son atendidas a tiempo, se pueden generar considerables desperdicios de valiosos recursos tanto como electricidad, agua o combustible y daños en el cultivo al que es aplicado ocasionado por exceso o déficit hídrico.

Por temor a estas pérdidas, los productores, que en su mayoría no residen en el campo, malgastan su tiempo y dinero afrontando largos viajes de supervisión con la única finalidad de corroborar que los equipos continúan funcionando correctamente. Además, carecen de información en tiempo real que les permita ajustar sus estrategias de riego para maximizar su productividad.

Básicamente, el objetivo del servicio es ayudar a los productores agrícolas a regar eficientemente. Para esto, se toman datos de sus equipos de riego por medio de dos sensores instalados en la máquina, uno mide las posiciones y otro las presiones en la bomba de agua.

Los clientes consumen el servicio recibiendo información procesada por la plataforma en tres formatos distintos. El primero consiste en la notificación mediante alertas SMS en caso de que una falla se presente. Luego, se encuentra la aplicación que brinda información en tiempo real del estado de los equipos de riego. Por último, se brinda un servicio de reportes periódicos que asisten a la toma de decisiones del productor agrícola.

2.2 Mapa de procesos

El mapa de procesos o red de procesos es un gráfico que muestra la estructura de la organización donde se evidencia la interacción de los procesos que posee una empresa para la prestación de sus servicios (Herrera Fontalvo *et al*, 2010). Sencillamente, esta herramienta es útil para proporcionar una visión de alto nivel de los procesos que componen el sistema y cómo se interrelacionan entre sí sus componentes.

Para diagramar los procesos, se dividen a los mismos en tres tipos (Conexión ESAN, 2016):

- procesos claves: son aquellos directamente relacionados a los servicios prestados. Se centran en aportar valor y su resultado es percibido por el cliente o usuario
- procesos estratégicos: son sentados por la alta dirección y buscan definir cómo opera el negocio y la manera en la que se crea valor. Constituyen el soporte de

la toma de decisiones relacionadas con la planificación, proporcionando directrices y límites al resto de los procesos

- procesos de apoyo: sirven de soporte a los procesos claves y estratégicos. Pese a ser menos importantes desde un punto de vista estratégico, condicionan el desempeño de procesos superiores determinando el éxito o el fracaso de los mismos

Existiendo diferentes configuraciones del mapa de procesos, en este caso se utiliza la clasificación clásica. En el momento de distribuir los procesos espacialmente, los procesos estratégicos se colocan en la parte superior del mapa, los auxiliares o de soporte en la inferior y los operativos en la parte media, donde habitualmente se representa la cadena de valor (Pardo Álvarez, 2018). En la Figura 1 se presenta un ejemplo de la disposición explicada.

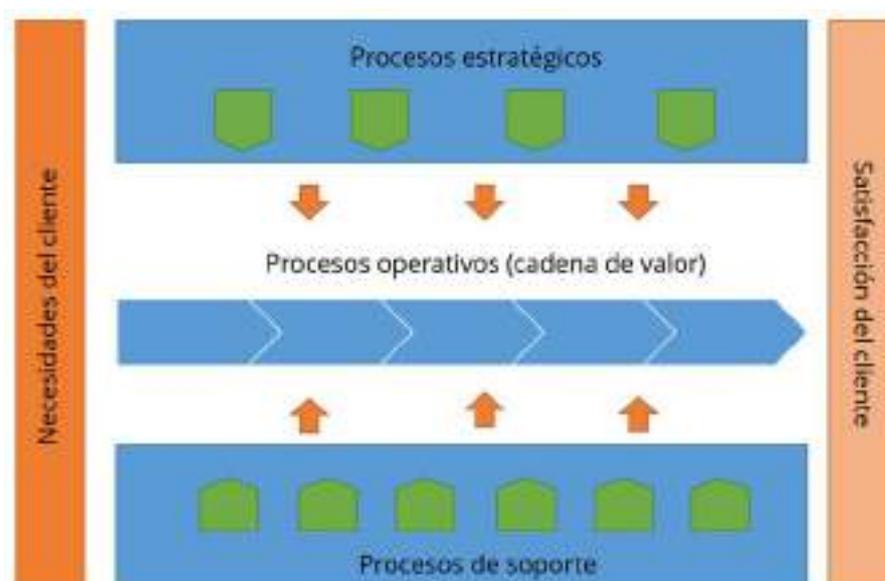


Figura 1: Estructura de mapa de procesos. Fuente: Configuración y usos de un Mapa de Procesos, Pardo Álvarez (2018).

2.3 Herramientas de análisis y modificación de procesos

En las siguientes secciones, se describen las herramientas utilizadas para el estudio, control y representación de los procesos de una organización.

2.3.1 Gestión por procesos

La estructura organizativa ha evolucionado en función a los requerimientos del enfoque organizacional. Es por esto que ha surgido un nuevo concepto de diseño estructural que considera que toda organización se puede comprender como un sistema de procesos interconectados.

El modelo de Gestión por procesos, buscar orientar las directrices de la organización mediante la satisfacción de las expectativas de sus partes interesada (clientes, proveedores, accionistas, empleados, sociedad) y a qué hace la empresa para satisfacerlos, en lugar de focalizarse en los aspectos estructurales como la cadena de mando y las funciones departamentales (Mallar, 2010).

Como afirma Bravo Carrasco (2006), la Gestión por procesos facilita una visión sistémica de la organización, permitiendo ver todo el panorama, apreciando sus componentes y definiendo sus características específicas.

2.3.2 Control estadístico de procesos

Se conoce al control estadístico de procesos como la aplicación de herramientas estadísticas para determinar si el resultado de un proceso coincide con lo diseñado (Carro Paz *et al*, 2000). Esta técnica suele utilizarse para informar a la gerencia si los cambios hechos en los procesos han tenido repercusiones positivas. La positividad de las modificaciones se puede ver como un aumento en la cantidad de productos elaborados, número promedio de quejas disminuido o una reducción en la cantidad de piezas desechadas.

Entre los principales beneficios que presenta el uso de esta aplicación se encuentra:

- facilita la supervisión del rendimiento en tiempo real, permitiendo la detección de fallas y la intervención temprana en proceso
- permite evaluar el proceso entre los límites de tolerancia previamente establecidos
- se centra en el control de la variabilidad por causas asignables. Estas, al poseer efectos definidos, predecibles y eliminables a la hora de trabajar las causas
- el uso del control estadístico de procesos, aplicable a cualquier organización, proporciona datos sumamente útiles para la toma de decisiones en relación con el proceso bajo estudio

2.3.3 Diagrama de Pareto

El principio o regla de Pareto nos dice que, para diversos casos, el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. El diagrama, de mismo nombre, consiste en un gráfico de barras que muestra de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados.

Es una herramienta sumamente útil para concentrar los esfuerzos en las problemáticas más importantes y por lo tanto para reconocer las oportunidades de mejora del proceso (Galgano, 1995).

2.4 Herramientas para la obtención de datos y toma de decisiones

En los siguientes apartados se describen teóricamente los instrumentos necesarios para el tratamiento y representación de los datos que permitan controlar los procesos bajo estudio.

2.4.1 Indicadores

Las metas que proponen las organizaciones deben precisarse en expresiones medibles, que sirvan para exponer cuantitativamente el desempeño de los procesos bajo estudio, y son los indicadores quienes se encargan de esto. Los indicadores son necesarios para optimizar: "Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre" (Lord Kelvin).

Los indicadores se podrían definir como relaciones de datos numéricos y cuantitativos aplicados a la gestión logística que permiten evaluar el desempeño y resultado de cada proceso. Pueden ser medidas, números, hechos, opiniones o percepciones que señalen situaciones específicas (Mora García, 2012).

Se pueden destacar las siguientes funciones que un indicador podría cumplir:

- controlar la evolución en el tiempo de los principales procesos
- servir de base para la adopción de medidas en base a la distinción de patrones efectivos
- asistir a la planificación
- racionalizar el uso de la información

Mean Time to Repair (MTTR)

El Tiempo de Reparación (TTR por sus siglas en inglés) es la duración para poner en funcionamiento nuevamente el equipo que ha dejado de funcionar después de que la falla haya sido descubierta (Fernández Sierra *et al*, 2020). Es necesario aclarar que la definición de este parámetro varía de acuerdo con el autor, en este caso se emplea el utilizado por la empresa.

Un indicador derivado de este es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR por sus siglas en inglés), el cual es el promedio de los valores de reparación de cada una de las fallas. Se calcula como la suma del tiempo de inactividad por falla dividido por el número total de fallas.

Mean Time to Detect (MTTD)

El Tiempo de Detección (TTD por sus siglas en inglés) es otro indicador clave de mantenimiento y se refiere al tiempo que transcurre entre el inicio de un incidente y su descubrimiento. Básicamente, indica el tiempo que tarda una organización en descubrir o detectar problemas.

El indicador derivado de este, el Tiempo Medio de Detección (MTTD por sus siglas en inglés), es el tiempo promedio de los valores de detección de cada falla.

En la Figura 2 se presenta un diagrama que indica los tiempos bajo estudio.

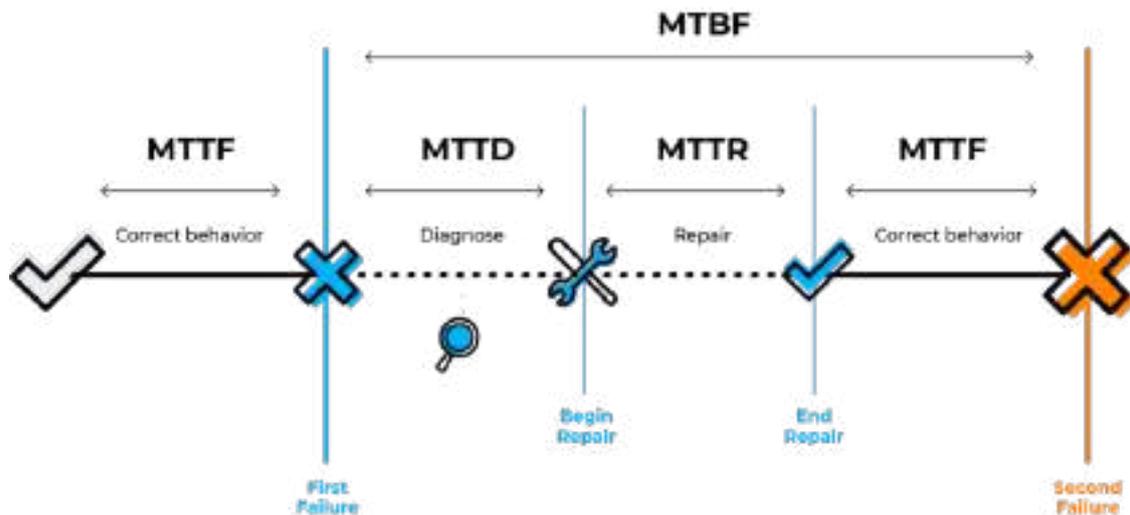


Figura 2: Indicadores de mantenimiento. Fuente: Plutora.com

2.4.2 Cuadro de Mando Integral

Se podría describir al Cuadro de Mando Integral (CMI) como un resumen de la información más relevante de un proceso con el propósito de apoyar la toma de decisiones de los gerentes de la organización (Cáceres, 2012). Es una herramienta que proporciona una visión general de la empresa, complementando diferentes tipos de indicadores establecidos estratégicamente por los altos mandos.

El CMI puede contener las siguientes perspectivas (Kaplan *et al*, 2002):

- financiera: sintetiza los resultados económicos de las acciones tomadas previamente
- cliente: contempla la satisfacción, fidelidad, adquisición, y la rentabilidad de los clientes como también la cuota de mercado en los segmentos estudiados
- procesos internos: considera métricas y gráficos de los procesos claves en busca de optimizar la toma de decisiones relacionados a los mismos

- aprendizaje y conocimiento: precisa la estructura que la organización debe construir para asegurar un crecimiento a largo plazo. Utiliza como entradas las personas, sistemas y procedimientos de la propia compañía

Kaplan y Norton proponen la siguiente secuencia de pasos con el objetivo de construir un tablero capaz de poner a prueba los objetivos estratégicos de la empresa por medio de indicadores y gráficos:

- definición de estrategia: se trata del paso más importante, en donde se define la planeación estratégica. En este paso se define la misión, visión y estrategia a seguir teniéndose en claro el contexto de la organización y su segmento de mercado
- estructurar la estrategia: teniéndose en cuenta las cuatro perspectivas descritas anteriormente, se construye la estrategia vinculada al tablero a diseñar
- definición de métricas: este paso contempla la desagregación de los objetivos estratégicos en métricas medibles. Además, se definen las metas alineándolas con las responsabilidades de cada proceso y puesto laboral
- definición del método de reporte de los datos: consiste en responder una serie de preguntas que permiten estructurar la información y terminar de construir el tablero que permite controlar los procesos de la organización

2.4.3 Series temporales

Se puede definir a las series temporales como secuencia ordenada de valores de una variable en intervalos de tiempo igualmente espaciados. Se distinguen dos usos generales para estos modelos: la primera tiene que ver con la observación directa de las fuerzas y estructuras que generaron los datos, y la segunda con la previsión, seguimiento, retroalimentación y control anticipativos de los procesos estudiados.

El análisis de estas series tiene en cuenta el hecho de que los datos tomados a lo largo del tiempo pueden tener una estructura interna (como autocorrelación, tendencia o variación estacional) sumamente útil para comprender y optimizar los flujos de la empresa.

Algunas aplicaciones para este tipo de modelos son:

- pronóstico económico
- pronóstico de ventas
- proyecciones de rendimiento
- análisis de inventario

- análisis del mercado de valores

Medias móviles

La media móvil se utiliza en series con valores fluctuantes o “ruidosas” para distinguir su tendencia. “Como su nombre bien indica, media móvil es un promedio de los valores de la serie desplazándose de un extremo a otro de la misma y sustituyendo esos valores por el resultado del promedio” (Armando, 1994).

La media móvil se calcula como el promedio de los valores de los N períodos anteriores, es decir, sumando los datos de N períodos y dividiendo esa suma por N.

2.4.4 Bases de datos

Básicamente, una base de datos es un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada (Gómez Fuentes, 2013). La empresa multinacional de *software* Oracle las define formalmente como “Una base de datos es una recopilación organizada de información o datos estructurados, que normalmente se almacena de forma electrónica en un sistema informático”. Además, agregan “Los datos de los tipos más comunes de bases de datos en funcionamiento actualmente se suelen utilizar como estructuras de filas y columnas en una serie de tablas para aumentar la eficacia del procesamiento y la consulta de datos. Así, se puede acceder, gestionar, modificar, actualizar, controlar y organizar fácilmente los datos”. (Oracle, 2022).

2.4.5 Appsheet

AppSheet es una plataforma de desarrollo sin código que permite a cualquier persona sin experiencia en codificación crear aplicaciones móviles y web. Da la posibilidad de crear aplicaciones a partir de diversas fuentes de datos, como Google Sheets, Excel, Cloud SQL, y otros (Google, 2022).

“Las aplicaciones son dinámicas y se pueden utilizar en todos los dispositivos móviles o navegadores. Puedes diseñar su interfaz a partir de plantillas para crear listados, mapas, calendarios, paneles de control y mucho más. Además, puedes incorporar flujos de trabajo automatizados en las aplicaciones para realizar tareas como enviar notificaciones, generar correos, crear informes personalizados y modificar los datos de cualquier fuente conectada.” (Saez, 2021).

2.5 Análisis de datos

El análisis de datos es el proceso de recopilar, modelar y analizar datos para extraer información que respalde la toma de decisiones. Ya sea que se trate de estudios de mercado, estudios de productos, posicionamiento, reseñas de clientes, análisis de sentimientos o cualquier otro problema para el que existan datos, el análisis de datos proporciona la información necesaria para una correcta toma de decisiones.

Se pueden distinguir cinco tipos de análisis diferentes, los cuales van en aumento de su complejidad, pero también de su valor agregado (Cote, 2021):

- análisis descriptivo: Se define como el “que pasó” y es el punto de partida de cualquier proceso analítico. Se hace ordenando, manipulando e interpretando datos sin procesar de varias fuentes para convertirlos en información valiosa. Es importante mencionar que este análisis por sí solo no permite predecir resultados futuros ni dar las respuestas del por qué sucedió algo, pero brinda los datos organizados y listos para realizar más análisis
- análisis exploratorio: Como su nombre indica, el objetivo principal es explorar. Está categoría se refiere al proceso de realizar investigaciones iniciales sobre los datos para descubrir patrones, detectar anomalías, probar hipótesis y verificar suposiciones con la ayuda de estadísticas resumidas y representaciones gráficas (Patil, 2018). Para llevar a cabo este análisis, se hace uso de fórmulas y gráficos como puede ser:
 - contadores
 - promedios
 - análisis de variables
 - análisis de campos vacíos
 - gráficos de torta
 - gráficos de barras
 - gráficos temporales
 - diagrama de caja
- análisis diagnóstico: Se centran en el “por qué sucedió”. Se lo puede definir como el proceso de utilizar datos para determinar las causas de las tendencias y las correlaciones entre las variables
- análisis predictivo: Se lo puede describir como el uso de datos para predecir tendencias y eventos futuros. Utiliza datos históricos para pronosticar escenarios potenciales que pueden ayudar a impulsar decisiones estratégicas

- análisis prescriptivo: Es el proceso de usar datos para determinar un curso de acción óptimo. Estas se cruzan con el análisis predictivo en relación con el uso de patrones o tendencias para desarrollar estrategias comerciales prácticas

2.5.1 Business Intelligence

La inteligencia de negocios (BI por sus siglas en inglés) es un término que incorpora procesos, herramientas, tecnologías para convertir datos en información e información en conocimiento para conducir de forma eficaz las actividades de los negocios (Cano, 2007).

Las herramientas que usualmente se utilizan al aplicar estas técnicas son:

- planillas de cálculo: *Software* como Microsoft Excel o Google Sheets suelen ser las herramientas de BI más utilizadas
- software de reportes: Este tipo de herramientas se utilizan para informar, organizar, filtrar y mostrar datos
- software de visualización de datos: Estos traducen conjuntos de datos en representaciones gráficas fáciles de leer
- herramientas de minería de datos: Este grupo extrae grandes cantidades de datos en busca de patrones utilizando diferentes técnicas como inteligencia artificial, aprendizaje automático y estadísticas

La importancia de la inteligencia de negocios continúa creciendo a medida que las empresas enfrentan un flujo cada vez mayor de datos sin procesar y los desafíos de obtener información a partir de enormes volúmenes de información.

2.5.2 Software de visualización de datos

Las herramientas de visualización de datos brindan una manera fácil de crear representaciones visuales de extensos conjuntos de datos. Estas visualizaciones de datos se pueden usar para una variedad de propósitos: tableros, informes anuales, materiales de ventas y *marketing* y prácticamente cualquier otra información que deba interpretarse de inmediato (Universia, 2022).

Se destacan las tres herramientas más populares utilizadas en este entorno:

- Tableau: Tiene una variedad de opciones disponibles, que incluyen una aplicación de escritorio, servidores y una opción limitada pero útil gratuita. La herramienta también permite a sus usuarios preparar, limpiar, formatear sus datos y luego crear visualizaciones para obtener información práctica que se puede compartir con otros usuarios

- Power BI: Microsoft Power BI es un conjunto de herramientas de análisis empresarial basado en la *web* que se destaca en la visualización de datos. Debido a que está basado en la *web*, se puede acceder desde cualquier dispositivo. Este *software* también permite a los usuarios integrar sus aplicaciones y entregar informes y paneles en tiempo real
- Data Studio: Es una herramienta gratuita de Google que permite a los usuarios realizar informes personalizados mediante datos de las diferentes herramientas de marketing de Google y otras fuentes externas. Comenzó formando parte de la herramienta paga Google Analytics 360. En febrero de 2017, la empresa tecnológica anunció informes gratuitos e ilimitados. Posteriormente, la versión gratuita Google Data Studio ha ido consiguiendo potentes funciones y mejoras de usabilidad

2.5.3 Limpieza de datos

La limpieza de datos implica detectar y resolver posibles inconsistencias o errores de datos para mejorar su calidad. La limpieza es un paso clave antes de que se pueda realizar cualquier tipo de análisis.

Los datos pueden ser desarreglados por varias razones. Por ejemplo, los números pueden tener un formato inconsistente, los registros pueden duplicarse, algunos registros pueden usar términos diferentes o los valores nulos pueden no ser tratados correctamente.

Se destacan 4 fases para concluir la limpieza de los datos estudiados (Van den Broeck *et al*, 2005):

- detección: Implica buscar sistemáticamente características sospechosas en los cuestionarios de evaluación, bases de datos o conjuntos de datos. Ejemplos de estas inconsistencias pueden ser:
 - datos erróneos o duplicados
 - inconsistencias estructurales
 - valores atípicos no deseados
 - datos faltantes
- diagnóstico: Es donde se identifica la naturaleza de los datos defectuosos
- tratamiento: Involucra el accionar sobre los defectos detectados, borrando o editando los datos erróneos
- documentación: Por último, se hace un registro de los errores detectados como así también de los cambios efectuado

Tableau Prep Builder

La empresa de *software* de visualización de datos, Tableau, ha desarrollado una herramienta de preparación de datos cuyo objetivo es automatizar el proceso de limpieza. El *software* le facilita a los analistas la limpieza, combinación y cualquier otro tratamiento de datos (Tableau, 2022). A continuación, se detallan los aspectos más sustanciales de la herramienta:

- conexión de fuentes de datos: Se permite la utilización de una gran cantidad de bases de datos presentadas en diferentes formatos como pueden ser MySQL, Microsoft Excel, Microsoft Access, PDF o CSV
- limpieza de datos: Mediante la visualización de las tablas en la pantalla principal, la herramienta brinda una amplia variedad de funciones para acondicionar los datos en base a los requerimientos. En este paso se pueden utilizar filtros, renombrar campos, reemplazar valores nulos, agrupar y eliminar campos entre otros
- tratamiento de tablas: Se ofrece la posibilidad de unir, dividir y recalcular tablas de una forma visual y sencilla
- visualización de flujos: La pantalla principal presenta los pasos de limpieza creados y las bases de datos utilizadas en un mismo diagrama de flujo dinámico, en donde se pueden reutilizar y eliminar pasos sencillamente

III. DESARROLLO

3.1 Contexto

La empresa responde a un mercado tecnológico sumamente globalizado por lo que, al momento de analizar el contexto en el que la organización se encuentra, es necesario conocer el entorno tanto a nivel mundial como local y particular.

3.1.1 Contexto mundial

Según un estudio desarrollado en 2016 por la consultora inglesa Deloitte, el rápido crecimiento de las empresas tecnologías agropecuarias se debe al siguiente conjunto de factores:

- crecimiento de la población: se estima que la población va a alcanzar para 2050 un total de 10 mil millones de personas. Esto quiere decir que el sector debe satisfacer una demanda creciente con el correr de los años, haciendo uso de nueva tecnologías y formas de producción
- urbanización: el movimiento de la población rural a los centros urbanos, genera la necesidad de nuevas tecnologías capaces de controlar los procesos agrícolas a distancia
- tecnología agrícola: el uso de estas herramientas permite aumentar la producción, mejorar los rendimientos y reducir los costos
- cambios climáticos: la alteración de las situaciones meteorológicas lleva a la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que permitan controlar y resolver estos problemas

De acuerdo con un informe realizado por una consultora alemana el mercado global de agro tecnología ha alcanzado los 9000 millones de dólares durante el año 2020 y se espera que el valor aumente exponencialmente obteniéndose más de 22000 millones de dólares en el año 2025. Además, como se presenta en la Figura 3, más del 50% de los ingresos durante el pasado año corresponden a la región de Norte América, seguido por el continente europeo. (Statista, 2021).

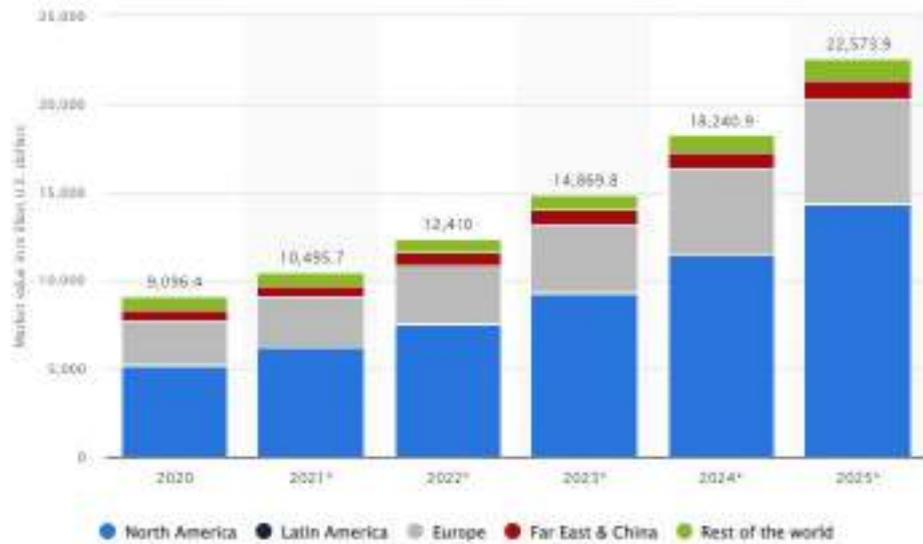


Figura 3: Mercado de tecnologías aplicadas a la agricultura. Fuente: Statista, 2021.

Además, se debe distinguir el surgimiento de los Ecosistemas *AgTech* (o Agroindustria 4.0), denominado así por la unión de los terminas *Agriculture* (Agricultura, en inglés) y *Technology* (Tecnología en inglés), la cual es una herramienta para asociar e incubar tecnologías y proyectos. Existen algunos ejemplos que se destacan por su avance y dinamismo y que pueden considerarse líderes a nivel global. Entre los ecosistemas *AgTech* más destacables del mundo se encuentra el de Tel Aviv (Israel), Ámsterdam (Holanda), St. Louis (Estados Unidos), Nueva Zelanda y Piracicaba (Brasil) (Endeavor Argentina, 2021).

3.1.2 Contexto nacional

El crecimiento de empresas orientadas a este rubro en un país que posee más del 30% de exportaciones de origen agropecuario (INDEC, 2021) representa una oportunidad inmejorable para mejorar la productividad por medio de soluciones tecnológicas.

El Ecosistema *AgTech* de Argentina es emergente con casi 100 empresas, donde solo 7 de ellas poseen más de 5 años de antigüedad. En este marco, el 70% de las compañías estudiadas facturaron menos de 1,5 millones de dólares durante el 2018. De estas empresas, el 57% ofrece sus servicios a nivel nacional (Navarro *et al*, 2019).

En cuanto a la inversión, encontramos al *AgTech* como la tercera tecnología emergente con mayor inversión del país, detrás de las tecnologías orientadas a la biología y a finanzas respectivamente (ARCAP, 2021). En la Figura 4 se presentan los porcentajes de inversión durante el pasado año.

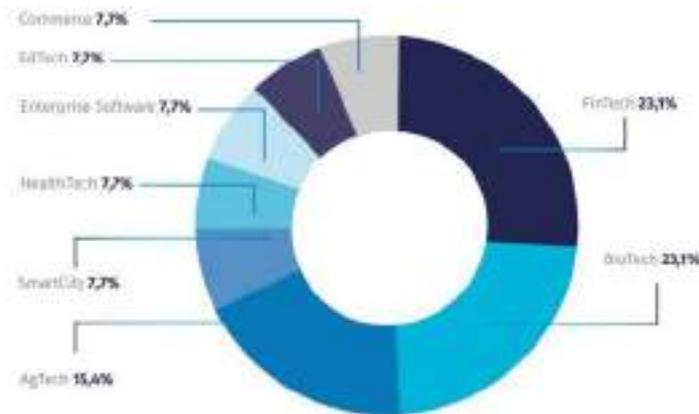


Figura 4: Porcentaje de inversión por rubro tecnológico. Fuente: Asociación Argentina de Capital Privado (ARCAP, 2021)

3.1.3 Contexto particular

La empresa bajo estudio, de cuatro años de antigüedad, se encuentra viviendo un proceso de fuerte crecimiento desde su nacimiento. El desarrollo de estas tecnologías a nivel mundial, sumado al impetuoso mercado agrícola nacional y regional, dan como resultado un resultado sumamente esperanzador para la compañía.

Según los objetivos anuales fijados por los gerentes de la empresa, se busca aumentar la cantidad de equipos monitoreados más de un 300% en 2022, llegando a ofrecer el servicio de vigilancia a 1370 equipos. Además, se pretende atender 2 nuevos mercados internacionales, de los cuales uno ya ha sido logrado, estableciendo un vínculo comercial con productos mexicanos.

A pesar del fuerte crecimiento comercial, la falta de control de los dispositivos es un problema inminente para una empresa con un limitado personal operativo. Durante el 2021, se contrataron 9 técnicos distribuidos por el país, en búsqueda de reforzar el área y disminuir el tiempo de respuesta ante fallas. Usualmente, la labor de los operarios se ve dificultada por el amplio territorio que deben cubrir y los cortos plazos de entrega que deben cumplir.

Hoy en día, el gerente del área operativa cuenta con una débil y acotada herramienta para la toma de decisiones. El *software*, utilizado en su versión gratuita y por lo tanto limitada, posee información de los equipos instalados, las fallas en los dispositivos y los técnicos de campo. Si bien la herramienta funciona, no se cuenta con un panel de control que permita

conocer, por medio de indicadores y gráficos, la situación actual del área. Es por este motivo, que se requiere la formulación de un tablero de control que permita eficientizar el sistema de servicio ofrecido por la empresa.

3.1.4 Situación problemática

La empresa ha detectado grandes dificultades por las frecuentes adversidades técnicas que se presentan en los dispositivos de monitoreo, las cuales no solo afectan al nivel de servicio ofrecido a los clientes, sino que también impactan negativamente a los costos por mantenimiento e inventarios de seguridad. El monitoreo de los equipos en funcionamiento se ha vuelto una tarea clave debido a la cantidad de dispositivos en operación y las grandes distancias entre ellos.

Hoy en día, la empresa cuenta con un sistema de seguimiento y medición sumamente manual e ineficiente, en donde se extraen de forma individual los datos necesarios para el control de los procesos con una frecuencia de una vez por mes. Los datos, extraídos de las plataformas desarrolladas por la misma empresa, son de utilidad para conocer los resultados de las decisiones tomadas por los encargados del área, pero el proceso se ha vuelto tan laborioso que han empezado a presentarse resultados poco confiables. Además, el área cuenta con datos y métricas completamente ignoradas que podrían ser de gran utilidad para conocer la situación actual del equipo.

Según los objetivos planteados por la empresa, se busca aumentar los equipos en servicio exponencialmente y ampliar su mercado al exterior, por lo que se debe automatizar la presentación de los datos y aumentar la frecuencia de muestreo en pos de optimizar el nivel de servicio para mantener y ampliar la cartera de clientes.

Frente a las posibilidades de mejora planteadas anteriormente, se busca desarrollar un panel de control capaz de ofrecer un mejor seguimiento con el fin de:

- permitir medir el cumplimiento de los objetivos planteados: Las métricas anuales planteadas por la gerencia general de la empresa tiene un rol sumamente significativo para el área
- mejorar la toma de decisiones: Los nuevos datos presentados buscan eficientizar y robustecer la toma de decisiones por medio de gráficos e indicadores más claros y completos
- reconocer errores tempranamente: La tardanza en la identificación de las fallas en los dispositivos afecta de forma directa al nivel de servicio ofrecido. Con el nuevo panel de control se busca no solo resaltar las roturas en los sensores, sino también las características y componentes del mismo, con el objetivo de identificar la raíz del problema

- conocer el desempeño de los técnicos de campo: Los datos expuestos propician información clave para conocer el rendimiento de cada uno de los operarios, con ayuda de gráficos, métricas y mapas.
- planificar stocks: Conociendo las áreas geográficas y la cantidad de equipos solicitados, se busca mejorar la programación de los aprovisionamientos
- encontrar correlación entre las variables estudiadas: El tablero presenta un formato similar al de una tabla dinámica. Es decir que se encuentran disponibles diferentes filtros con el fin de reconocer correspondencia entre los atributos de la base de datos

3.2 Situación actual

En base a la problemática planteada y con la utilización de las herramientas descritas anteriormente, se presenta en las próximas secciones una descripción del servicio ofrecido por la empresa, su estructura, procesos y bases de datos.

3.2.1 Servicio

La empresa ofrece un servicio de monitoreo para que el productor agrícola sea eficiente con sus equipos de riego, ahorrando tiempo, dinero y agua. Para lograr esto, se toman datos por medio de sensores instalados en la misma maquinaria agrícola. Los clientes consumen la información procesada en tres formatos: Alerta y notificaciones, Aplicación de monitoreo y reportes.

El primer formato, Alerta y notificaciones, consta del envío de mensajes y avisos de acuerdo a configuraciones registradas, tales como, presiones de riego bajas, fallas en equipos y máquinas fuera de posiciones normales. En segundo lugar, se encuentra la aplicación de monitoreo, la cual brinda información en tiempo real sobre las posiciones y presiones presentes en el equipo monitoreado. Por último, a cada cliente se le realizan presentaciones periódicamente brindando información esencial para la toma de decisiones. La comparación de los datos de campo con los objetivos, la homogeneidad de lámina y el tiempo de respuesta ante fallas son de los datos más usados comúnmente por los clientes.

A gran escala, los componentes utilizados para monitorear las maquinarias son tres. En primer lugar, se hace uso de un sensor de presión el cual se encuentra en la placa central o *gateway*. Este dispositivo central, visible en la Figura 5, contiene otros componentes fundamentales como las baterías o el módem y es ubicado en el centro del equipo regador. Luego, se utiliza un dispositivo que contiene el sensor de posición (Figura 6) el cual es colocado usualmente en uno de los extremos de la máquina de riego.



Figura 5: Dispositivo con placa central. Fuente: Empresa



Figura 6: Dispositivo con sensor de posición. Fuente: Empresa

3.2.2 Organigrama Funcional

En la Figura 7 se presenta el organigrama de la empresa. La misma cuenta con la dirección estratégica como el órgano de mayor poder jerárquico, compuesta por los tres socios fundadores. Luego se encuentra una clara departamentalización por funciones, desprendiéndose cuatro áreas fundamentales: Operaciones, Desarrollo, Comercial y Administrador de oficina.

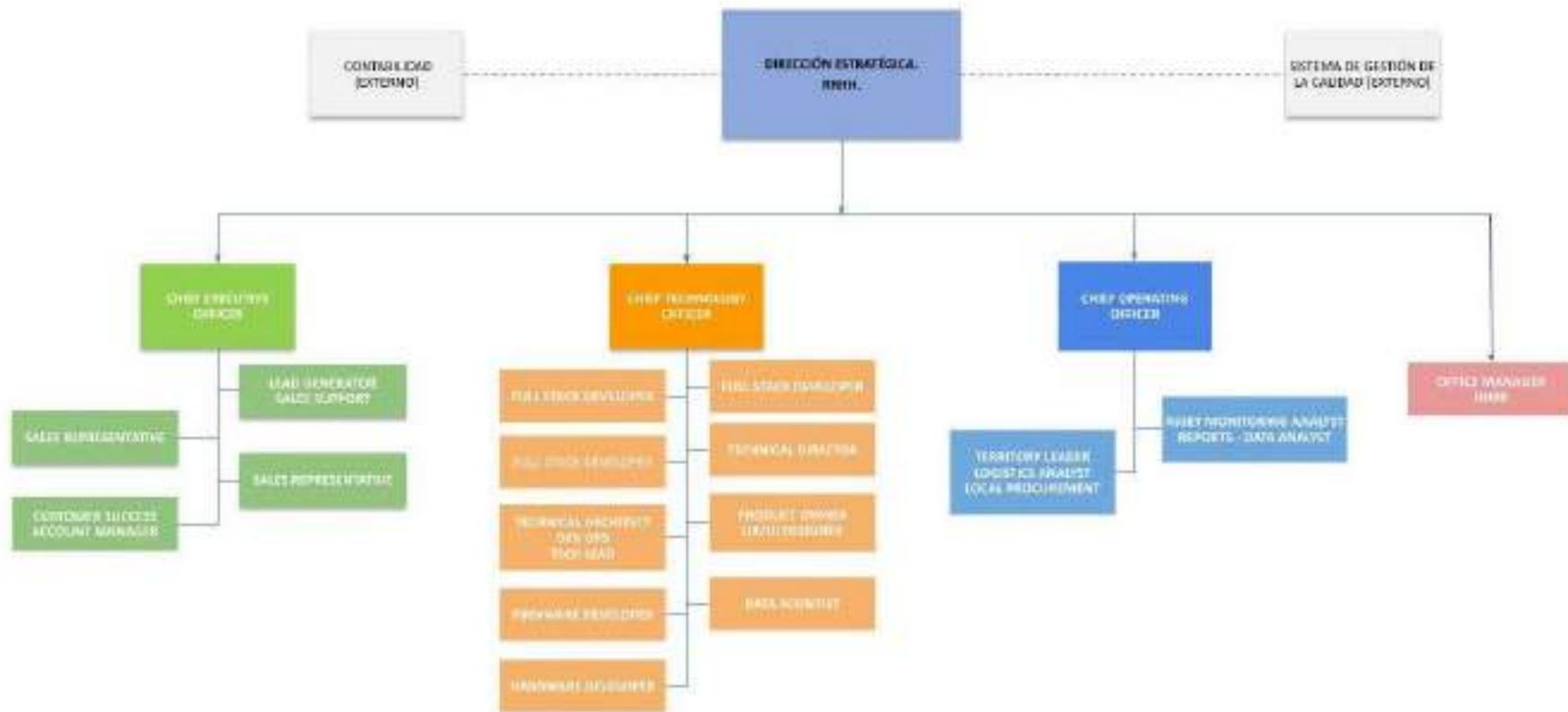


Figura 7: Organigrama. Fuente: Empresa

Como se menciona en la introducción del trabajo, el análisis hace énfasis en el área operativa, liderada por el Gerente de Operaciones (*Chief Operating Officer* en inglés). La misma tiene como responsabilidades la gestión, fabricación, instalación, desinstalación y mantenimiento de los dispositivos en campo brindando soporte técnico. Dentro del área se destacan los siguientes puestos de trabajo y sus respectivas responsabilidades:

- *Territory Leader*
 - búsqueda y gestión de técnicos de servicio
 - planificación de trabajos de instalación, reparación y desinstalación
 - control y seguimiento de stock en técnicos de servicio y en instalaciones del cliente
 - documentación problemas relacionados con la manipulación y montaje de dispositivos en campo
 - asistencia y capacitación de técnicos de servicio
- *Asset Monitoring Analyst*
 - monitoreo de dispositivos en inmediaciones del cliente
 - detección temprana de problemas de hardware
 - validación y revisión de cambios en el hardware
 - diagnóstico y seguimiento de problemas con dispositivos

Como servicio externo, se encuentra el ofrecido por los técnicos de campo. Situados en localizaciones estratégicas, tienen como objetivo instalar los sensores, desinstalarlos y realizar las tareas de mantenimiento necesarias para asegurar un correcto funcionamiento de los dispositivos de monitoreo. Para cubrir este puesto no solo se necesitan habilidades electrónicas para el tratamiento de las placas, sino también la posibilidad de recorrer los kilómetros que sean necesarios para llegar a las estancias de los clientes.

3.2.3 Descripción de procesos involucrados

Para comprender la totalidad de las actividades desarrolladas del área bajo estudio, se muestra un mapa de procesos en la Figura 8. Como se ha mencionado previamente, el cuadro de mando tiene como objetivo controlar los dos procesos operativos principales: Gestión de equipos instalados y Gestión de fallas.

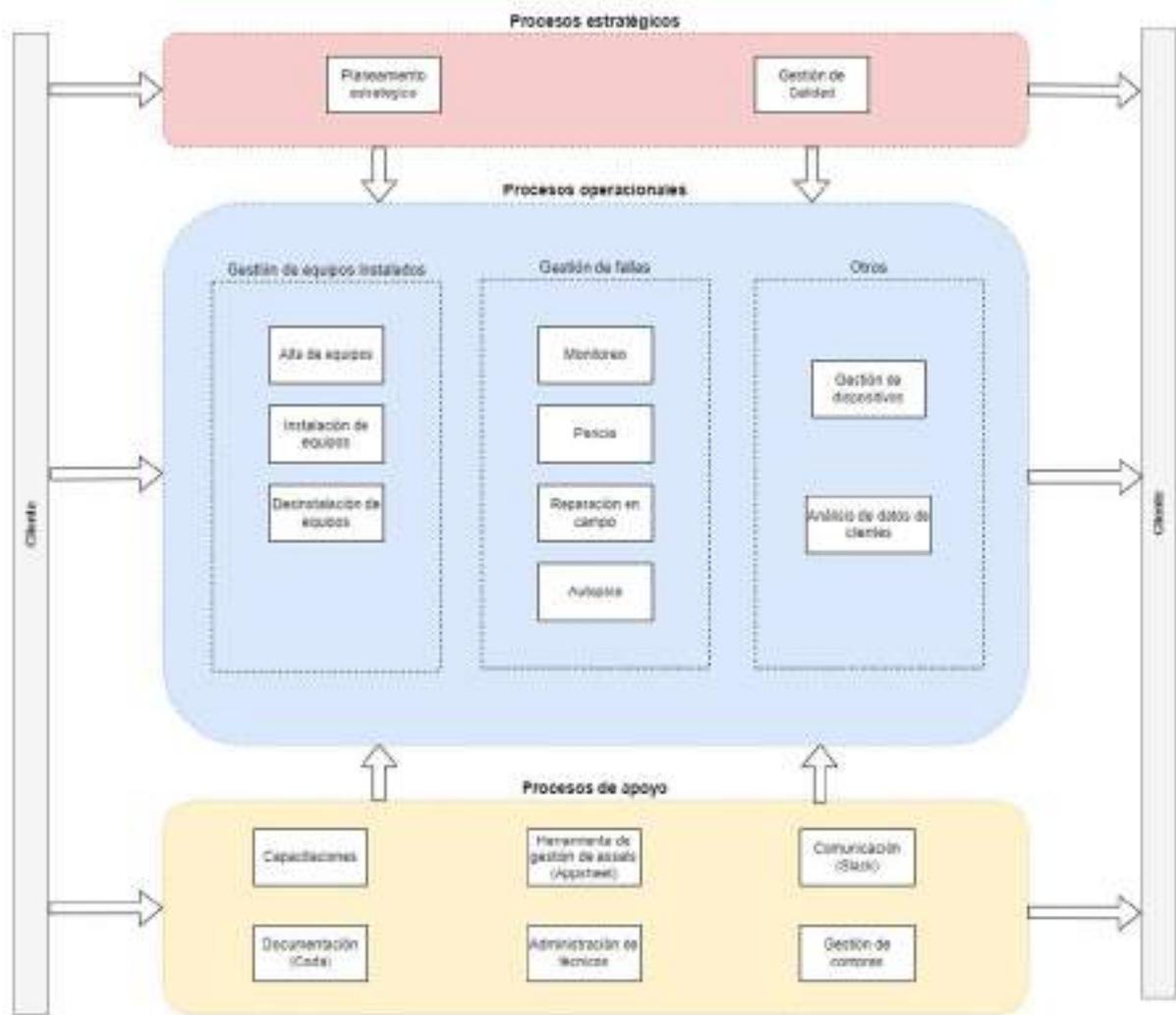


Figura 8: Mapa de procesos del área operativa. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa

A partir del diagrama expuesto, es posible componer una visión general del proceso de gestión de equipos. En las siguientes secciones se realiza una descripción de los procesos determinados por el alcance del presente trabajo.

3.2.3.1 Gestión de equipos instalados

Este proceso involucra todas las actividades y/o tareas necesarias para garantizar el servicio que la empresa le ofrece al cliente. Comprende la carga de los datos en el sistema del equipo de riego a monitorear y la instalación y desinstalación de los dispositivos en campo. Para una mejor comprensión del proceso total, se ha desarrollado un diagrama de flujo capaz de describir las tres tareas a describir a continuación. En la Figura 9 se presenta el esquema.

Seguimiento y control de procesos operativos mediante tecnologías 4.0 en una empresa de monitoreo de equipos de riego

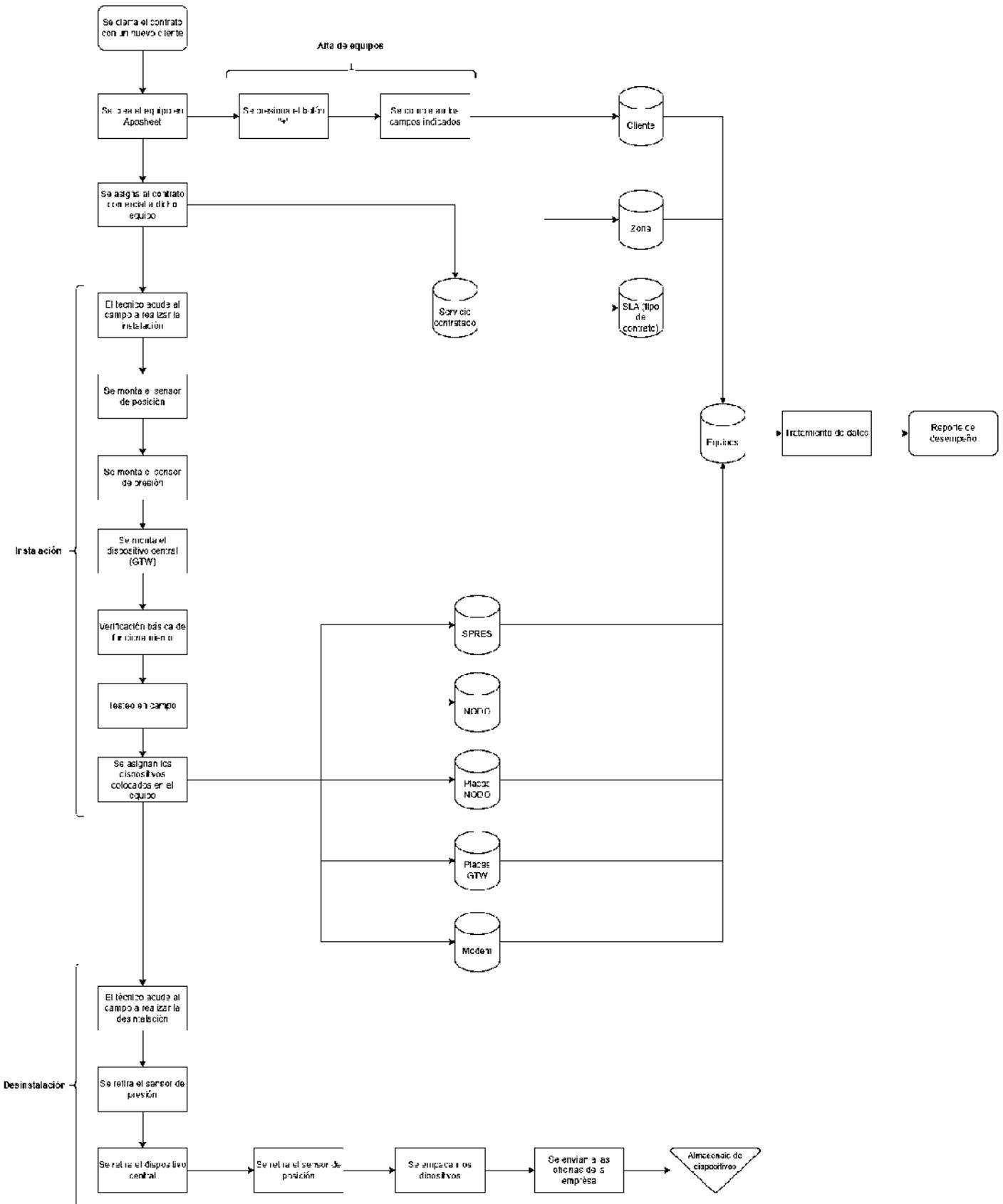


Figura 9: Diagrama de flujo del proceso de gestión de equipos. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa

Alta de equipos

Consiste en el registro de los datos del equipo de riego en el sistema una vez confirmado el negocio con el nuevo cliente. Los datos cargados en la plataforma provienen de tres fuentes principales: Documentación cargada por los clientes en otras aplicaciones de la empresa, información recolectada por el técnico de servicio en campo y datos recolectados por los propios dispositivos.

El procedimiento para dar de alta un equipo está compuesto por los siguientes pasos:

- creación del equipo de riego en Appsheet (herramienta de gestión): Dentro de la aplicación, en la sección de equipos, se aprieta en el botón “agregar”. Una vez ingresado, se solicitan los siguientes campos a modo de formulario:
 - ID: Código de identificación del equipo
 - Cliente: Productor u organización agraria que solicita el servicio
 - Nombre: Denominación de la máquina
 - GPS Posición: Ubicación del centro del campo en donde está ubicado el dispositivo
 - Campo: Nombre de la estancia en donde está ubicado el equipo
 - Zona: Área o provincia en donde se encuentra el campo
- asignación de contrato comercial: Luego de crear el equipo y completar los datos expuestos anteriormente se debe seleccionar y asignar el contrato comercial correspondiente a dicho equipo. Los contratos están descritos de la siguiente forma: [AÑO][MES][CLIENTE][CANT. DE EQUIPOS]
- asociación de dispositivos: Una vez creado el equipo e instalados los dispositivos en campo se pueden emparejar estos con sus respectivos códigos identificativos según corresponda. Es decir, se les asignan a las placas centrales los sensores de posición y presión correspondientes

Instalación de dispositivos

El procedimiento consiste en la colocación de las dos placas con sensores en el equipo de riego. Es necesario aclarar que esta tarea se realiza una vez concretado el negocio y completado los campos necesarios al realizar el alta del equipo. La tarea consta de las siguientes cinco etapas:

- montaje del sensor de posición: Es la colocación del componente que se encarga de transmitir la ubicación de la parte externa de la máquina de riego al dispositivo central. Se coloca en la última torre de la máquina, instalando el sensor con la semiesfera apuntando hacia el centro del equipo. Luego se

precinta el dispositivo asegurando una posición firme y distancia de posibles contactos con el agua

- montaje del sensor de presión: El sensor de presión se debe colocar en alguna toma sobre la tubería madre del equipo de riego (en la pirámide central en el caso de los pivotes). En muchos casos los equipos cuentan con un manómetro para realizar lecturas visuales de la presión que está colocado sobre la tubería principal donde se debe conectar dicho sensor
- montaje del dispositivo central: Está conformado por los dos siguientes pasos:
 - colocación del brazo de anclaje: El brazo de anclaje cumple la función de montar el dispositivo central en el centro del equipo de riego brindándole una posición adecuada que permita obtener las tomas de presión y de alimentación del equipo, garantizando la orientación necesaria para poder recibir señal satelital y del sensor de posición
 - colocación del dispositivo central: El dispositivo central es el encargado de tomar los datos del equipo de riego y enviarlos al sistema a través de su conexión satelital
- verificación de funcionamiento: Esta verificación permite corroborar que el dispositivo esté bien colocado y conectado. Consiste en alimentar los componentes y observar las luces LED que se prenden conociendo así la correcta conexión del equipo de monitoreo
- registro de datos: Consiste en la carga de los datos extraídos de la comprobación anterior en la herramienta de gestión de dispositivos (Appsheet). Además, se suben imágenes de los componentes y particularidades en caso de encontrarse

Desinstalación de equipos

Consiste en el retiro de las placas colocadas en el equipo de riego. Esta tarea se realiza una vez finalizado el contrato y con un previo aviso al cliente de los técnicos a la estancia. El procedimiento consta de las siguientes cuatro etapas:

- desmontaje del sensor de presión: Se desconecta el sensor del cable conector. Se debe asegurar de mantener los pines de conexión en perfecto estado
- retiro del dispositivo central: Se retira el cable de alimentación, se abre el dispositivo desmontando la tapa trasera y se desacoplan los bornes de la batería para que la plaqueta quede sin alimentación. Se cortan los precintos, se retira la batería y se termina de desmontar el equipo de monitoreo

- apartado del sensor de posición: Desmontar el sensor de posición colocado en el extremo del pivote mediante el corte de los precintos de ajuste. Al igual que con el dispositivo central, se quita la alimentación y se desmonta el equipo
- embalaje y envío de los dispositivos: Se empaquetan los componentes en una caja y se despachan hacia las oficinas de la empresa para una revisión exhaustiva.

3.2.3.2 Gestión de fallas

Mientras los dispositivos se encuentran funcionales en campo, la empresa debe velar por su buen funcionamiento para garantizar la disponibilidad del servicio ofrecido, así como también, hacer un seguimiento de dichos dispositivos con problemas. Las actividades comprendidas en este apartado se encargan de garantizar el nivel de servicio prometido. Se ha desarrollado un diagrama de flujo que permite visualizar la totalidad de este proceso, el mismo se presenta en la Figura 10.

Seguimiento y control de procesos operativos mediante tecnologías 4.0 en una empresa de monitoreo de equipos de riego

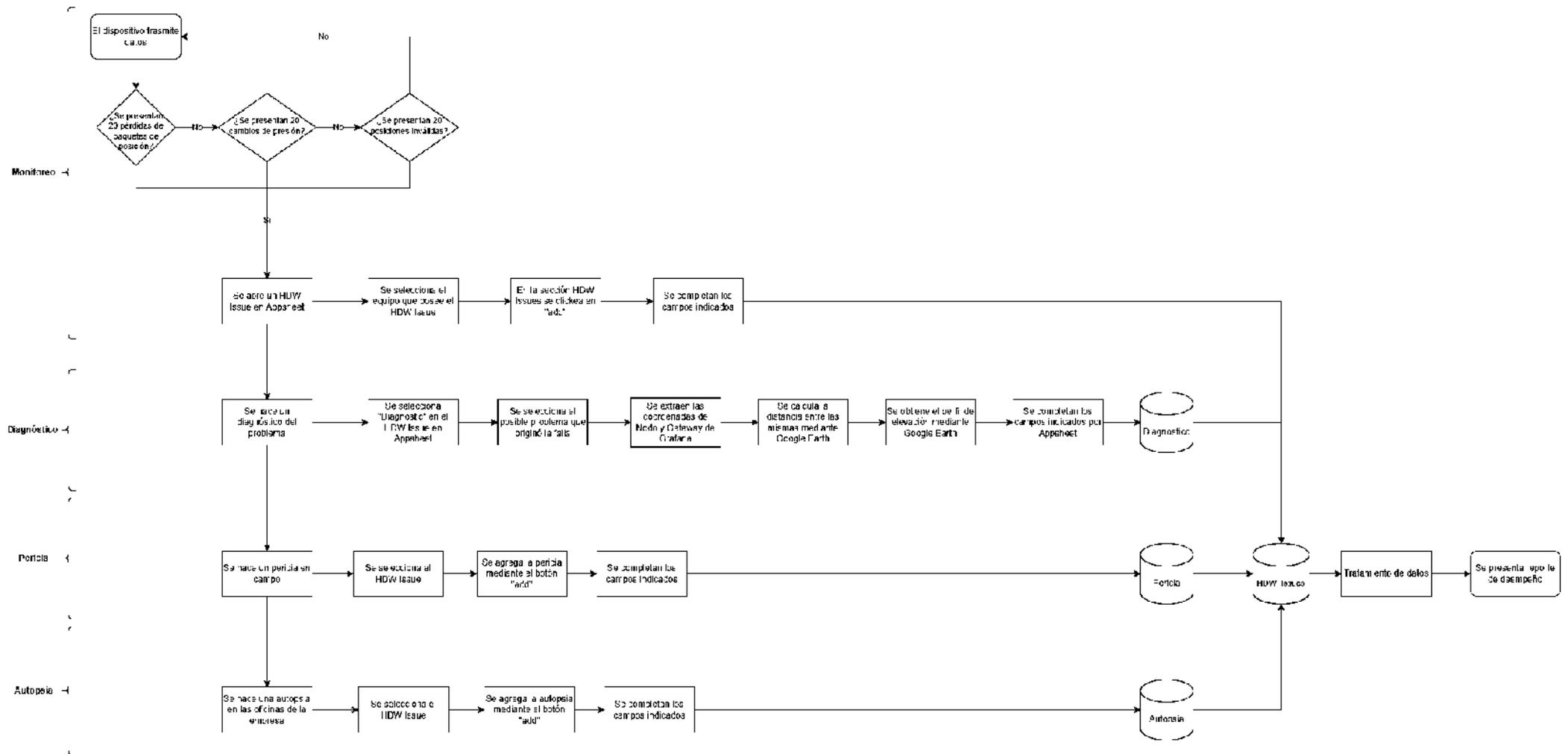


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de gestión de fallas. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa

Monitoreo y diagnóstico

Diariamente la plataforma analiza en reiteradas ocasiones los datos recibidos de campo, verificando sus estados y estableciendo las siguientes categorías de fallas: Pérdidas de paquetes de presión o posición y posición inválidas suministradas por el sensor de posición. En caso de que se presenten fallas (o *Hardware Issues*) se recibe un mensaje de alerta para cada equipo particular.

Una vez recibida la alerta se verifica la existencia del problema observando, en la herramienta de visualización de datos, la cantidad de paquetes perdidos del sensor con problemas. En el caso de observar más de veinte paquetes perdidos o posiciones inválidas, se procede a crear un *ticket* en la herramienta de gestión de dispositivos.

Para crear el mismo, se selecciona el equipo con problemáticas y se agrega la falla. Para completar la información requerida, se hace un análisis más exhaustivo para poder describir de mejor manera el problema. A modo de formulario se solicitan los siguientes datos:

- componente en falla
- selección del problema, por medio de una lista
- coordenadas brindadas por los sensores
- distancia entre las ubicaciones de los mismos
- perfil de elevación del campo por medio de Google Earth

Una vez registrada esta información, se establece contacto con el cliente perjudicado, haciendo aviso del problema e informando los pasos a seguir por el servicio técnico de la empresa.

Pericia

La pericia corresponde al problema previamente diagnosticado y permite identificar cuál componente instalado en el equipo de riego de clientes es el que finalmente tiene el problema y poder clarificar su estado antes de ser reemplazado y/o reparado.

A partir de la información recogida por el diagnóstico realizado por el personal del área operativa, se realiza una inspección visual en primera instancia y un testeado de los componentes por medio de un software desarrollado por la misma empresa. Una vez realizadas las tareas correspondientes, se carga la información recogida en la herramienta de gestión. Se selecciona la falla creada previamente y se completa la siguiente información:

- fecha de pericia
- dispositivo en falla
- descripción del problema

- color del LED de la placa central
- observaciones
- imágenes

Autopsia

Todos los dispositivos que llegan a las oficinas de la empresa con problemas deben pasar por un proceso de autopsia con el fin de determinar la causa final del problema para luego pasar por el correspondiente proceso de restauración. Este acondicionamiento tiene como objetivo restaurar los componentes dañados o desgastados durante la campaña de riego para que puedan ser reutilizados en el próximo periodo de monitoreo.

Este paso consta de un testeo por medio de herramientas informáticas y de un registro posterior con la información recolectada.

Para cargar la información resultante de los testeos, se ingresa a la herramienta de gestión de dispositivos y se selecciona la falla analizada. Posteriormente, se completa la siguiente información:

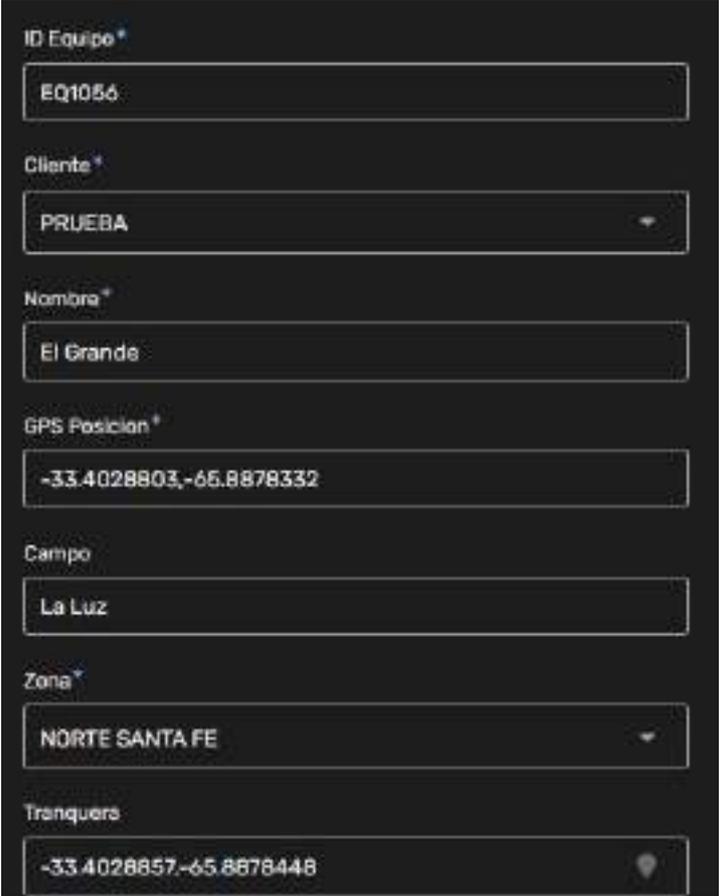
- raíz del problema
- observaciones
- imágenes
- archivo de texto generado por la herramienta de testeo

3.2.4 Obtención de datos

El personal del área operativa utiliza un *software* de gestión creado en la plataforma Appsheet, diseñado y mantenido por el área de desarrollo de la misma empresa. Esta herramienta, elaborada por Google, permite crear aplicaciones sencillas utilizando como base de datos hojas de cálculo sin necesidad de programación.

El programa cuenta con una serie de formularios en donde se ingresan las características de los equipos de riego, las fallas en los dispositivos y las solicitudes de trabajo como se detalla en los diagramas de flujo de los procesos de gestión de equipos y fallas. Todos los registros se almacenan en hojas de cálculo de Google Sheets, las cuales fueron extraídas para llevar a cabo el análisis exploratorio de los datos y el diseño del cuadro de mando integral.

En la Figura 11 se presenta uno de los formularios requeridos para el registro de un nuevo equipo monitoreado.



The image shows a vertical form with the following fields and values:

- ID Equipo*: EQ1056
- Cliente*: PRUEBA
- Nombre*: El Grande
- GPS Posición*: -33.4028803,-65.8878332
- Campo: La Luz
- Zona*: NORTE SANTA FE
- Tranquera: -33.4028857,-65.8878448

Figura 11: Ejemplo de formulario de la herramienta de gestión. Fuente: Elaboración propia

Si bien la herramienta es de uso gratuito y se ha hecho uso de esta desde los inicios de la empresa, el encargado del área operativa ha brindado las principales dificultades que se presentan al hacer uso de la aplicación. En la siguiente lista se enumeran las principales desventajas de Appsheet:

- falta de robustez en la base de datos (Google Sheets)
- limitación a diez usuarios por aplicación
- no contiene instancias de prueba
- no posee una versión fuera de línea
- no se encuentra soporte en línea
- interfaces de usuario limitadas
- no es un *software* escalable. Al aumentar el tamaño de la base de datos, la aplicación comienza a fallar
- no es sencillo hacer integraciones con otras herramientas de gestión

- GTW ID, NODO ID, SPresión: Identificación de los dispositivos instalados de central, sensor de posición y sensor de presión respectivamente, se crean automáticamente. Número.
 - Modem: Código de identificación del modem, generado automáticamente. Número.
 - EstadoModem: Si el módem está activado o no, ingresado por medio de una casilla de verificación. Booleano.
 - Mapeo: Si el módem está vinculado a la placa central, ingresado por medio de una casilla de verificación. Booleano.
 - NombreContacto: Nombre del cliente asociado al equipo, ingresado en un campo libre. Texto.
 - TelefonoContacto: Teléfono del cliente asociado al equipo, ingresado en un campo libre. Texto.
 - Tranquera: Coordenadas de la entrada a la estancia, ingresado en un campo libre. Coordenadas.
 - Observaciones: Campo libre.
 - Técnico: Instalador de los dispositivos, ingresado por medio de una lista. Texto.
-
- *HDW Issues* (Figura 22 del Anexo I)
 - HDW_Issue_ID: Código de identificación de la falla, creado automáticamente. Número.
 - User: Usuario creador del HDW Issue, generado automáticamente. Texto.
 - Creation_Date: Fecha de origen del problema, ingresado por medio de un campo libre. Fecha.
 - Diagnostic_Date: Fecha de creación del ticket, generado automáticamente. Fecha.
 - Field_Rep_Date: Fecha de reparación, ingresado por medio de un campo libre. Fecha.
 - TTR: Time To Repair. Tiempo para reparar la falla. Es el resultado de la fecha de Field_Rep_Date menos Creation_Date. Generado automáticamente. Número, en horas.
 - HDW_Issue: Tipo de problema, ingresado por medio de una lista predeterminada. Texto.
 - Dispositivo: Componente que sufrió la falla, ingresado por medio de una lista predeterminada. Texto.
 - ID Equipo: ID del equipo que tuvo la falla, ingresado por medio de una lista predeterminada. Número.
 - Estado: Estado actual del problema, ingresado por medio de una lista predeterminada. Texto.
 - Observaciones: Campo libre.
-
- *Técnicos*
 - Email: Correo electrónico, ingresado en un campo libre. Texto.

- Nombre: Nombre y Apellido del técnico, Correo electrónico, ingresado en un campo libre. Texto.
- Zona. Ubicación del técnico, ingresado por medio de una lista predeterminada. Texto.
- **Solicitudes de Trabajo**
 - ID_Detalle: Código de identificación de la solicitud de trabajo, creado automáticamente. La solicitud es la tarea a realizar específicamente, una misma orden de trabajo puede contener varias solicitudes. Texto.
 - ID_OT: Código de identificación de la orden de trabajo, creado automáticamente. Texto.
 - Tipo: Categoría de solicitud, la cual puede ser: instalación, desinstalación, reparación y diagnóstico. Se ingresa mediante una lista. Texto.
 - DateTime: Fecha de creación de la solicitud, generado automáticamente. Fecha.
 - Fecha: Día y hora del trabajo, ingresado por medio de un campo libre. Fecha.
 - Técnico: Encargado de la solicitud, ingresado por medio de una lista. Texto.
 - Estado: Circunstancia en la que se encuentra la solicitud de trabajo, ingresado por medio de una lista, siendo modificable cuando haya un cambio. Puede tomar los valores “abierta” y “cerrada”. Texto.
 - Equipo: Código identificatorio de la máquina monitoreada a la que se le realiza el trabajo. Número.
 - Descripción: Campo libre.

3.2.6 Análisis exploratorio

Con el objetivo de comprender en mayor medida la situación del área y conocer los defectos presentados en los registros, se ha desarrollado un análisis exploratorio de las bases de datos descriptas en el apartado anterior.

Es necesario aclarar que las bases de datos utilizadas para el análisis fueron extraídas del sistema interno de la empresa en el mes de abril del 2021. Este mes es fundamental para la organización ya que, como se ha explicado anteriormente, corresponde a la finalización de la campaña de riego. Es decir, se encuentran todos los datos acumulados del periodo 2020-2021.

Evaluación y selección de tecnologías

A la hora de realizar un proyecto de análisis o limpieza de datos, se puede ver que la variedad de herramientas disponibles es sumamente amplia, por lo que se debe comenzar

con un proceso de evaluación y selección de las aplicaciones y tecnologías que se van a utilizar en el procedimiento.

En primer lugar, se ha llevado a cabo un relevamiento de las posibles herramientas que se podrían utilizar en el proceso de limpieza de datos. A continuación, se enlistan las propuestas más relevantes:

- **OpenRefine:** es una conocida herramienta de datos de código abierto. Su principal ventaja sobre otras aplicaciones de esta lista es que, al ser de código abierto, es de uso y personalización gratuita. Siendo visualmente similar a una hoja de cálculo de Excel, la herramienta da la posibilidad de trabajar los datos tanto en línea como sin conexión a internet. La principal desventaja se encuentra en su experiencia de usuario. La aplicación no cuenta con una interfaz sencilla de utilizar, por lo que su utilización requiere conocimientos técnicos. Además, el software se ejecuta localmente, en lugar de en la nube, por lo que solo se adapta a las características que posea el equipo en donde se lleva a cabo el proceso
- **Trifacta:** Es una aplicación de escritorio que permite transformar datos, crear visualizaciones y hacer análisis desde la misma plataforma. Su característica más destacada es el uso de tecnología inteligente. Utilizando el aprendizaje automático para detectar inconsistencias y hacer recomendaciones, la herramienta acelera enormemente el proceso de limpieza de datos. Su principal desventaja es que es una aplicación realmente costosa, ofreciendo su plan más económico a más de 100 dólares por usuario por mes
- **Tableau Prep Builder:** Es la herramienta de preparación de datos de la famosa aplicación de visualización Tableau. Su principal virtud es su sencilla interfaz y usabilidad. Posee un sistema de “arrastrar y soltar”, por lo que permite hacer múltiples grandes modificaciones a las bases de datos únicamente haciendo clics y sin necesidad de programación. Si bien es una herramienta costosa, la empresa ofrece una licencia de un año para estudiantes, la cual permite hacer uso de la aplicación completa de manera gratuita. Su principal desventaja es la robustez. Al trabajar grandes volúmenes de datos o flujos complejos, la herramienta se vuelve lenta, ralentizando el proceso de limpieza
- **Python:** Es un lenguaje de programación sencillo de código abierto y, por lo tanto, gratuito. Es la herramienta más popular para la limpieza de datos manual, principalmente por su simplicidad y la gran comunidad que se ha formado. Si bien es la herramienta más robusta y que ofrece la mayor cantidad de

posibilidades de tareas de limpieza, la alternativa más compleja de la lista por ser puramente de código y no poseer una interfaz de usuario

Una vez evaluadas las ventajas y desventajas de cada de las posibilidades enlistadas anteriormente, se ha optado por hacer uso de la herramienta Tableau Prep Builder luego de haber solicitado la licencia gratuita para estudiantes. La selección se debe principalmente a la sencilla y completa interfaz de usuario que posee la herramienta, la cual permite hacer todos los cambios necesarios mediante clics y sin necesidad de programación. Además, al trabajar un conjunto de datos relativamente pequeño (aproximadamente 700 registros), su principal desventaja no afecta al procedimiento de limpieza de este proyecto.

Limpieza de datos

Previo a volcar los datos extraídos en la herramienta de visualización de datos, se ha optado por realizar una limpieza de los registros con el objetivo de obtener métricas y gráficos fidedignos. Haciendo uso de la herramienta Tableau Prep Builder (Figuras 23 y 24 del anexo II), se han detectado los datos erróneos y acondicionado las tablas utilizando las herramientas provistas por el *software*. A continuación, se detallan las falencias detectadas acompañadas de la acción de corrección necesaria.

- campos de texto sin formato de nombre propio. Se convierten los campos a mayúsculas con el objetivo de evitar confusiones y unificar el formato
- campos con valores nulos. Se eliminan los registros que no posean la información obligatoria requerida en los formularios: 2 equipos sin el código identificador y 14 sin posición registrada. Se excluyen los equipos que no poseen la información esencial para el análisis
- valores erróneos de latitud y longitud del campo monitoreado. Se revisa y corrige la posición de la estancia
- el campo de nombre de estancia posee en algunos equipos los valores “Null”, “Creado sin posición” y “Creado sin ubicación”. Al no ser un campo obligatorio, se opta por unificar estos valores tomando el valor “Null” en caso de no tener registrado este campo
- datos desagrupados que indican el mismo componente en falla. Se unifican los registros “SGPS” con “NODO” y “SPRES” con “PRESION”
- valores erróneos de TTR. Se corrigen los registros incorrectos, adaptando el formato de las fechas registradas

- diferentes formatos de fecha en campos de creación, diagnóstico y reparación de fallas y solicitudes de trabajo. Se unifica el formato con el objetivo de evitar confusiones
- solicitudes de trabajo creadas sin el equipo asignado. Al ser un dato fundamental para este análisis, se excluyen los registros que no posean información en estos campos

Presentación de datos

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo principal del análisis exploratorio es obtener información preliminar de los datos a trabajar. Utilizando gráficos y estadísticas se intentan descubrir patrones, relaciones y probar suposiciones. Este paso consiste en volcar los conjuntos de datos acondicionados previamente en herramientas de visualización de datos. Por ser de uso gratuito y poseer una interfaz sencilla e intuitiva, se opta por hacer uso del *software* descrita en el Marco Teórico, Google Data Studio (Figura 25 del Anexo II), para crear las representaciones visuales.

Una vez importados los conjuntos de datos, se crean pantallas que contienen tarjetas de información en forma de métricas, gráficos de torta y temporales, entre otros. A continuación, se detallan las tarjetas creadas:

- contadores únicos: tienen como finalidad detallar la suma de los registros no duplicados
- campos calculados: contienen información proveniente de uno o más campos de las bases de datos, como por ejemplo la suma de fallas sobre la suma de equipos
- gráficos de torta: son gráficos circulares que representan porcentajes y proporciones de variables
- mapas: utilizando las coordenadas de los equipos monitoreados, se representan en imágenes geográficas
- gráficos de barras: representan la distribución de una variable frente a otra, como por ejemplo la cantidad de equipos por zona de riego
- gráficos temporales: muestran la distribución temporal de los datos, son muy útiles para representar la evolución de una variable a lo largo del tiempo

Una vez presentados los datos, se utiliza la función de reporte dinámico ofrecido por la herramienta, la cual permite segmentar las métricas y gráficos de la pantalla utilizando los filtros que se necesiten. El objetivo de este último es encontrar correlación entre las variables

estudiadas, como pueden ser los valores presentados de MTTR o cantidad de fallas a lo largo de los meses de campaña. Entender la relación entre las diferentes variables contenidas en el conjunto de datos estudiados, brinda información esencial para la toma de decisiones en eventos futuros. Por ejemplo, los resultados de este análisis pueden advertir sobre los meses con mayor carga operativa o las zonas con mayor necesidad de disposición de técnicos de reparación.

A modo de resumen, y para clarificar la secuencia de tareas realizadas para lograr el análisis exploratorio de los datos de la empresa, se presenta en la Figura 13 un diagrama flujo que representa el procedimiento empleado.

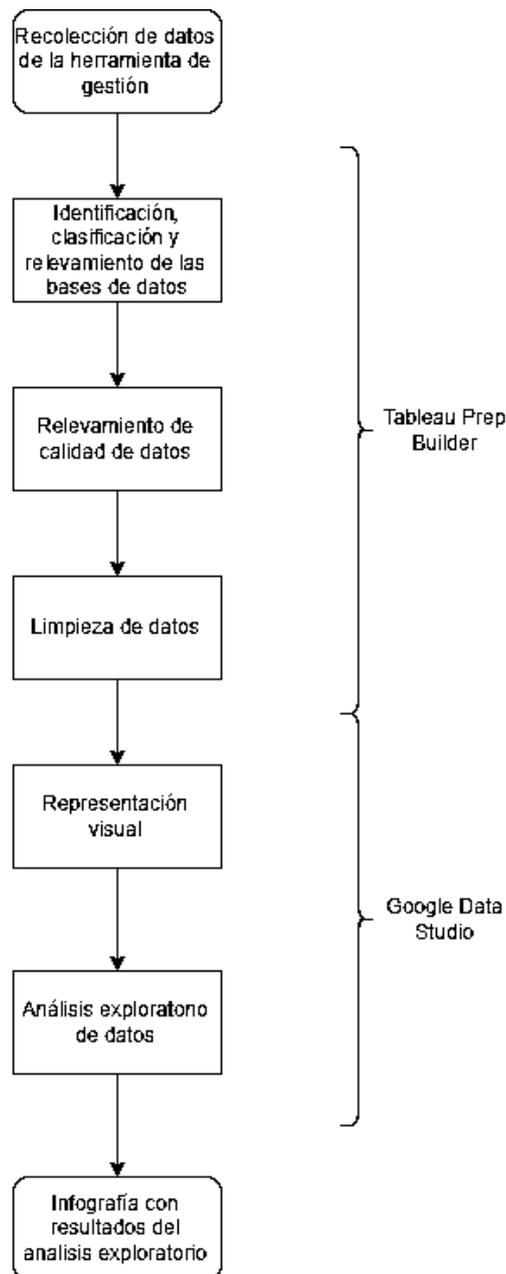


Figura 13: Diagrama de flujo de análisis de datos. Fuente: Elaboración propia

IV. ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORA

4.1 Presentación de resultados del análisis exploratorio

A continuación, a modo de infografía, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el análisis exploratorio de las bases de datos descritas en el Desarrollo. Además, acompañando a las figuras, se presentan las conclusiones extraídas de dichos análisis.

Base de datos de equipos

En la Figura 14 se presentan los resultados del análisis exploratorio de la base de datos que contiene información sobre los equipos monitoreados.

Equipos

Análisis exploratorio de la base de datos de equipos de riego

1/8/20 al 30/4/21

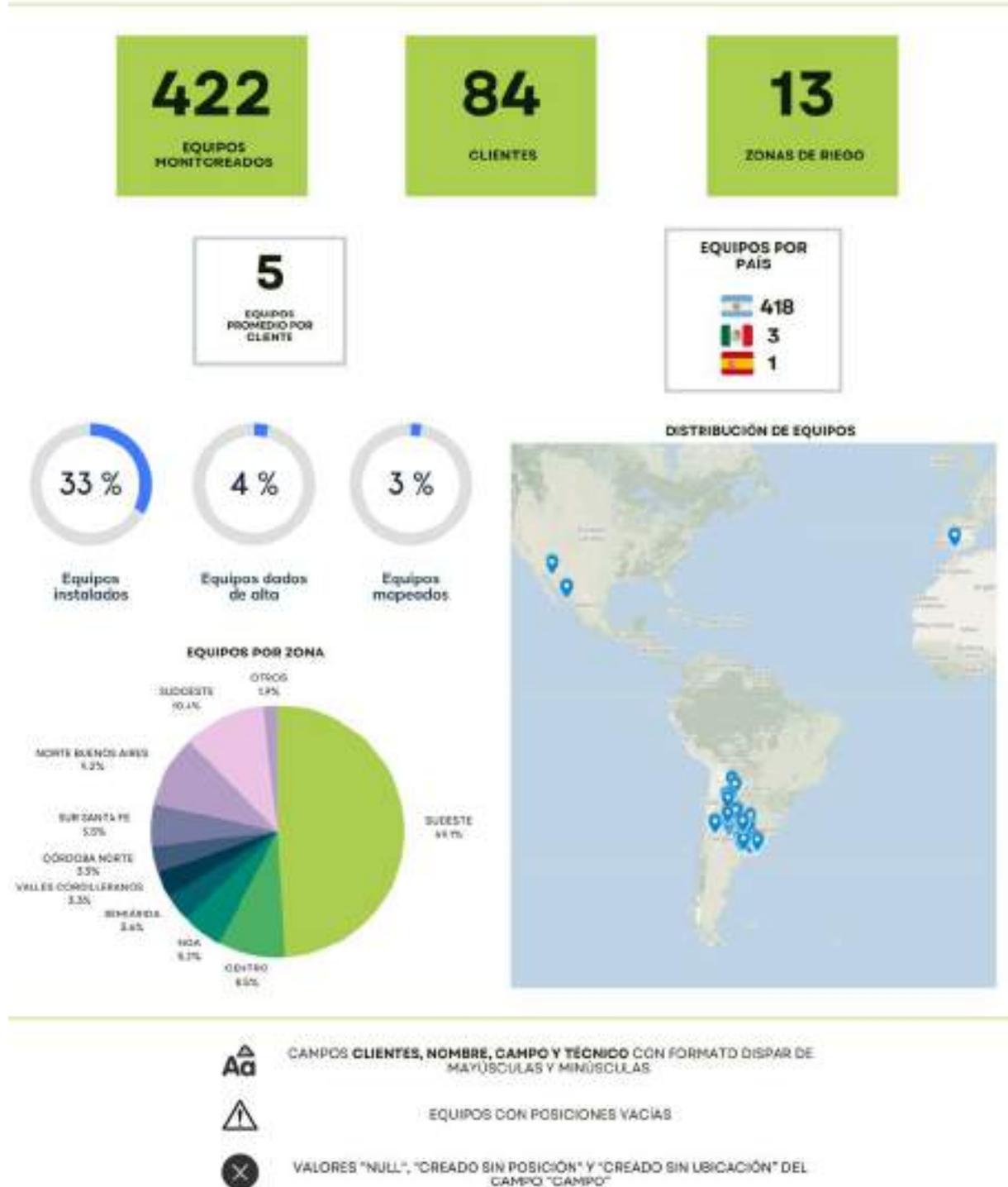


Figura 14: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de equipos.

Fuente: Elaboración propia

En la infografía presentada se observa en primera instancia la cantidad de equipos monitoreados, los clientes contratados y las zonas de riego pertenecientes a los mismos. Si bien los 422 equipos monitoreados de los 84 clientes registrados no entregan información sustancial a este análisis, en la cantidad de zonas encontradas se encuentra un dato llamativo. De las 18 zonas distinguidas por la organización CREA, en 7 (Oeste, Este, Santa Fe norte, Santa Fe centro, Litoral Norte, Chaco santiagueño, Oeste arenoso) la empresa no ha monitoreado equipos. Es fundamental aclarar que la adquisición de clientes de nuevas zonas de riego no solo debe ser previamente estudiada mediante un análisis mercadotécnico, sino que debe analizarse también la disponibilidad de técnicos, los cuales van a garantizar que el servicio entregado sea el esperado. Un claro ejemplo podría ser la zona de riego del Litoral Norte, en la cual se debe hacer un previo análisis que demuestre la rentabilidad del negocio y la disponibilidad técnica debido a la lejanía de esta zona al resto.

Otro dato para analizar es la distribución geográfica de los equipos monitoreados. En cuanto a la disposición de las zonas argentinas registrada, se encuentra una fuerte preponderancia de las zonas Sudeste, Sudoeste y Norte de Buenos Aires, ubicadas en la provincia de Buenos Aires. Este alto porcentaje no solo corresponde a la cercanía con el lugar de donde nace el proyecto, sino también con que la provincia lidera el ranking de cantidad de superficie regada por aspersión, método de riego utilizado por estas maquinarias (INDEC, 2019). Córdoba y San Luis son las siguientes zonas con mayor superficie bajo riego, esto se ve reflejado en el gráfico de torta en donde se observa al Centro como la cuarta zona con mayor cantidad de equipos monitoreados con un 8.5%.

Por otro lado, se destaca la cantidad de equipos distribuidos internacionalmente, dato que para la empresa es fundamental ya que busca expandir su mercado como se ha explicado anteriormente. La poca cantidad de equipos monitoreados se encuentra bajo un periodo de muestreo, es por esto que se espera que la cantidad de clientes internacionales aumente una vez finalizada la campaña de riego. Como se ha explicado, con la confirmación de un negocio como este se debe comenzar la búsqueda lo antes posible de personal capaz de estar expectante siempre que se presente una falla en los dispositivos. Además, la empresa debe estar consciente de los cambios en las épocas de riego y conocer las diferencias que se encuentran en los sistemas de aspersión de los equipos utilizados en Argentina y en el resto del mundo.

Por último, se encuentran tres métricas que denotan la situación de los equipos instalados al momento de extraer los datos. Como se ha explicado en un principio, los datos extraídos corresponden al mes de cierre de campaña, por lo que es usual que se encuentren bajos los niveles de equipos instalados, de alta y mapeados. Como se puede observar, se encuentra una diferencia notable entre los equipos instalados y los de alta. Esto quiere decir

que se encuentra un alto porcentaje de equipos que deben ser desinstalados ya que su contrato ha finalizado. Es fundamental que los dispositivos vuelvan a las oficinas de electrónica lo antes posible para evitar una acumulación de placas y sensores a analizar.

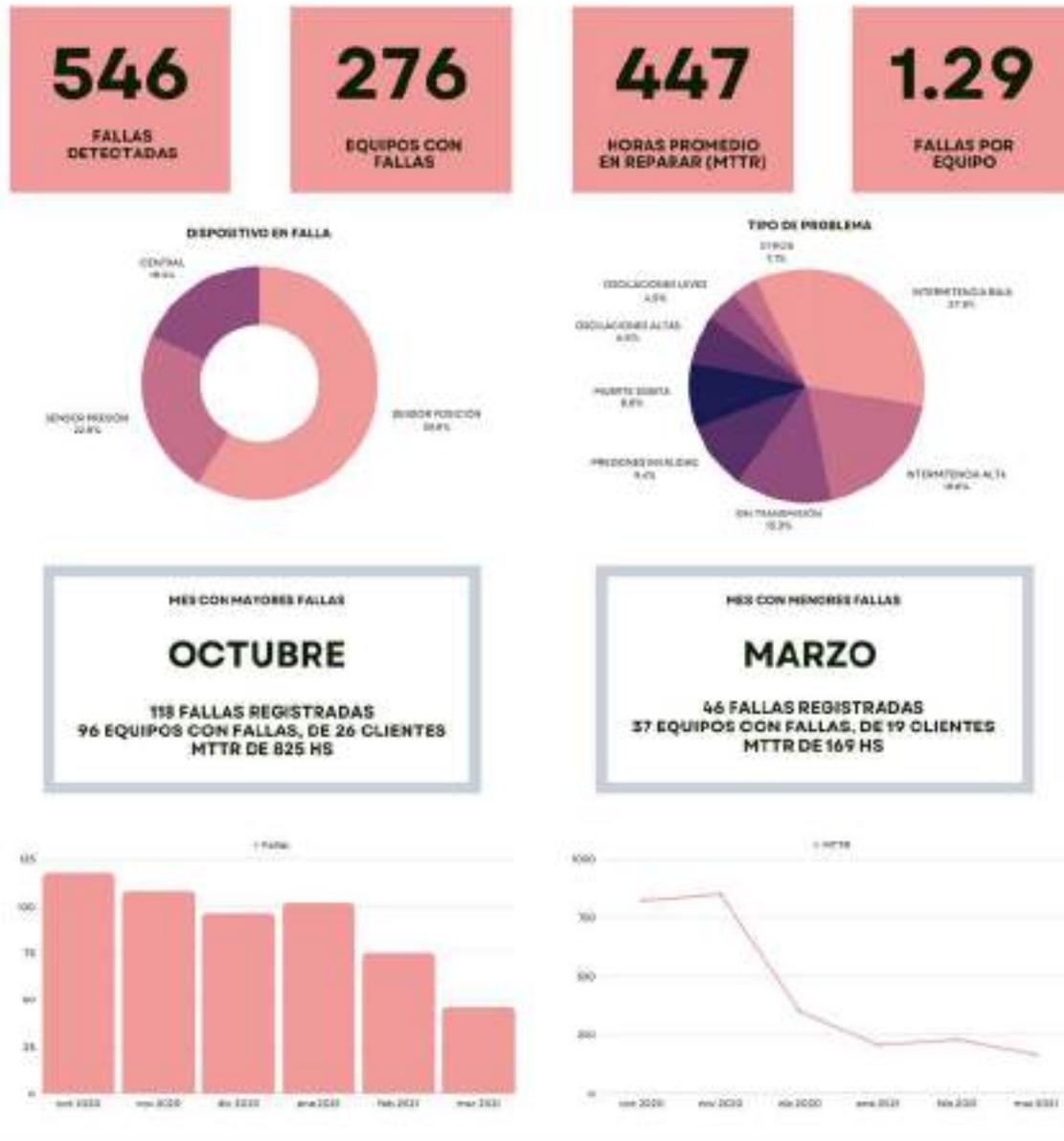
Base de datos de fallas

En la Figura 15 se presentan los resultados del análisis exploratorio de la base de datos que contiene información sobre las fallas registradas en los dispositivos.

Fallas

Análisis exploratorio de la base de datos de fallos en dispositivos

1/8/20 al 30/4/21



-  VALORES DESAGRUPADOS EN CAMPO **DISPOSITIVO**, **SGPS** / **NODO** Y **SPRES** / **PRESION**
-  VALORES NULOS EN CAMPO **DISPOSITIVO**
-  VALORES ERRONEOS DE **TTR**
-  FORMATO DE FECHA INCORRECTO EN CAMPOS DE CREACIÓN, REPARACIÓN Y CIERRE DE TICKETS

Figura 15: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de fallos. Fuente: Elaboración propia

En la presentación se observan las cuatro métricas principales relacionadas a las fallas en los dispositivos. La cifra de fallas detectadas es alarmante, ya que alcanza la cifra de más de una por equipo monitoreado, teniendo estas un tiempo de medio de resolución de 447 horas, es decir aproximadamente 19 días. Se calculó también la cantidad de máquinas monitoreadas que han sufrido fallas y ha sido de 276. Esto quiere decir que el 65% de los equipos monitoreados ha sufrido por lo menos una pérdida de datos considerable durante la campaña de riego. Estos indicadores no solo demuestran la falta de control de los dispositivos del área operativa, sino que también manifiesta la gran debilidad que posee un modelo de negocio que hace uso de sensores sumamente sensibles en ambientes tan hostiles. Otra forma de lectura de esta métrica está vinculada con los costos asociados no solo al combustible consumido por los técnicos de campo, sino también con los inventarios necesarios para afrontar los componentes averiados.

Por otro lado, se puede observar dos gráficos de torta que desagregan las fallas de dos formas: la primera relacionada con el componente averiado y la segunda con el tipo de fallo detectado. En el gráfico de la izquierda, se puede observar una fuerte preponderancia del sensor de posición como elemento más sensible a roturas. En segundo lugar, se encuentra el sensor de presión, y por último la placa central. Este orden no solo tiene sentido con la sensibilidad de cada componente, sino que también corresponde a la gravedad que conlleva la falla en cada una de estas partes. Con la ausencia de datos de posición es posible extraer ciertas conclusiones sobre el riego analizado, pero con la falta de datos de presión o la totalidad de los datos (en caso de una falla en la placa central) no es posible realizar ningún tipo de análisis una vez finalizado el riego.

En el gráfico de torta de la derecha se nota un fuerte predominio de la pérdida de datos por intermitencia, generalmente relacionado con el sensor de posición. Esta falla generalmente está relacionada con la altimetría del lote cultivado. Al haber grandes diferencias de altura entre el centro y el resto del campo, se pueden presentar grandes pérdidas de datos, comúnmente de posición. En tercer lugar, se encuentra el caso más severo como es de la pérdida de total de datos o "sin transmisión" con un poco de menos del 15% de los casos. Esto no es una problemática menor ya que, como se ha explicado anteriormente, la falta total de datos perjudica gravemente a otras áreas dentro de la empresa como la de análisis de datos y reportes.

Finalmente, se encuentran gráficos temporales que evidencian la situación del área con el correr de los meses durante la campaña de riego. Es primordial resaltar al primer mes de la campaña (octubre) como el más agitado para el área. En este caso particular, se ha debido a imperfecciones en el sistema interno de las placas y a errores en conexiones por parte de los instaladores. Por un error por parte del área de desarrollo, se lanzó una versión

del sistema como un desperfecto considerable que dañaba gran parte de la información recolectada. Por otro lado, debido a la gran cantidad de dispositivos a reparar en poco tiempo, se ha notado un tiempo medio de reparación sumamente alto. Esto se debe a que se ha decidido atender las fallas más severas lo más pronto posible y solucionar los problemas más leves, como las intermitencias, una vez que lo más grave se haya resuelto.

Con el correr de los meses, tanto la cantidad de fallas detectadas, como el tiempo medio de resolución han ido decreciendo hasta el último mes con fallos que fue marzo. Esto se puede deber a que los productores a partir de los dos últimos meses de la campaña utilizan la maquinaria más sutilmente y a un orden interno del área logrado con el correr del tiempo.

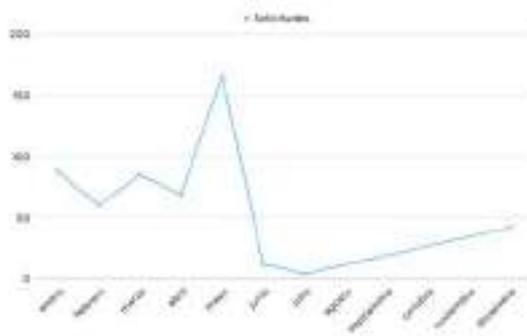
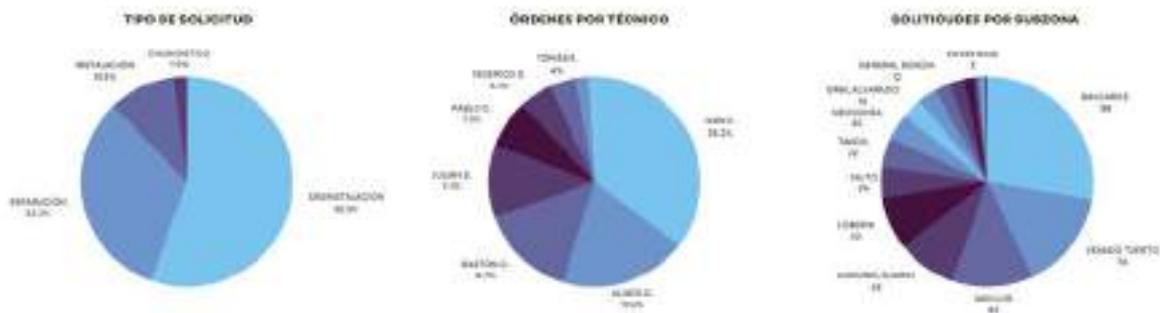
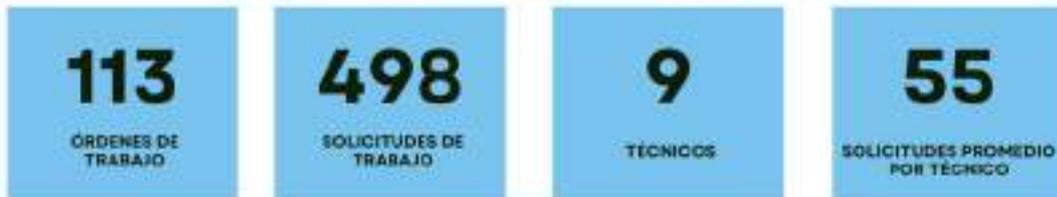
Base de datos de órdenes de trabajo

En la Figura 16 se presentan los resultados del análisis exploratorio de la base de datos que contiene los registros de las órdenes de trabajo solicitadas durante la campaña.

Órdenes de trabajo

Análisis exploratorio de la base de datos de órdenes de trabajo a técnicos de campo

1/12/20 al 31/7/21



4.4
SOLICITUDES POR ORDEN PROMEDIO

-  CAMPOS **TÉCNICO** CON FORMATO DISPAR DE MAYÚSCULAS Y MINÚSCULAS
-  SOLICITUDES SIN EQUIPOS ASIGNADOS
-  FORMATO DE FECHA INCORRECTO EN CAMPOS DE CREACIÓN DE ÓRDENES Y SOLICITUDES

Figura 16: Información extraída del análisis exploratorio de la base de datos de órdenes de trabajo. Fuente: Elaboración propia

Previo a realizar el análisis se debe aclarar que, debido a una reestructuración de la base de datos, se han utilizado datos de diciembre del 2020 a julio de 2021.

En las cuatro métricas principales, se observa el conteo de órdenes, solicitudes y técnicos. Para una mayor comprensión, se reiteran los conceptos básicos relacionados a las órdenes de trabajo: Una misma orden puede contener varias solicitudes en varios equipos situados en un radio determinado, como podría ser una instalación, desinstalación, reparación o diagnóstico. En este caso, se ha calculado un poco más de 4 solicitudes promedio por orden, lo cual quiere decir que frecuentemente se busca que el técnico resuelva varias cuestiones en un mismo viaje, con el objetivo de ahorrar dinero y tiempo. Con estos números, se puede estimar que un técnico ha realizado en promedio 13 de estos viajes y resolviendo 55 solicitudes a lo largo de toda la campaña.

En los gráficos de torta presentados se observan disgregaciones de las órdenes y solicitudes. En el tipo de trabajo requerido, la desinstalación es el más preponderante debido al momento en el que se han extraído los datos. Como gran parte de estos abarca el fin de la campaña, los trabajos de remoción de dispositivos son lo más frecuentes. Por otro lado, se observa en los otros dos gráficos de torta, una gran cantidad de solicitudes vinculadas a técnicos de las zonas de la Provincia de Buenos Aires. Lógicamente, al contener una gran masa de equipos monitoreados en esta zona, se nota una porción notable de solicitudes de trabajo.

Por último, se destaca la distribución geográfica de los técnicos de campo. Como se puede ver, está corresponde en gran medida con la distribución de los equipos monitoreados, pero con una gran concentración en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Si bien no es grande la suma de máquinas en servicio en el Norte Argentino, la cantidad de técnicos es escasa y prácticamente nula entre Córdoba y Salta.

4.2 Acondicionamiento de datos

En base a la información registrada sobre las falencias detectadas en las bases de datos estudiadas, se proponen las siguientes recomendaciones con el objetivo de mejorar la calidad de los datos almacenados.

Base de datos de equipos

En función de los defectos hallados en la base de datos en donde se registran la información de los equipos monitoreados, se plantean las siguientes mejoras en los formularios del proceso de alta:

- los campos “Cliente”, “Nombre” y “Campo” deben poseer un formato de nombre propio. El hecho de tener una entrada de texto libre genera disparidad en la forma de escribir los nombres de las organizaciones y nombres. Esto hace que se produzcan confusiones y se dificulte la búsqueda de estos valores al no tener una forma normalizada de escribirlos. Además, se propone que estos campos provengan de otra base de datos que se posea en el sistema del área comercial con el fin de estandarizar la forma de identificarlos
- el campo “Posición” debe ser de carácter obligatorio. Al no exigirlo a la hora de realizar el formulario de inscripción, se encuentran equipos sin posiciones registradas. Esto puede generar confusiones sobre el lote donde se debe realizar el monitoreo, lo cual dificulta a más áreas dentro de la empresa. Además, se debe asegurar de que el formato ingresado corresponda con el válido de coordenadas (por ejemplo: -38.01187, -57.58121)
- en el registro “Campo”, se propone unificar los valores nulos, “Creado sin posición” y “Creado sin ubicación”, manteniéndose únicamente un valor vacío con el fin de facilitar visualizaciones e identificaciones de los datos
- el campo “TelefonoContacto” debe admitir únicamente valores numéricos con el propósito de evitar registros erróneos

Base de datos de fallas

- se propone normalizar el campo “Dispositivo” utilizándose una lista que contenga únicamente los valores “SGPS” (sensor de posición), “SPRES” (sensor de presión) y “GTW” (placa central) con el fin de evitar tener valores desagrupados que signifiquen lo mismo. Además, este campo debe ser de carácter obligatorio, con el objetivo de evitar registros de fallas sin dispositivos vinculados
- siendo el formato fecha considerablemente sensible al momento de hacer registros en bases de datos, se propone estandarizar el formato de estos datos utilizando un calendario en el formulario de registro de fallas. Hoy en día, al ser ingresado mediante un campo libre, el formato de fecha de creación, reparación y cierre de *tickets* se encuentra diversificado dificultándose cálculos de diferencia de tiempo como tiempo de respuesta antes fallas. Además, estos campos deben contener la condición de que la fecha de diagnóstico no puede ser menor a la fecha de origen de la falla, con el objetivo de evitar TTR negativos

- se propone agregar un campo calculado, similar al TTR, que contenga el tiempo en diagnosticar el problema. La métrica TTD puede ser útil para conocer el tiempo que se tarda la empresa en detectar las fallas en los dispositivos, con el fin de disminuirlos. Para calcularlo, se hace la resta entre la fecha de detección de la falla y la fecha de origen del problema

Base de datos de solicitudes

- se propone estandarizar los nombres de los técnicos con formato de nombre propio con el fin de evitar confusiones
- la solicitud de trabajo creada debe tener como campo obligatorio el equipo al que se le realiza la tarea. El no tener el equipo asignado, puede generar errores a la hora de realizar tareas por parte de los técnicos de campo
- al igual que con las demás bases de datos estudiadas, se propone normalizar el formato de fechas por medio de calendarios en los formularios con el objetivo de respetar un mismo formato

4.3 Tablero de control

En base a la problemática planteada durante el trabajo desarrollado, se plantea un CMI que facilite la tarea de supervisión conteniendo diferentes métricas y gráficos detallados en las siguientes secciones.

El tablero planteado está diseñado para monitorear la situación del área siempre que se requiera, con información actualizada en momento real. Se propone realizar un seguimiento semanal y mensual utilizando los filtros de tiempo propios de la herramienta.

El uso de esta información no solo contribuye a un mejor entendimiento de la eficiencia de los procesos controlados, sino que también proporciona datos sumamente útiles para la toma de decisiones tanto para el área operativa, como también otras dentro de la empresa.

4.3.1 Selección de la herramienta de presentación de datos

Para presentar el tablero de control desarrollado, se ha utilizado la herramienta Google Data Studio previamente descrita en el marco teórico. Se ha escogido esta opción frente a las otras debido a las siguientes razones:

- es completamente gratuita
- acepta diversas bases de datos, entre ellas las utilizadas en este trabajo

- posee una interfaz sencilla y amigable
- da la posibilidad de crear presentaciones dinámicas
- es posible incrustar el tablero en otras páginas

4.3.2 Métricas y gráficos

A continuación, se detallan las pantallas, métricas y gráficos que se presentan en el tablero de control segmentándolos según la parte del proceso que controlen. Para cada uno de estos se hace una breve descripción en conjunto con su forma de cálculo y fuente de información.

La selección de los indicadores se ha llevado a cabo mediante entrevistas con el gerente del área estudiada. Se ha presentado una lista con propuestas, y se han optado por las que poseen mayor vinculación con el lineamiento planteado por la empresa.

El tablero está compuesto por cuatro pantallas. La primera incluye la información justa para conocer de manera inmediata y resumida la situación de los procesos del área. Las otras tres pantallas o secciones contienen métricas y gráficos propias de cada proceso o segmento del área. Es decir, se dispone una segunda pantalla con información sobre los equipos monitoreados, una tercera con datos sobre las fallas en los dispositivos y una cuarta y última sobre las solicitudes de trabajo.

Por defecto, en las pantallas se presenta la información de los últimos siete días. El exponer los datos semanalmente, tiene como objetivo aumentar la frecuencia de revisión de los procesos mediante métricas. Hoy en día, este proceso se hace mensualmente, pero gracias a la automatización mediante este tablero de control, el procedimiento se vuelve ágil y por lo tanto más eficiente. Haciéndose semanalmente este proceso de revisión, se espera que el encargado del área conozca rápidamente los puntos más críticos y pueda accionar en pos de mantener el servicio prometido a los clientes.

Además, la presentación tiene carácter de tabla dinámica. Esto quiere decir que los valores y gráficos mostrados se adaptan a los diferentes filtros que se deseen utilizar sobre la pantalla. El hecho de crear un reporte flexible es sumamente útil para realizar comparaciones, observar patrones y tendencias, visualizar valores segmentados o encontrar correlación entre variables.

4.3.2.1 Pantalla principal

En la Figura 17 se presenta a modo de ejemplo ilustraciones de la pantalla principal del tablero de control. Los indicadores y gráficos mostrados no corresponden a ningún periodo

en particular. En esta sección se han incorporado las tarjetas sugeridas por el gerente área, escogiéndolas por su relevancia y capacidad de indicar la situación del sistema rápidamente.



Figura 17: Pantalla principal del tablero de control. Fuente: Elaboración propia

Las métricas y gráficos utilizados se detallan a continuación:

Cantidad de equipos

- Objetivo: Identificar la cantidad de equipos monitoreados hasta el momento en el que se realiza la revisión. Además, se agrega por debajo de esta métrica, el cambio en la cantidad con respecto al periodo pasado (semana anterior). El color de la fuente cambia dependiendo de si hay un crecimiento o decrecimiento, utilizándose el color verde cuando aumente la cantidad, y rojo cuando se reduzca.
- Forma de cálculo: Sumatoria de códigos identificatorios de equipos únicos.
- Fuente de información: Base de datos de equipos, utilizando el campo "ID".

Mapa de equipos

- Objetivo: Conocer la distribución geográfica de los equipos monitoreados.
- Fuente de información: Base de datos de equipos. Se utiliza el campo "Posición" que contiene la latitud y longitud del lote monitoreado.

Cantidad de fallas

- Objetivo: Identificar la cantidad de fallas detectadas en los dispositivos hasta el momento de realizar la revisión. Esta métrica brinda información esencial para conocer el nivel de servicio entregado a los clientes hasta el momento. Además, se agrega por debajo de esta métrica, el cambio en la cantidad con respecto al periodo pasado (semana anterior). El color de la fuente cambia dependiendo si hay un crecimiento en la cantidad. Se utiliza el color rojo en caso de haber un aumento de fallas y el color verde en caso de no haberse detectado averías en dispositivos en la semana analizada.
- Forma de cálculo: Sumatoria de los códigos identificatorios de fallas.
- Fuente de información: Base de datos de fallas. Se utiliza el campo "HDW_Issue_ID"

MTTR

- Objetivo: Conocer el tiempo medio de respuesta antes las fallas en los dispositivos. Este valor, expresado en horas, representa el tiempo promedio que transcurre entre el origen de la avería y el arreglo del problema. Los valores presentados corresponden a todas las fallas que se hayan detectado desde el principio de la campaña de riego. Se utiliza, además, un reloj tipo Gauge que contiene tres colores con el objetivo de comparar rápidamente el valor calculado con el esperado según los objetivos anuales presentados por la empresa:
 - Verde: $0 < MTTR \leq 100$
 - Amarillo: $100 < MTTR \leq 200$
 - Rojo: $200 < MTTR$
- Forma de cálculo: Se muestra en la Fórmula 1:

$$\frac{\sum TTR}{\sum Fallas} \quad (1)$$

Fórmula 1: Tiempo Medio de Respuesta (MTTR)

Fuente: Fernández Sierra *et al*, 2018

- Fuente de información: Base de datos de fallas, promedio de los valores del campo "TTR".

MTTD

- **Objetivo:** Conocer el tiempo medio de detección antes las fallas en los dispositivos. Este valor, expresado en horas, representa el tiempo promedio que transcurre entre el origen de la avería y la creación del ticket del problema. Los valores presentados, corresponden a todas las fallas que se hayan detectado desde el principio de la campaña de riego. Se utiliza, además, un reloj tipo Gauge que contiene tres colores con el objetivo de comparar rápidamente el valor calculado con el esperado según los objetivos anuales presentados por la empresa:
 - Verde: $0 < \text{MTTD} \leq 12$
 - Amarillo: $12 < \text{MTTD} \leq 36$
 - Rojo: $36 < \text{MTTD}$
- **Forma de cálculo:** Se muestra en la Fórmula 2:

$$\frac{\sum(\text{Fecha de detección} - \text{Fecha de falla})}{\sum \text{Fallas}} \quad (2)$$

Fórmula 2: Tiempo Medio de Detección (MTTD).

Fuente: Plutora, 2020

- **Fuente de información:** Base de datos de fallas, utilizando los campos "Creation_Date" (Fecha de falla) y "Diagnostic_Date" (Fecha de detección).

Cantidad de fallas por equipo

- **Objetivo:** Identificar la cantidad de fallas detectadas por equipo monitoreado. El color de la fuente del indicador varía dependiendo si es mayor o menor al valor objetivo planteado por la empresa de 0,7 fallas por equipo. Además, se agrega por debajo de esta métrica, el cambio con respecto al periodo pasado (semana anterior). Se cambia el color de la fuente dependiendo si hay un crecimiento o decrecimiento con respecto al periodo anterior, se utiliza el color rojo en caso de haber un aumento en el indicador y el color verde denotando una reducción en el valor presentado.
- **Forma de cálculo:** Se muestra en la Fórmula 3:

$$\frac{\sum \text{Fallas}}{\sum \text{Equipos}} \quad (3)$$

Fórmula 3: Fallas por equipo.

Fuente: Elaboración propia

- Fuente de información: Base de datos de fallas y base de datos de equipos. Se hace un conteo de los códigos identificatorios de los equipos y fallas.

Demora en instalación promedio

- Objetivo: Conocer el retraso en el comienzo del envío de los datos en comparación con lo pactado comercialmente. Si bien la demora se puede dar por diferentes motivos aislados al área, normalmente es originado por falta de capacidad del área, comenzando desde el ensamble de los dispositivos. El color de fuente de la métrica varía dependiendo si se está por encima o por debajo del objetivo anual. Se utiliza el color verde cuando el valor sea menor al buscado y rojo cuando este sea mayor. Además, se agrega por debajo de esta métrica, el cambio en la cantidad con respecto al periodo pasado (semana anterior). El color de la fuente cambia dependiendo si hay un crecimiento o decrecimiento. Se utiliza el color rojo en caso de haber una mayor demora, y verde en caso de que se haya disminuido con respecto a la semana anterior.
- Forma de cálculo: Se muestra en la Fórmula 4:

$$\frac{\sum \text{Fecha de instalación} - \text{Fecha pactada}}{\sum \text{solicitudes con estado "cerrada"}} \quad (4)$$

Fórmula 4: Demora de instalación promedio.

Fuente: Elaboración propia

- Fuente de información: Base de datos de solicitudes de trabajo y base de datos de equipos. Se calcula para cada equipo la diferencia entre la fecha del campo "FechaInstalación" (de la base de datos de equipos) y la fecha del campo "Fecha" (de base de datos de solicitudes) de aquellas solicitudes que posean el valor "Instalación" en el campo "Tipo".

4.3.2.2 Equipos monitoreados

En la Figura 18 se presenta una representación de la pantalla que resume la información sobre los equipos monitoreados durante el periodo analizado.



Figura 18: Pantalla de equipos del tablero de control. Fuente: Elaboración propia

La pantalla contiene las tarjetas de cantidad y mapa de equipos descriptas anteriormente. Las demás métricas y gráficos se detallan a continuación:

Gráfico de Pareto de equipos registrados

- Objetivo: Conocer la distribución de cantidad de equipos por zonas, identificando las regiones con riego con mayor y menor concentración de equipos monitoreados.
- Fuente de información: Base de datos de equipos. Se realiza un conteo por zona y se representan mediante barras ordenándolas de mayor a menor cantidad de equipos.

Gráfico de torta de equipos instalados

- Objetivo: Mostrar la cantidad de dispositivos instalados frente a los que no lo están debido a una instalación pendiente o desinstalación por contrato acabado. Esta información brinda información esencial para conocer el porcentaje de equipos, no solo los equipos que deben estar instalados según contrato, sino también los que deben ser desinstalados y se encuentran en las inmediaciones de los clientes.
- Fuente de información: Base de datos de equipos. Se utiliza el campo "Estado".

Gráfico de torta de equipos mapeados

- Objetivo: Mostrar la cantidad de dispositivos mapeados frente a los que no lo están. Este gráfico brinda la información necesaria para conocer el porcentaje de equipos que deben ser mapeados para que los datos se registren en el sistema de la empresa.
- Fuente de información: Base de datos de equipos. Se utiliza el campo "Mapeo".

Cantidad de equipos sin el alta hecho

- Objetivo: Indicar la cantidad de equipos instalados, pero sin el alta hecho. Este número debe ser lo menor posible, ya que, si un equipo no está dado de alta, las demás áreas de la empresa desconocen los datos de la maquinaria monitoreada.
- Forma de cálculo: Sumatoria de códigos identificatorios de equipos únicos que tengan la condición de falso en el campo "Alta".
- Fuente de información: Base de datos de equipos. Se utiliza el campo "Alta".

4.3.2.3 Fallas en dispositivos

En la Figura 19 se presenta una representación de la pantalla que resume la información sobre las fallas presentadas en los dispositivos durante el periodo analizado.



Figura 19: Pantalla de fallas del tablero de control. Fuente: Elaboración propia

La pantalla contiene las tarjetas de cantidad de fallas, MTTR, MTTD y fallas por equipo descritas anteriormente. Las demás métricas y gráficos se detallan a continuación:

Gráfico de torta de fallas por componente

- **Objetivo:** Mostrar el porcentaje de fallas detectadas por componente averiado durante el periodo analizado. La presentación de este gráfico brinda la información necesaria para conocer la parte de los dispositivos de toma de datos que presenta mayores problemas y asistiendo a la toma de decisiones relacionada con esta temática.
- **Fuente de información:** Base de datos de fallas. Se utiliza el campo "Dispositivo".

Gráfico de Pareto de tipo de fallas

- **Objetivo:** Conocer la distribución de los tipos de fallas presentadas durante el periodo analizado, resaltando los problemas más recurrentes que hayan surgido. Se muestran únicamente las cinco fallas más frecuentes que surgieron durante la semana analizada, con el objetivo de resumir y exponer las principales fallas presentadas.
- **Fuente de información:** Base de datos de fallas. Se realiza un conteo por tipo de falla y se representan mediante barras ordenándolas de mayor a menor cantidad de averías detectadas.

Mapa de fallas

- **Objetivo:** Conocer la distribución geográfica de las fallas detectadas en el periodo analizado. Es útil para hacer una comparación con la distribución zonal de los técnicos reparadores, identificando las zonas con mayor concentración de problemas.
- **Fuente de información:** Base de datos de equipos y base de datos de fallas. Una vez identificado el equipo que sufrió la falla, se utiliza el campo "Posición" que contiene la latitud y longitud del lote monitoreado.

Gráfico de Pareto de fallas por zona

- **Objetivo:** Comprender la distribución de fallas por zona CREA monitoreada en el periodo analizado. Esta información es vital para la toma de decisiones

relacionada con las solicitudes de trabajo a los técnicos de campo. Además, brinda información necesaria para conocer el nivel de servicio ofrecido a los clientes según las zonas de mayor interés comercial.

- Fuente de información: Base de datos de equipos y base de datos de fallas. Una vez identificado el equipo que sufrió la falla, se utiliza el campo “Zona”.

Gráfico temporal de fallas detectadas

- Objetivo: Conocer la distribución temporal de las fallas detectadas, con el fin de comprender la evolución temporal del nivel de servicio ofrecido a los clientes. Además, se agrega en el gráfico dos líneas que representan medias móviles de cinco y diez semanas, las cuales brindan la información necesaria para comprender la tendencia de la serie a corto y mediano plazo.
- Fuente de información: Base de datos de fallas. Se utiliza el campo “Creation_Date”.

4.3.2.4 Órdenes y solicitudes de trabajo

En la Figura 20 se presenta una representación de la pantalla que resume la información sobre las órdenes de trabajo solicitadas durante el periodo analizado.



Figura 20: Pantalla de órdenes de trabajo del tablero propuesto. Fuente: Elaboración propia

La pantalla contiene la tarjeta de demora de instalación promedio descrita anteriormente. Las demás métricas y gráficos se detallan a continuación:

Cantidad de solicitudes pendientes

- **Objetivo:** Advertir sobre la suma de las solicitudes de trabajo que aún no han sido resueltas hasta el momento de la revisión. El tener solicitudes sin resolver no solo repercute en la demora de instalación o desinstalación de equipos, sino que afecta negativamente al tiempo medio de respuesta antes fallas (MTTR).
- **Forma de cálculo:** Forma de cálculo: Se hace un conteo de las solicitudes creadas con el valor falso en el campo “estado”.
- **Fuente de información:** Base de datos de solicitudes de trabajo. Se utilizan los campos de código y estado de las solicitudes.

Cantidad de solicitudes cerradas

- **Objetivo:** Notar la cantidad de trabajos realizados por los técnicos durante el periodo analizado, con el objetivo de conocer la capacidad y eficacia de los mismos.
- **Forma de cálculo:** Se hace un conteo de las solicitudes creadas con el valor verdadero en el campo “estado”.
- **Fuente de información:** Base de datos de solicitudes de trabajo. Se utilizan los campos de código y estado de las solicitudes.

Mapa de solicitudes

- **Objetivo:** Conocer la distribución geográfica de las solicitudes creadas en el periodo analizado con el objetivo de conocer las zonas de mayor concentración. Esta información es útil para administrar y tomar decisiones relacionadas con los técnicos de campo. Las distancias recorridas por ellos son largas, por lo que se debe tener en cuenta el tiempo que transcurre entre los trabajos realizados para no desbordar la capacidad.
- **Fuente de información:** Base de datos de equipos y base de datos de solicitudes. Una vez identificado el equipo al que se le realiza el trabajo, se utiliza el campo “Posición” que contiene la latitud y longitud del lote monitoreado.

Gráfico de torta de solicitudes por técnico

- **Objetivo:** Mostrar el porcentaje de solicitudes creadas por técnico de campo. El gráfico presenta la información necesaria para conocer los reparadores con mayor concentración de trabajos durante el periodo analizado.
- **Fuente de información:** Base de datos de solicitudes. Se utiliza el campo "Técnico".

Gráfico temporal de solicitudes creadas

- **Objetivo:** Conocer la distribución temporal de las solicitudes creadas, con el fin de comprender la evolución temporal de la demanda de técnicos con el objetivo de mantener el nivel de servicio lo más alto posible.
- **Fuente de información:** Base de datos de solicitudes. Se utiliza el campo "DateTime".

4.4 Recomendaciones de herramienta de gestión de dispositivos

En base a las características relevadas de la herramienta de gestión de dispositivos (Appsheet) y las falencias detectadas en los registros de equipos, se enlistan recomendaciones propuestas para optimizar el flujo de administración de instrumentos utilizados en el sistema de monitoreo.

- es fundamental evitar el uso de las planillas de cálculo de Google (o Google Sheets) como base de datos. El migrar a una base de datos usualmente utilizada en estos sistemas, como MySQL o PostgreSQL soluciona problemas como:
 - **escalabilidad:** La cantidad de registros es limitada y la herramienta se vuelve lenta al aumentar la cantidad de datos almacenados
 - **propenso a errores:** La facilidad de uso de una hoja de cálculo es también su debilidad. Los usuarios pueden escribir y modificar las celdas sin ninguna validación
 - **a comparación de las bases de datos tradicionales,** las operaciones de administración de la estructura de datos (como consultas o uniones) son más complejas y laboriosas
- en base a proyecciones de la empresa, la cantidad de equipos monitoreados se espera que sea altamente superior a la actual. Esto quiere decir que la cantidad de personas necesarias para la gestión de dispositivos (y otras áreas también) probablemente sea mayor. Por lo tanto, se vuelve un requerimiento que la cantidad de usuarios permitidos no sea limitada a diez únicamente

- se propone desarrollar una instancia de prueba o desarrollado, la cual es una copia de la versión actual del sistema. Las instancias de prueba permiten a los usuarios y desarrolladores probar nuevas funciones o componentes del software sin afectar el entorno utilizado diariamente
- es primordial que la herramienta de gestión pueda ser utilizada sin conexión a internet. Usualmente, los técnicos de campo se encuentran en estancias donde la conexión móvil no es suficiente o es irregular, por lo que dificulta la consulta y carga de los registros solicitados
- el poseer una herramienta desarrollada por el mismo equipo de la empresa no solo tiene como objetivo brindar un *software* personalizado, sino también que ofrece la posibilidad de tener un soporte interno que solucione los problemas que se presenten en la aplicación
- se deben cumplir las propuestas en la toma de datos desarrolladas en el punto 4.2. Entre ellas, se destaca la consistencia en el formato de fechas, el uso de campos obligatorios y la estandarización de los campos con nombre propio. De cumplir con estas sugerencias, el conjunto de datos utilizado para generar las gráficas y métricas no debería contener valores incoherentes o faltantes
- el tablero de control desarrollado en los anteriores puntos debe estar incrustado en la herramienta de gestión propuesta. Al ser esta la aplicación central del área operativa, la información sobre las métricas y objetivos planteados deben tener lugar en el software con el objetivo de unificar todas las funciones en una misma herramienta. Google Data Studio, da la posibilidad de extraer en tiempo real la presentación elaborada, por lo que se automatiza el muestreo de datos fácilmente

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se realiza un análisis y relevamiento del servicio ofrecido por la empresa y los procesos más relevantes con el fin de desarrollar un tablero de control que permita optimizar la toma de decisiones relacionada al área operativa.

El desarrollo comienza con un análisis del contexto en el que se encuentra la empresa tanto mundial, como local y particular. Se llega a la conclusión de que el sistema de servicio desarrollado se encuentra en un entorno sumamente favorable debido a la fuerte implementación que se ha visto en los últimos años de estas nuevas tecnologías en el sector agropecuario. Se ha visto que pese a ser un ecosistema emergente, el crecimiento de este mercado, tanto nacional como internacionalmente, es exponencial y así lo reflejan las proyecciones internas de la empresa.

Se ha descrito, además, la situación problemática que atraviesa la empresa. La falta de control de los dispositivos es un inconveniente que la organización debe solucionar para garantizar un buen servicio ofrecido. Los ambientes hostiles en los que toman datos los sensores de monitoreo sumado a un sistema de gestión con herramientas ineficaces dan como resultado un sistema de servicio poco robusto en una empresa que tiene como objetivo aumentar la cantidad de máquinas de riego monitoreadas exponencialmente.

Posteriormente, se ha desarrollado una descripción profunda de la empresa, en donde se ha descrito el sistema de servicio y su estructura organizacional. Además, se ha hecho un relevamiento y detalle de los procesos de gestión de dispositivos y fallas y de las bases de datos utilizadas. Se ha especificado, además, la herramienta de gestión y sus principales falencias: falta de robustez en la base de datos, usuarios limitados, imposibilidad de uso fuera de línea y falta de instancias de prueba entre otros.

Se ha realizado un análisis exploratorio de los registros contenidos en las bases de datos descritas anteriormente. En primera instancia, se hizo una evaluación y selección de las herramientas usualmente utilizadas en estos procesos. Haciendo uso de la licencia de estudiantes ofrecida por los desarrolladores del *software*, se ha escogido Tableau Prep Builder por su sencilla y completa interfaz. Luego, se ha realizado un acondicionamiento de los datos, en donde se han hecho modificaciones en los formatos de fechas, eliminado registros con campos imprescindibles vacíos, corregido formato de textos y unificados valores entre otros. Una vez hecha la limpieza de datos, se han creado las visualizaciones de gráficos y métricas haciendo uso de la herramienta Google Data Studio.

En el segmento de Análisis y propuestas de mejora, se han desarrollado las conclusiones del análisis exploratorio detallado en el Desarrollo. Entre las principales

deducciones, se destacan las siete zonas en las que la empresa no ha monitoreado equipos este año, la fuerte presencia de la organización en el Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, el registro de más de una rotura de dispositivos por equipo de monitoreo, el elevado tiempo de respuesta de casi 450 horas y la distribución geográfica de los técnicos en relación a la densidad de equipos monitoreados. Este análisis da como resultado un alto potencial de expansión para la empresa, pero un sistema de servicio sumamente débil por la falta de control de control de los dispositivos y el bajo tiempo de respuesta ante las fallas que se presentan.

En base al análisis realizado y las problemáticas que han saltado a la vista, se plantea un tablero de control que optimice la revisión y el control de los dispositivos en campo. El cuadro de mando contiene cuatro pantallas, una que contiene información resumida sobre todos los procesos del área, y otras tres que ofrecen información sobre los procesos de gestión de equipos, fallas y solicitudes de trabajo. Además, se exponen recomendaciones para el desarrollo de una nueva aplicación de gestión de dispositivos que, además de incluir el tablero propuesto, tiene como objetivo optimizar la herramienta más utilizada por los gerentes del área operativa de la empresa.

Personalmente, es realmente motivante hacer uso de conceptos vistos durante la carrera en una empresa. Combinando estos instrumentos con diferentes tecnologías, se puede llegar a resultados sumamente beneficiosos para una organización.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ARCAP (2021). Estudio de la Industria de Capital Privado, Emprendedor y Semilla en Argentina: Primer semestre 2021. Extraído el 20 de enero de 2022, de: <https://arcap.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-1S-Reporte-de-la-Industria.pdf>
- ARMANDO, A. J. (1994). Introducción al tratamiento de series temporales: aplicación a las ciencias de la salud
- BRAVO CARRASCO, J. (2009). Gestión de Procesos (Con Responsabilidad Social). Ed. Evolución S.A. Santiago de Chile
- C. Cote (2021). What is Diagnostic Analytics? Extraído el 26 de enero de 2022, de: <https://online.hbs.edu/blog/post/diagnostic-analytics#:~:text=Diagnostic%20analytics%20is%20the%20process,descriptive%20analytics%20to%20identify%20trends.>
- CÁCERES, V. E. (2012). Cuadro de mando integral y su aplicación en una empresa del rubro plástico: ITAM-PLAS. Trabajo de investigación. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Cuyo.
- CANO, J. L. (2007). Business Intelligence: Competir con información. Fundación Banesto
- CARRO PAZ, R.; GONZÁLEZ GOMÉZ, D. (2000). Administración de las Operaciones. Capítulo 11: Control estadístico de procesos.
- Conexión ESAN (2016). ¿Qué es el mapa de procesos de la organización? Extraído el 21 de enero de 2022, de: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/que-es-el-mapa-de-procesos-de-la-organizacion>
- Deloitte (2016). From Agriculture to AgTech: An industry transformed beyond molecules and chemicals. Extraído el 16 de mayo de 2022, de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/consumer-industrial-products/Deloitte-Transformation-from-Agriculture-to-AgTech-2016.pdf>
- Endeavor Argentina (2021). Agtech en Argentina: un análisis del sector y de las startups que lo conforman. Extraído el 19 de enero de 2022, de <https://www.endeavor.org.ar/blog-article-innovacion-agtech-en-argentina-un-analisis-del-sector-y-de-las-startups-que-lo-conforman/>
- FERNÁNDEZ SIERRA, C.; CALVO, E. A. (2018). Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras. Capítulo 2: Introducción a la ingeniería de la fiabilidad. España. Universidad de Cantabria.

- SAEZ, G. (2021). ¿Qué es AppSheet y por qué todo el mundo habla de esta tecnología? Extraído el 22 de mayo de 2022, de: <https://tailorsheet.com/que-es-appsheet-y-por-que-todo-el-mundo-habla-de-esta-tecnologia/>
- GALGANO, A. (1995). Los siete instrumentos de la calidad total. Capítulo 9: Diagrama de Pareto. Ed. Díaz de Santos.
- GÓMEZ FUENTES, M. (2013). Apuntes de cátedra de Base de Datos de la División de Ciencias Naturales e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Google (2022). Manage AppSheet in your organization. Extraído el 22 de mayo de 2022, de: <https://support.google.com/a/answer/10100275?hl=en#:~:text=What%20is%20AppSheet%3F,Salesforce%2C%20and%20other%20similar%20connectors>
- HERRERA FONTALVO, T. J.; SCHMALBACH VERGARA J. C. (2010). La gestión de la calidad en los servicios.
- INDEC (2019). Censo Nacional Agropecuario. Extraído el 25 de marzo de 2022, de: https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/economia/cna2018_resultados_definitivos.pdf
- INDEC (2021). Intercambio comercial argentino. Extraído el 20 de enero de 2022, de: https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/ica_03_224AA839A101.pdf
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. (2002). Cuadro de Mando Integral. Ed. Gestión 2000.
- MALLAR, M. A. La gestión por procesos: Un enfoque de gestión eficiente, Visión de Futuro, vol. 13, num. 1, junio 2010.
- MORA GARCÍA, L. A. (2011). KPI: Los indicadores claves del desempeño logístico. Colombia. Fundación de Estudios Superiores Comfanorte.
- NAVARRO, A. I.; SOLER, M. J.; AVALLE, P. S.; VILLAGGI, A.; CERRANO, V. A.; MOINE, V. L. (2019). Análisis, diagnóstico y recomendaciones para la aceleración del Ecosistema Agtech en Rosario y su región. Universidad Austral. Rosario.
- Oracle (2022), ¿Qué es una base de datos? Extraído el 5 de marzo de 2022, de <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>
- P. Patil (2018). What is Exploratory Data Analysis? Extraído el 25 de enero de 2022, de: <https://towardsdatascience.com/exploratory-data-analysis-8fc1cb20fd15>
- PARDO ÁLVAREZ, J. M. (2018). Configuración y usos de mapa de procesos. Ed. AENOR Internacional. Madrid
- Plutora (2020). Failure Metrics in Depth: MTTR vs. MTBF vs. MTTF. Extraído el 5 de marzo de 2022, de <https://www.plutora.com/blog/failure-metrics-mttr-vs-mtbf-vs-mttf>

- Statista (2021). Agricultural technology (Agtech) market value worldwide from 2020 to 2025, by region. Extraído el 23 de febrero de 2022, de <https://www.statista.com/statistics/1222535/worldwide-agricultural-technology-market-value-by-region/>
- Tableau (2022). Tableau Prep Builder. Extraído del 20 de marzo de 2022, de <https://www.tableau.com/es-es/products/prep>
- Universia (2022). Las mejores herramientas de visualización de datos. Extraído el 20 de marzo de 2022, de <https://www.universia.net/es/actualidad/orientacion-academica/las-mejores-herramientas-de-visualizacion-de-datos.html>
- VAN DEN BROECK, J.; CUNNINGHAM, S. A.; ECKELS, R.; HERBST, K. (2005). Data cleaning: detecting, diagnosing, and editing data abnormalities. Sudáfrica.

VII. ANEXOS

ANEXO I

En este anexo se presentan figuras sobre las bases de datos trabajadas durante el desarrollo del trabajo.

HDW_Issue_ID	Creation_Date	Estado	Diagnostic_Date	Field_Rep_Date	Close_Date	TTR	HDW_Issue	Dispositivo	ID Equipo
7e8cb5cf	9/18/2020	Closed		10/23/2020 0:00:00	23/10/2020	840	Nodo no transmite	NODO	EQ368
899c2784	10/2/2020	Closed		10/23/2020 0:00:00	23/10/2020	504	Otro	GTW	EQ300
bb400324	10/3/2020	Closed		10/19/2020 0:00:00	19/10/2020	384	Mal conectado	PRESION	EQ93
2392d059	10/5/2020	Closed		10/13/2020 0:00:00	03/10/2020	192	No transmite	GTW	EQ118
a417c3a3	10/5/2020	Closed		12/3/2020 0:00:00	12/3/2020	1416	Intermitencia ALTA	NODO	EQ129
1fbbbe33	10/5/2020	Closed		12/4/2020 0:00:00	12/4/2020	1440	No transmite	GTW	EQ305
32a55187	10/5/2020	Closed		10/20/2020 0:00:00	0 GMT-0300 (hor	360	Intermitencia ALTA	NODO	EQ278

Figura 21: Base de datos de equipos. Fuente: Elaboración propia

ID_Detalle	ID_OT	DateTime	Tecnico	Equipo	Tipo	Dispositivo
798f55e5	5e832d9e	22/12/2020	Gastón Canle	EQ374	Reparación	Gateway
0be7f620	5e832d9e	22/12/2020	Gastón Canle	EQ374	Reparación	Sensor de posición
819468d1	b9108a66	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ162	Reparación	Sensor de posición
44a0c67c	b9108a66	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ112	Reparación	Sensor de posición
a0dfd860	e9d3549b	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ101	Reparación	Gateway
2bce43f2	e9d3549b	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ97	Reparación	Gateway
8a667052	e9d3549b	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ100	Reparación	Sensor de posición
311df853	74bcaa3e	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ112	Reparación	Sensor de posición
6007c3e9	74bcaa3e	23/12/2020	Ulises Olmos	EQ91	Reparación	Sensor de posición

Figura 22: Base de datos de fallas. Fuente: Elaboración propia

ANEXO II

En este anexo se encuentran figuras sobre las herramientas utilizadas para llevar a cabo el acondicionamiento de datos y en análisis exploratorio.

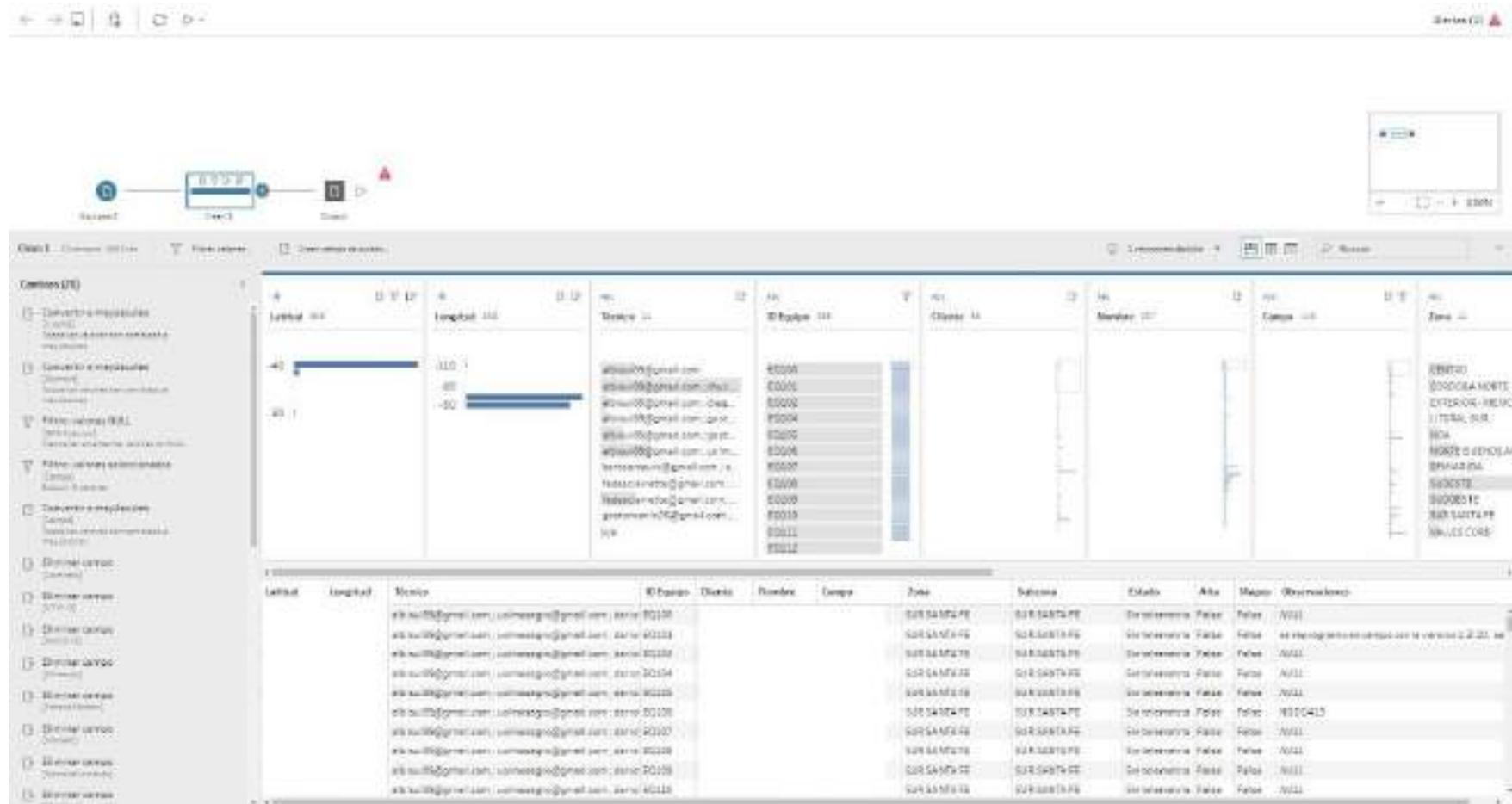


Figura 23: Visualización de la base de datos de equipos en la herramienta Tableau Prep Builder. Fuente: Elaboración propia

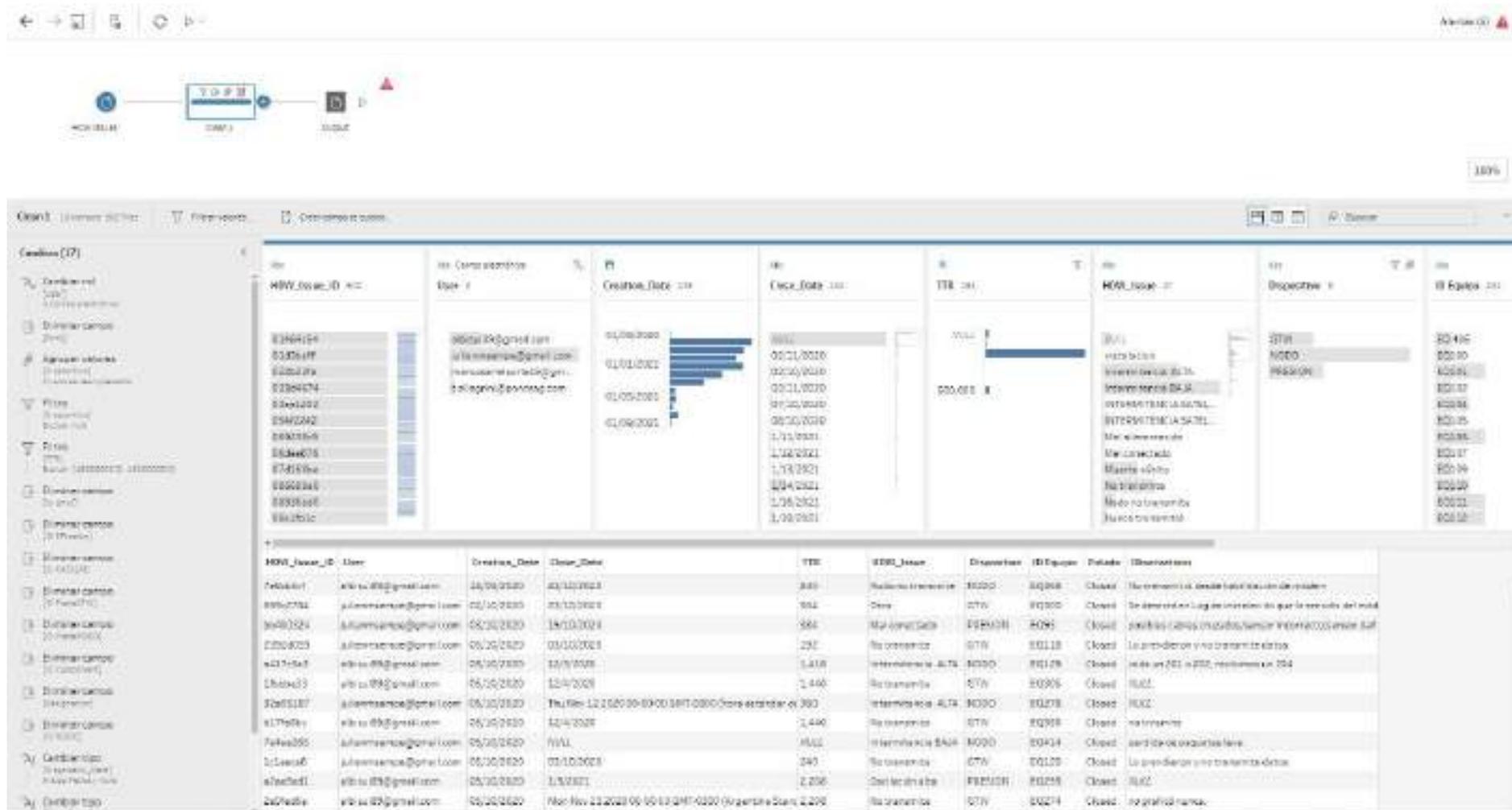


Figura 24: Visualización de la base de datos de fallas en la herramienta Tableau Prep Builder. Fuente: Elaboración propia

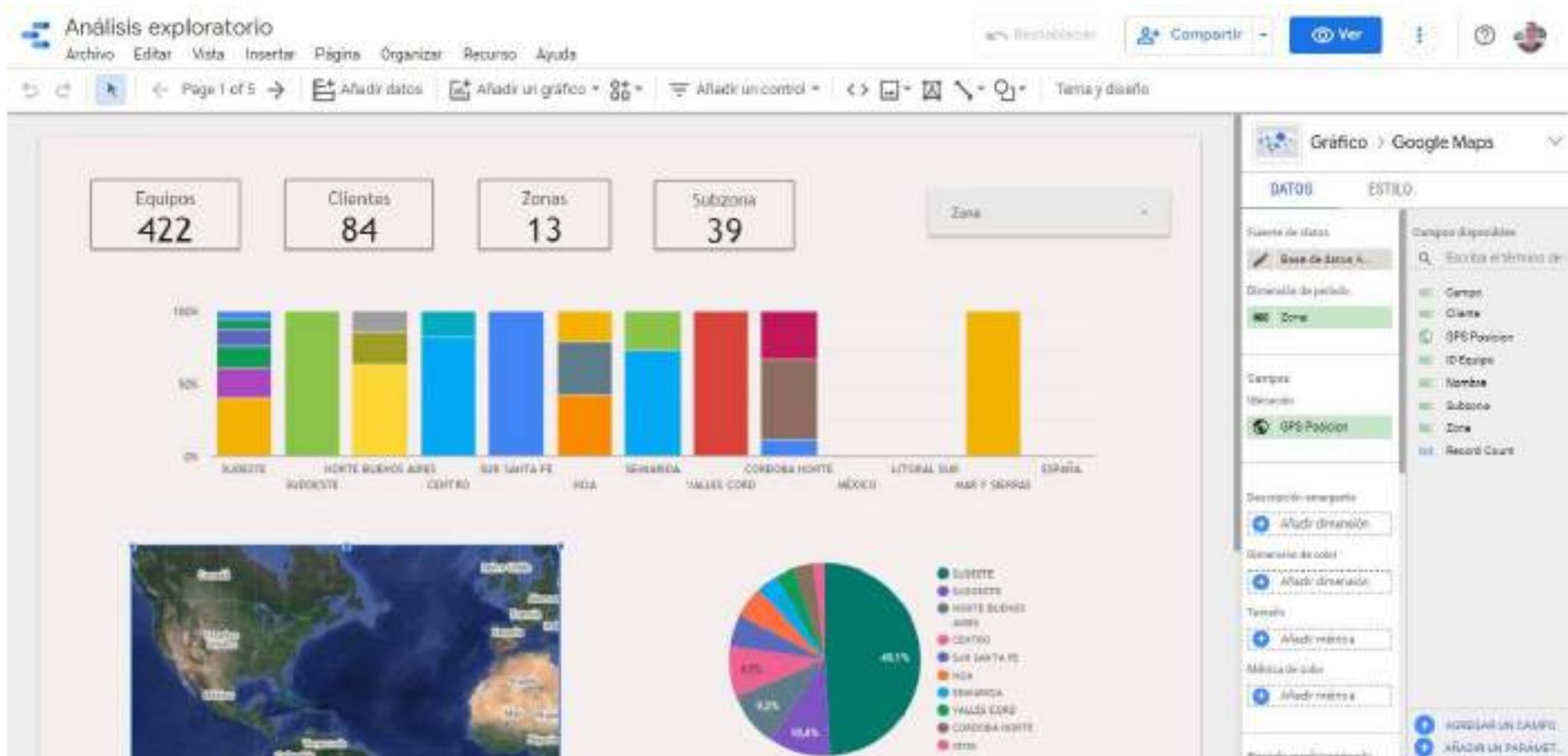


Figura 25: Pantalla de la herramienta Google Data Studio. Fuente: Elaboración propia