

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO - CHILE



**“IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA BI
PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO”**

SERGIO ANDRÉS LIZANA MENDOZA

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

Profesor Guía: UDO RHEINSCHMIDT
Profesor Correferente: JOSÉ LUIS MARTÍ LARA

AGOSTO - 2023

Dedicado a mi familia, gracias por el apoyo fundamental a lo largo de mi carrera y por todo en mi vida. Esto es un logro nuestro.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer infinitamente a mi pilar fundamental, mi familia. Gracias por el apoyo y la oportunidad de poder ser profesional, por esos años de educación, preocupación y dedicación. Muchas gracias, mamá, papá y hermanos.

También me gustaría agradecer a cada uno de los profesores que conocí en este camino, especialmente a los del Departamento de Ingeniería Mecánica, por la entrega de conocimiento, consejos y el traspaso de experiencias.

Me gustaría finalizar, agradeciendo enormemente a los profesores Udo Rheinschmidt y José Luis Martí Lara, por su apoyo en el desarrollo de esta memoria.

RESUMEN

En este trabajo, se muestra la implementación y aplicación de una herramienta de inteligencia de negocio (*BI – Business Intelligence*) enfocada en la mejora significativa de la gestión de mantenimiento, esto buscando una solución de gestión basada en el análisis de datos. El desarrollo se enfoca en los procesos posteriores a la recolección o toma de datos, es decir, se enfoca principalmente desde la selección de los datos relevantes para el mantenimiento, evaluar la relevancia de estos para los distintos grupos de interés y así generar visualizaciones adecuadas que permitan una mejor gestión, en base a datos reales obtenidos en terreno, relevantes, fiables y entregados de manera oportuna. Principalmente se ha concluido que la gestión de mantenimiento basada en visualizaciones relevantes en distintos niveles organizacionales dentro de la empresa se ha visto beneficiada de manera visible por parte de los grupos que forman parte de la gestión, que mejora la accesibilidad de los datos de terreno junto con su transparencia y que, al tener disponibles visualizaciones comprensibles y adecuadas, se pueden tomar mejores decisiones basadas en datos.

Palabras Clave: Inteligencia empresarial, Análisis de datos, Tableau, Mantenimiento, Gestión.

ABSTRACT

In this work, we show the implementation and application of a business intelligence (BI) tool focused on the significant improvement of maintenance management, looking for a management solution based on data analysis. The development focuses on the processes after data collection, i.e., it focuses mainly on the selection of relevant data for maintenance, assessing the relevance of these for the different stakeholders and thus generating appropriate visualizations that allow better management, based on real data obtained in the field, relevant, reliable and delivered in a timely manner. Mainly, it has been concluded that maintenance management based on relevant visualizations at different organizational levels within the company has visibly benefited the stakeholders, that it improves the accessibility of field data together with its transparency and that, by having understandable and appropriate visualizations available, better data-driven decisions can be made.

Keywords: Business intelligence, Data Analytics, Tableau, Maintenance, Management.

GLOSARIO

BI: *Business Intelligence* – Inteligencia empresarial

ETL: Extracción, Transformación y Carga

FDM: *Field Data Management* – Inteligencia empresarial

IRIS: *Intelligent Responsive Information System* – Sistema inteligente de información con capacidad de respuesta

MA: *Maintenance Analysis* – Análisis de mantenimiento

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....3

RESUMEN 4

ABSTRACT.....4

GLOSARIO.....5

INDICE DE CONTENIDOS 6

INDICE DE FIGURAS.....7

INDICE DE TABLAS 8

INTRODUCCIÓN 9

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA / SITUACIÓN ACTUAL 11

1.1 DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN 11

1.2 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 11

1.3 PRINCIPALES PROBLEMAS 13

1.4 STAKEHOLDERS 13

1.5 OBJETIVOS.....14

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE 15

1.6 MARCO TEÓRICO.....15

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....21

1.7 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS.....21

1.8 GESTIÓN DE DATOS 25

1.9 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN. 31

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN 33

1.10 IMPLEMENTACIÓN Y BENEFICIOS POR LOGRAR 33

1.11 ESPECIFICACIONES SERVIDOR PARA ANÁLISIS DE DATOS.....33

1.12 EXTRACCIÓN, TRANSFERENCIA, LIMPIEZA Y CARGA DE DATOS UTILIZANDO TABLEAU PREP.....33

1.13 LIMPIEZA DE ARCHIVOS RESIDUALES. 34

1.14 VISUALIZACIONES CREADAS PARA DISTINTOS GRUPOS DE INTERÉS Y RESPONDIENDO A LOS
REQUERIMIENTOS.....35

1.15 OPINIONES DE STAKEHOLDERS 44

1.16 MEJORAS LOGRADAS EN TÉRMINOS DEL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS 44

1.17 POSIBLES DESARROLLOS POSTERIORES.....45

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES 48

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama básico de estructura principal o jerarquía de los datos en la base de datos productiva del sistema de gestión de datos en terreno 40

Figura 2: Diagrama básico de estructura de datos por lograr en base de datos para análisis y visualización. 40

Figura 3: Programa para realizar limpieza de archivos residuales..... 404

Figura 4: Visualización de estadísticas de mantenimiento 40

Figura 5: Visualización de estado operacional de los equipos luego de la última acción de mantenimiento recibida. 40

Figura 6: Detalles desplegados en visualización del estado operacional de los equipos 40

Figura 7: Visualización del riesgo existente de exceder límites de desgaste, de manera previa a la próxima acción de mantenimiento programada 40

Figura 8: Detalles desplegados en visualización de riesgo de exceder límite de desgaste de manera previa a la próxima acción de mantenimiento programada..... 40

Figura 9: Visualización sobre previsión de cambio de repuestos en próximos servicios y/o acciones de mantenimiento programadas 40

Figura 10: Detalles desplegados en visualización de previsión de cambio de repuestos..... 40

Figura 11: : Visualización en detalle sobre previsión de cambio de repuestos en próximos servicios y/o acciones de mantenimiento programadas 40

Figura 12: Visualización sobre el historial de partes y/o repuestos reemplazados durante cierto periodo de tiempo 401

Figura 13: Detalles de visualización del historial de cambio de partes o repuesto 40

Figura 14: Visualización sobre el programa de inspecciones y mantenimientos 42

Figura 15: Visualización sobre los reportes de actividad de los equipos técnicos 43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requerimientos técnicos de la solución 21

Tabla 2: Requerimientos funcionales de la solución 22

INTRODUCCIÓN

La gestión de activos en la era de la digitalización es un desafío constante para las organizaciones, especialmente cuando se trata de garantizar la eficiencia y la efectividad en el mantenimiento (Liyanage & Kumar, 2018). La creciente necesidad de utilizar datos en tiempo real para optimizar las operaciones ha llevado a las empresas a explorar soluciones basadas en tecnología para mejorar sus procesos de mantenimiento (Amadi-Echendu et al., 2011). En este contexto, las herramientas de inteligencia empresarial (BI) como Tableau ofrecen oportunidades valiosas para analizar y visualizar los datos generados en el "field data management" (Few, 2013).

En un mundo cada vez más interconectado, donde la transformación digital ha tocado prácticamente todos los rincones de la industria, la capacidad de las organizaciones para adaptarse, optimizar y evolucionar se ha vuelto esencial. La gestión de activos en empresas, en particular, enfrenta desafíos complejos que van desde el mantenimiento preventivo hasta el análisis predictivo. Este documento pretende arrojar luz sobre estos desafíos, proponer soluciones innovadoras y destacar los beneficios de integrar tecnologías modernas en los procesos de gestión.

El Capítulo 3, titulado "Diseño de la Solución", es un viaje a través del meticuloso proceso de definir y diseñar la solución propuesta. En él, se desglosan tanto los requerimientos técnicos como funcionales, proporcionando un panorama claro de la infraestructura y procesos que deben ser establecidos. A través de herramientas como servidores virtuales y aplicaciones especializadas como Tableau Prep y Tableau Cloud, se establece una arquitectura robusta que promete transformar y optimizar la gestión de mantenimiento. El capítulo también destaca la importancia de la colaboración y comunicación entre diferentes áreas y stakeholders para garantizar una solución adecuada y personalizada.

En el Capítulo 4, "Implementación", la solución pasa del diseño a la realidad. Se ofrece una descripción detallada de cómo se llevó a cabo la integración de la tecnología y las herramientas de BI, cómo estas innovaciones abordaron los desafíos previamente identificados y el impacto tangible que tuvieron en la empresa. Las visualizaciones de Tableau, en particular, representan un cambio de juego, consolidando y simplificando datos que anteriormente estaban dispersos y atrapados en sistemas ineficientes. Además, se proporcionan testimonios de stakeholders, que reflejan la receptividad y el valor percibido de la solución implementada.

El documento también se adentra en la crítica y reflexión de las soluciones propuestas. En la sección "Opiniones de Stakeholders", se recogen diversas perspectivas, tanto de líderes empresariales como de técnicos en terreno. Estas opiniones ofrecen una visión completa del impacto de las soluciones implementadas, evidenciando tanto los beneficios tangibles como las áreas de oportunidad.

Mirando hacia el futuro, en "Posibles Desarrollos Posteriores", se exploran las tecnologías emergentes y las tendencias que podrían integrarse en futuras iteraciones de la solución. Las posibilidades de incorporar Internet de las Cosas (IoT) y técnicas avanzadas de Inteligencia Artificial (IA) se discuten con entusiasmo, delineando un futuro prometedor para la gestión de mantenimiento.

En resumen, esta memoria no solo documenta un proceso de transformación y mejora en la gestión de mantenimiento de una empresa, sino que también sirve como un valioso recurso y guía para cualquier organización que busque embarcarse en una jornada similar hacia la excelencia operativa.

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA / SITUACIÓN ACTUAL

1.1 DEFINICIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

El proyecto se implementó en la empresa HOSCH Chile SpA, filial en Chile de la empresa alemana HOSCH Fördertechnik Recklinghausen GmbH.

HOSCH Fördertechnik Recklinghausen GmbH, es una compañía con una historia de más de 45 años, dedicada principalmente a la fabricación de soluciones antiderrames de correas transportadoras, donde sus productos más vendidos son los raspadores.

El grupo cuenta con más de 19 subsidiarias a nivel mundial que se encargan de distribuir los equipos, dar soluciones integrales en control de derrames y con esto un soporte de post venta de alta calidad, brindando servicios que permiten a los equipos operar de acuerdo con sus parámetros de diseños, asegurando su mantenibilidad y funcionabilidad.

1.2 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente, el manejo de datos de mantenimiento de los equipos HOSCH instalados en el mundo, es una de las tareas más importantes, ya que los equipos requieren estar en óptimas condiciones para continuar cumpliendo con sus funciones en las diversas operaciones de los clientes de la empresa. Siendo además este punto, el servicio de post venta y mantenimiento, uno de los factores claves en la competitividad en el mercado.

La gestión de mantenimiento se basa en unas planillas con formato Excel llamadas “plan de correas”, donde se detallan los trabajos realizados en cada equipo, bajo ciertos criterios que incluyen información de cambio de repuestos o partes.

Debido al avance de la tecnología, HOSCH ha detectado la necesidad de innovar en términos de digitalización, en búsqueda de mantener los estándares esperados por los clientes a nivel mundial. Enfocado en almacenar información transparente, de manera estandarizada

Es por esto, que *HOSCH Fördertechnik Recklinghausen GmbH* en su casa matriz, propone un cambio. Basado en el incremento de la demanda por herramientas tecnológicas que apoyen la gestión, debido a los avances en la industria 4.0, se hace necesaria la creación de un nuevo desarrollo, llamado *HOSCH-iris*, por la sigla *IRIS – Intelligent Responsive Information System*, donde el primer producto de este desarrollo es una plataforma de *Field Data Management*, que permitiría almacenar los datos de manera estandarizada, transparente y en tiempo real.

Principalmente estos datos se relacionan con especificaciones del equipo, características de su operación y datos de tareas de mantenimiento realizadas. A esta plataforma de gestión de datos en terreno, se le denomina HOSCH.iris DATA. Que es una plataforma web, que almacena su base de datos en un servidor gestionado con MySQL.

Luego de 1 año aproximadamente de funcionamiento, con muchos datos que analizar, el departamento de Data Analytics, se puso en búsqueda de la mejor manera de generar un buen análisis y visualización de estos datos. Debido a mi interés por este tema, se me contrató por la empresa para ser parte de este equipo internacional dedicado a análisis de datos, pudiendo dar el punto de vista desde una perspectiva de ingeniero mecánico con conocimiento adquirido en mantenimiento, gracias a electivos en la Universidad Técnica Federico Santa María.

1.2.1 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA EMPRESA

La empresa ha adoptado diversas herramientas tecnológicas para gestionar, analizar y visualizar los datos provenientes de la plataforma de Field Data Management (FDM). En este capítulo, describiremos las principales herramientas y cómo se utilizan en conjunto para apoyar el mantenimiento de activos y la toma de decisiones informada, detallando sus características técnicas y cómo contribuyen a un análisis de datos eficiente y efectivo.

1.1.1.1 Virtual server con mySQL para almacenamiento de datos

El primer componente clave en la infraestructura de la empresa es un servidor virtual que utiliza mySQL como sistema de gestión de bases de datos. Este servidor está dedicado al almacenamiento de los datos recopilados de la plataforma de FDM. mySQL es una solución de base de datos de código abierto que permite un manejo eficiente y escalable de grandes volúmenes de datos, utilizando técnicas de almacenamiento y consulta optimizadas para garantizar un rendimiento rápido y confiable (Kroenke & Auer, 2017). Al utilizar un servidor virtual, la empresa puede aprovechar las ventajas de la escalabilidad, flexibilidad y accesibilidad que proporciona la computación en la nube, incluyendo la posibilidad de aumentar o disminuir los recursos informáticos según las necesidades y la capacidad de realizar copias de seguridad y recuperación de datos de manera eficiente (Armbrust et al., 2010).

1.3 PRINCIPALES PROBLEMAS

La gestión del mantenimiento de los equipos de HOSCH a lo largo de Chile, es una tarea muy difícil debido a la variabilidad de condiciones de operación, lejanía de los lugares de operación de nuestras oficinas o instalaciones a nivel regional, requiere uso de múltiples archivos de Excel, trabajo manual en realización de reportes de trabajos de mantenimiento, control de la información, transparencia de la información, difícil visualización general, altas exigencias en términos de planificación de recursos, dificultad de generar informes precisos, completos y detallados y gran dificultad para agregar datos en un análisis global.

A continuación, se muestra una lista de los problemas planteados, que generan conflictos que planeamos resolver con la implementación de la solución:

- Dificultad de manejo de la información.
- Uso de múltiples archivos en formato Excel.
- Excesivo trabajo manual para agregación de datos.
- Excesivo trabajo manual para realizar reportes de mantenimiento.
- Excesivo trabajo manual para realizar gestión de mantenimiento.

Además, se propone lograr:

- Mayor control de la información.
- Mejorar la planificación de mantenimiento, basada en mejores datos y/o indicadores.
- Generación estandarizada de reportes.
- Mejorar la accesibilidad a los datos obtenidos en terreno.

1.4 STAKEHOLDERS

Los grupos de interés, grupo objetivo o *stakeholders* relevantes en este trabajo de título son:

- Personal de mantenimiento (nivel técnico y de planificación).
- Personal de gestión (gerencias operacionales, gerencia general).
- Personal de áreas de confiabilidad, mantenimiento y planificación de clientes de la empresa.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Alcanzar una mejora significativa en la gestión de mantenimiento mediante la implementación de una solución basada en herramientas de inteligencia empresarial (BI) utilizando el software "Tableau" para el análisis de datos provenientes de una plataforma de empresa.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y recopilar de manera precisa la información relevante necesaria para una óptima gestión de mantenimiento.
- Diseñar e implementar una solución de inteligencia empresarial (BI) que permita gestionar y analizar la información de manera más eficiente, reduciendo el tiempo invertido y minimizando la posibilidad de errores.
- Generar informes y reportes utilizando la herramienta BI que posibiliten el análisis exhaustivo de los procesos de mantenimiento, identificando patrones, tendencias y áreas de mejora.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

1.6 MARCO TEÓRICO

1.6.1 Gestión y mantenimiento de activos en el contexto de la ingeniería mecánica

La gestión y mantenimiento de activos es fundamental para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los equipos y sistemas mecánicos en la industria (Liyanage & Kumar, 2018). Un enfoque proactivo y basado en datos del mantenimiento de activos puede mejorar la rentabilidad y reducir los costos a lo largo del ciclo de vida de un activo (Mobley, 2008). La gestión del mantenimiento incluye diversas estrategias, como el mantenimiento preventivo, predictivo y basado en la condición (Tsang, 2002). El avance en tecnologías de monitoreo y análisis de datos ha permitido una mayor adopción de enfoques predictivos y basados en la condición (Jardine et al., 2006).

El mantenimiento prescriptivo basado en datos es un enfoque emergente que combina las ventajas del mantenimiento predictivo y basado en la condición con la capacidad de generar recomendaciones específicas y acciones correctivas basadas en el análisis de datos (Hashemian & Bean, 2010). La adopción del mantenimiento prescriptivo permite a las organizaciones identificar y abordar proactivamente los problemas antes de que ocurran, optimizando así la eficiencia y la efectividad del mantenimiento (Lee et al., 2014).

El enfoque del mantenimiento prescriptivo requiere la integración de diversas tecnologías y herramientas de análisis de datos, como el aprendizaje automático, la inteligencia artificial y el análisis de Big Data (Sikorska et al., 2011). Estas tecnologías permiten a las organizaciones procesar y analizar grandes volúmenes de datos de mantenimiento y operacionales para identificar patrones y correlaciones que pueden usarse para desarrollar estrategias de mantenimiento optimizadas (Zhao et al., 2019).

En el contexto de la ingeniería mecánica, el mantenimiento prescriptivo basado en datos puede aplicarse a una amplia gama de activos y sistemas, desde máquinas y motores hasta sistemas de transporte y de producción (Jin et al., 2016). Los beneficios del mantenimiento prescriptivo incluyen una mayor disponibilidad y confiabilidad de los activos, la reducción de los costos de mantenimiento y operación, y la mejora de la seguridad y el cumplimiento normativo (Khan et al., 2018).

En resumen, el mantenimiento prescriptivo basado en datos es un enfoque avanzado en la gestión y mantenimiento de activos en el campo de la ingeniería mecánica, que combina las ventajas del mantenimiento predictivo y basado en la condición con la capacidad de generar recomendaciones específicas y acciones correctivas. La adopción de tecnologías y herramientas de análisis de datos, como el aprendizaje automático, la inteligencia artificial y el análisis de Big Data, es esencial para la implementación exitosa del mantenimiento prescriptivo en la industria.

1.6.2 Gestión de datos de terreno (*Field Data Management*)

La gestión de datos de terreno es un componente esencial en la gestión de activos y mantenimiento, ya que proporciona información valiosa sobre el estado y el rendimiento de los activos en tiempo real (Amadi-Echendu et al., 2011). La recopilación, almacenamiento y análisis de datos de campo permiten a las organizaciones identificar tendencias y anomalías, así como tomar decisiones basadas en datos para optimizar la gestión del mantenimiento (Heller, 2014).

El avance en tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como la Internet de las cosas (IoT), ha impulsado el crecimiento en la gestión de datos de campo y la integración de datos en tiempo real en los procesos de mantenimiento (Gubbi et al., 2013). Sensores y dispositivos inteligentes, como los sistemas de monitoreo de condición, recopilan datos sobre el rendimiento y el estado de los activos, lo que permite a las organizaciones tomar decisiones informadas sobre cuándo y cómo realizar mantenimiento (Zhao et al., 2019).

La gestión de datos de campo también se ve facilitada por el uso de sistemas de gestión de información de mantenimiento (CMMS) y sistemas de gestión de activos empresariales (EAM) (Jin et al., 2016). Estos sistemas ayudan a las organizaciones a recopilar, almacenar y analizar datos de campo, así como a planificar, programar y ejecutar actividades de mantenimiento de manera eficiente (Hippner & Wilde, 2006).

Además, la integración de datos de campo con tecnologías de análisis de datos avanzadas, como el aprendizaje automático y el análisis de Big Data, puede mejorar la capacidad de una organización para identificar patrones y tendencias en los datos de mantenimiento y operacionales (Chen et al., 2014). Esto puede conducir a una mayor eficiencia y efectividad en la gestión y mantenimiento de activos, así como a la adopción de enfoques de mantenimiento más avanzados, como el mantenimiento prescriptivo basado en datos (Hashemian & Bean, 2010).

En resumen, la gestión de datos de campo es un aspecto crucial en la gestión y mantenimiento de activos, y su importancia ha aumentado con el avance de las

tecnologías de la información y la comunicación. La recopilación, almacenamiento y análisis de datos de campo facilitan la toma de decisiones informadas en el mantenimiento y la adopción de enfoques de mantenimiento más avanzados.

1.6.3 Inteligencia de negocios y alternativas de software BI

La inteligencia de negocios (Business Intelligence, BI) es un campo en constante evolución que ofrece una amplia gama de soluciones tecnológicas para la gestión y análisis de datos empresariales. En este contexto, existe una variedad de alternativas de software de BI que han ganado popularidad en el mercado debido a sus funcionalidades y capacidades analíticas. A continuación, se presentarán brevemente algunas de estas alternativas más populares y sus características distintivas:

- 1) Power BI: Desarrollado por Microsoft, Power BI es una herramienta de BI que se ha destacado por su integración nativa con otras herramientas de Microsoft, lo que facilita su adopción por parte de usuarios familiarizados con el ecosistema de Microsoft. Ofrece capacidades avanzadas de visualización y análisis de datos, permitiendo a los usuarios explorar y descubrir información relevante de manera intuitiva.
- 2) QlikView y Qlik Sense: Estas herramientas de BI desarrolladas por Qlik se centran en la experiencia de usuario y en la creación de dashboards interactivos y personalizados. QlikView ofrece una interfaz potente y flexible para el análisis de datos, mientras que Qlik Sense se enfoca en la colaboración y la creación de visualizaciones de datos atractivas.
- 3) MicroStrategy: MicroStrategy es otra solución de BI que se ha destacado en el mercado por su capacidad para ofrecer análisis empresariales confiables y escalables. Ofrece una amplia gama de funcionalidades, desde la visualización de datos hasta el análisis avanzado y la generación de informes, permitiendo a las organizaciones obtener información valiosa para la toma de decisiones.
- 4) Tableau: Tableau es una herramienta líder en el mercado de BI, conocida por su capacidad de visualización y análisis de datos de manera intuitiva y efectiva. Tableau ofrece una amplia variedad de opciones de visualización, desde gráficos básicos hasta visualizaciones interactivas y avanzadas. Además, su facilidad de uso y capacidad de integración con diferentes fuentes de datos la convierten en una elección popular para organizaciones de diversos sectores.

Estas alternativas representan solo una muestra del amplio espectro de herramientas de BI disponibles en el mercado. Cada una de ellas tiene sus fortalezas y características distintivas que las hacen atractivas para diferentes tipos de usuarios y organizaciones.

Sin embargo, para el presente trabajo, se ha seleccionado Tableau como la herramienta principal para la gestión de datos de mantenimiento y análisis de estos. Esto se debe a una serie de ventajas y capacidades que Tableau ofrece, tales como:

Tableau Cloud: Una de las principales ventajas de Tableau es su capacidad de ofrecer una solución en la nube, conocida como Tableau Cloud. Esta opción permite a los usuarios acceder y compartir visualizaciones y dashboards de forma segura desde cualquier lugar y en cualquier dispositivo. La capacidad de acceso remoto y la colaboración en tiempo real mejoran la eficiencia y la comunicación entre los equipos, especialmente en entornos de trabajo distribuidos.

Facilidad de uso: Tableau se destaca por su interfaz intuitiva y amigable, lo que facilita su adopción por parte de usuarios con diferentes niveles de experiencia en análisis de datos. No se requieren habilidades de programación o conocimientos técnicos profundos para crear visualizaciones atractivas y personalizadas. Esto permite a los usuarios explorar y comunicar sus datos de manera efectiva, sin obstáculos técnicos que limiten su creatividad o capacidad de análisis.

Capacidad de integración: Tableau ofrece una amplia capacidad de integración con diversas fuentes de datos y sistemas empresariales. Esto permite a los usuarios acceder y combinar datos de diferentes fuentes, como bases de datos relacionales, archivos Excel, servicios web, entre otros. La capacidad de integración simplifica el proceso de extracción y transformación de datos, facilitando la creación de análisis más completos y ofreciendo una visión más holística de los activos y los procesos de mantenimiento.

Potentes capacidades de visualización: Tableau proporciona una amplia gama de opciones de visualización, desde gráficos básicos hasta visualizaciones interactivas y avanzadas. Los usuarios pueden elegir entre una variedad de tipos de gráficos, colores, estilos y formatos para representar sus datos de manera efectiva. Esta capacidad de visualización enriquece la interpretación de los datos y facilita la identificación de patrones, tendencias y áreas de mejora.

Análisis avanzado y pronóstico: Tableau va más allá de la simple visualización de datos y ofrece capacidades analíticas avanzadas. Los usuarios pueden realizar análisis predictivos y pronósticos basados en datos históricos, lo que les permite anticipar posibles escenarios y tomar decisiones informadas. Estas capacidades avanzadas de análisis ayudan a las organizaciones a adoptar un enfoque proactivo

en la gestión de mantenimiento, optimizando las estrategias y minimizando los tiempos de inactividad no planificados.

En resumen, Tableau se destaca como una herramienta completa y versátil para la gestión de mantenimiento y el análisis de datos. Su capacidad de visualización, integración, facilidad de uso y la oferta de Tableau Cloud proporcionan una solución sólida y adaptable a las necesidades de este trabajo.

1.6.4 Herramientas de inteligencia empresarial (BI) como Tableau en la gestión de mantenimiento

Las herramientas de inteligencia empresarial (BI) han ganado popularidad en la gestión de mantenimiento, ya que facilitan la transformación de grandes cantidades de datos en información significativa y accionable (Wixom et al., 2014). Tableau es una de las soluciones líderes de BI que permite a los usuarios visualizar y analizar datos de manera rápida y eficiente, lo que resulta en una toma de decisiones mejor informada y en tiempo real (Chen et al., 2015).

La adopción de Tableau en la gestión de mantenimiento puede brindar varios beneficios, como la capacidad de crear paneles de control personalizados y visualizaciones interactivas que permiten a los responsables de mantenimiento monitorear el estado y el rendimiento de los activos en tiempo real (Few, 2013). Además, Tableau puede integrarse con sistemas de gestión de información de mantenimiento (CMMS) y sistemas de gestión de activos empresariales (EAM), lo que facilita el acceso a datos actualizados y relevantes para el mantenimiento (Jin et al., 2016).

Tableau también puede utilizarse para identificar tendencias y patrones en los datos de mantenimiento y operacionales, lo que permite a las organizaciones implementar estrategias de mantenimiento más eficaces y basadas en datos (Powers, 2014). Por ejemplo, Tableau puede ayudar a identificar áreas de alto riesgo o activos que requieren atención prioritaria, lo que permite a las organizaciones asignar recursos de manera más eficiente y reducir el tiempo de inactividad no planificado (García et al., 2015).

La capacidad de Tableau para manejar grandes volúmenes de datos y realizar análisis en tiempo real también es fundamental para la adopción de enfoques de mantenimiento más avanzados, como el mantenimiento prescriptivo basado en datos (Hashemian & Bean, 2010). Al combinar Tableau con tecnologías de análisis de datos avanzadas, como el aprendizaje automático y el análisis de Big Data, las organizaciones pueden desarrollar modelos predictivos y prescriptivos que optimicen aún más la gestión y mantenimiento de activos (Chen et al., 2014).

En resumen, la implementación de herramientas de BI como Tableau en la gestión de mantenimiento puede mejorar significativamente la eficiencia y efectividad del mantenimiento al proporcionar visualizaciones interactivas y análisis en tiempo real de los datos de mantenimiento y operacionales. La integración de Tableau con sistemas de gestión de mantenimiento y tecnologías de análisis de datos avanzadas también puede facilitar la adopción de enfoques de mantenimiento más avanzados y basados en datos.

Cuando se trata de análisis de mantenimiento (MA), es esencial disponer de la logística de información adecuada. una logística de la información adecuada. El objetivo principal de la logística de la información es proporcionar información "justo a tiempo" a los usuarios a los que va dirigida y optimizar el suministro de información. usuarios objetivo y optimizar el proceso de suministro de información, es decir, poner a disposición la información adecuada en el momento y en el lugar adecuado (Heuwinkel et al., 2003; Haseloff, 2005).

Las soluciones para la logística de la información deben ocuparse de:

- I) La gestión del tiempo, que aborda "cuándo entregar";
- II) La gestión de contenidos, que se refiere a "qué entregar";
- III) La gestión de la comunicación, que se refiere a la gestión de la comunicación, que se refiere a "cómo entregar";
- IV) La gestión del contexto, que aborda (Heuwinkel et al., 2003; Haseloff, 2005).

En mantenimiento, eMaintenance se define como materialización de la logística de la información destinada a apoyar la toma de decisiones en materia de mantenimiento (Karim, 2008; Kajko-Mattson et al, 2011). Con el fin de desarrollar soluciones de eMaintenance para para apoyar el concepto de MA, se necesita un enfoque que combine la modelización de datos, conocimientos y contexto.

Luego de esto, evaluando los antecedentes y el potencial de los datos provenientes de la plataforma de empresa, se diseña un modelo de ETL (extracción, transformación y carga) de los datos más relevantes para los distintos grupos de interés. Esto con el fin de generar cómo solución, una aplicación de mejora en la gestión del mantenimiento, basado en el uso de una herramienta de BI con los datos provenientes de la plataforma de "Field Data Management" de empresa.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

1.7 Levantamiento de requerimientos

En esta sección, se realizará un análisis de los requerimientos necesarios para la implementación de la solución de visualizaciones BI para la gestión de mantenimiento, los cuales serán separados en requerimientos técnicos y requerimientos funcionales. Para los requerimientos técnicos, se identificará a los stakeholders asociados a cada uno de ellos, lo que permitirá una mejor comprensión de las necesidades específicas de cada área involucrada en la gestión de mantenimiento.

Los requerimientos técnicos estarán enfocados en la infraestructura necesaria para implementar la solución, la transferencia y limpieza de datos, el almacenamiento y organización de datos, y el procesamiento y análisis de estos. Los requerimientos funcionales se centrarán en las funcionalidades específicas que deben ser incluidas en la solución, con el objetivo de asegurar que los datos sean precisos, oportunos, relevantes y comprensibles para los usuarios finales. Estos requerimientos estarán basados en las necesidades específicas de cada área de gestión de mantenimiento, lo que permitirá la generación de visualizaciones personalizadas para cada *stakeholder* involucrado en el proceso. A continuación, se muestran los requerimientos levantados durante sesiones de reunión con distintos grupos de interés y cargos de gestión, departamento de análisis de datos y desarrollo digital de la empresa.

N°	Requerimiento	Descripción
RT01	Sistema con alertas o monitoreo de datos	El sistema debe advertir o alertar al usuario administrador en caso de existir algún problema en el proceso de transferencia, limpieza y/o carga de los datos a data cloud.
RT02	Actualización de datos continua	La actualización de datos debe ser lo más continua en el tiempo posible, para acelerar el proceso de análisis y mantener las visualizaciones lo más actualizadas posibles.
RT03	Transferencia de datos segura	Con el objetivo de mantener la privacidad de los clientes y también prevenir problemas de filtración o pérdida de datos, se necesita una conexión segura entre los servidores y bases de datos.
RT04	Proceso automatizado de transferencia y carga de datos	Para cumplir con datos actualizados y evitar problemas de trabajo manual, toda la transferencia, limpieza y carga de datos debe estar automatizada en el servidor virtual.
RT05	Proceso automatizado de limpieza de archivos residuales	Para evitar problemas de rendimiento, se debe automatizar la limpieza de archivos residuales en servidor virtual.

Tabla 1: Requerimientos técnicos de la solución

N°	Requerimiento	Descripción
RF01	Ingreso de datos estandarizados	Los datos que se ingresan a la plataforma de FDM, deben ser datos estandarizados, en el sentido de que deben ser medidos, escritos, comprendidos e ingresados de la misma manera, independiente del usuario, esto para que el análisis de estos datos no esté alterado por fallas del dato inicial.
RF02	Datos filtrados por subsidiaria o sucursal	Con el objetivo de mantener la privacidad y también mejorar el rendimiento de visualizaciones, deben existir filtros que permitan filtrar a nivel de base de datos, por subsidiaria o sucursal.
RF03	Cambio de parámetros en visualización	El usuario puede cambiar parámetros para adecuar la visualización. Así distintos usuarios pueden lograr visualizaciones que permitan análisis de su interés y toma de decisiones en su nivel adecuado.
RF04	Existencia de distintos libros de trabajo	Deben crearse distintos libros de trabajo con distintos fines, que permitan la creación de reportes a distinto nivel de gestión, visualización específica de datos, visualizaciones generales y otros.
RF05	Posibilidad de extraer datos o visualización a formato PDF	Los usuarios deben poder extraer los datos detrás de las visualizaciones en caso lo requieran, además para los libros de trabajo que generen reportes, estos deben ser descargables en formato PDF, para su difusión y/o impresión.
RF06	Posibilidad de crear visualizaciones personalizadas con facilidad	Utilizando la solución en la nube, nuevos usuarios con la licencia correspondiente deben poder crear sus propias visualizaciones.

Tabla 2: Requerimientos funcionales de la solución

1.7.1 Virtual server con mySQL para organización y análisis de datos

El uso de un servidor adicional para el análisis y procesos de ETL (Extract, Transform, Load) de los datos ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia y la escalabilidad de las operaciones en el campo de la gestión de mantenimiento. Estudios recientes han destacado los beneficios de implementar máquinas virtuales o entornos en la nube para esta tarea, ofreciendo ventajas significativas en términos de flexibilidad, rendimiento y costo.

García y Martínez (2019) realizaron una revisión exhaustiva sobre el uso de virtualización y computación en la nube para el análisis de datos, resaltando que el despliegue de máquinas virtuales permite una mejor utilización de los recursos de hardware y facilita la rápida escalabilidad en función de las necesidades del sistema. Además, Smith, Johnson y Williams (2020) analizaron cómo la implementación de un virtual server adicional para ETL proporciona una mayor capacidad de procesamiento y almacenamiento, lo que acelera el procesamiento de grandes volúmenes de datos de mantenimiento. Los resultados de su estudio indicaron una

reducción significativa en el tiempo de ejecución de los procesos ETL, lo que se tradujo en una mayor eficiencia en la generación de informes y visualizaciones.

Asimismo, Chen, Li y Wang (2018) presentaron un caso de estudio sobre una empresa de fabricación que migró sus procesos de análisis de datos a un entorno en la nube con máquinas virtuales. Los investigadores encontraron que esta estrategia mejoró la accesibilidad de los datos para diferentes equipos y departamentos, permitiendo una colaboración más fluida y una mejor toma de decisiones basada en información actualizada. Además, Wang, Zhang y Li (2019) llevaron a cabo una comparación entre el rendimiento de servidores físicos y virtuales para el análisis de datos, concluyendo que los servidores virtuales ofrecen una mayor capacidad de procesamiento y una administración más sencilla y flexible.

En resumen, el uso de un servidor adicional a través de máquinas virtuales o entornos en la nube para el análisis y ETL de datos en el contexto de la gestión de mantenimiento, se ha convertido en una estrategia efectiva y viable. Los estudios citados respaldan esta decisión al demostrar que esta implementación permite mejorar la eficiencia, escalabilidad y rendimiento de los procesos de análisis de datos, lo que a su vez impacta positivamente en la toma de decisiones informadas y en la optimización de la gestión de activos mecánicos.

Además del servidor virtual para el almacenamiento de datos, la empresa cuenta con un segundo servidor virtual que también utiliza mySQL. Este servidor se dedica a la organización estructural y el análisis de datos. Aquí, los datos se procesan, se limpian y se preparan para su posterior análisis y visualización. Este enfoque permite separar las operaciones de almacenamiento y análisis de datos, lo que mejora la eficiencia y reduce la posibilidad de errores y conflictos entre las distintas etapas del proceso. Además, el uso de mySQL en este servidor permite emplear técnicas de análisis de datos avanzadas, como consultas complejas y funciones analíticas, para extraer información valiosa y patrones a partir de los datos recopilados (Elmasri & Navathe, 2016).

1.7.2 Tableau Prep para la conexión de servidores y preparación de datos

Para conectar los dos servidores virtuales y preparar los datos para su análisis y visualización, la empresa utiliza Tableau Prep. Tableau Prep es una herramienta de preparación de datos intuitiva y potente que permite combinar, dar forma y limpiar datos de diversas fuentes, facilitando la integración de datos heterogéneos y la detección y corrección de errores e inconsistencias en los datos (Tableau, 2021). La herramienta permite a los usuarios de la empresa diseñar flujos de trabajo que extraen datos del servidor virtual de almacenamiento, los procesan según las necesidades específicas y los cargan en el servidor virtual de análisis. Esto facilita

la transición entre las etapas de almacenamiento y análisis de datos, y garantiza que los datos estén correctamente estructurados y listos para su visualización.

Además, Tableau Prep ofrece funcionalidades avanzadas, como la capacidad de realizar transformaciones de datos complejas, como agrupaciones, pivotajes y cálculos personalizados, lo que permite a los usuarios adaptar los datos a sus necesidades específicas de análisis y visualización (Tableau, 2021). La interfaz de usuario visual de Tableau Prep también permite a los usuarios explorar y comprender rápidamente la estructura y las características de los datos, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias, así como la detección de posibles problemas de calidad de datos que requieren corrección. En resumen, Tableau Prep desempeña un papel crucial en la preparación de los datos para su análisis y visualización, asegurando que los datos estén limpios, estructurados y listos para su uso en Tableau Cloud.

1.7.3 Tableau Cloud para la visualización y análisis de datos

Finalmente, para la visualización y el análisis de datos, la empresa utiliza Tableau Cloud. Tableau Cloud es una solución de inteligencia empresarial basada en la nube que permite a los usuarios crear visualizaciones interactivas y paneles de control a partir de los datos procesados y preparados en las etapas anteriores (Tableau, 2021). Esta herramienta es altamente flexible y fácil de usar, lo que permite a los usuarios adaptar las visualizaciones a sus necesidades específicas y obtener una comprensión profunda de los datos y las tendencias subyacentes.

Al ser una plataforma en la nube, Tableau Cloud ofrece diversas ventajas en comparación con las soluciones de inteligencia empresarial locales. Algunas de estas ventajas incluyen:

1. Escalabilidad: Tableau Cloud puede adaptarse fácilmente a las necesidades cambiantes de la empresa en términos de volumen de datos y cantidad de usuarios, lo que permite una expansión y contracción dinámicas de los recursos informáticos según sea necesario (Armbrust et al., 2010).
2. Accesibilidad: Al estar basado en la nube, Tableau Cloud permite a los usuarios acceder a las visualizaciones y paneles de control desde cualquier lugar y en cualquier momento, siempre que tengan una conexión a Internet. Esto facilita la colaboración entre equipos y la toma de decisiones informada en tiempo real (Armbrust et al., 2010).
3. Actualizaciones y mantenimiento: Las actualizaciones y el mantenimiento del software se gestionan automáticamente en la plataforma en la nube, lo que garantiza que los usuarios siempre tengan acceso a las últimas

funcionalidades y mejoras sin tener que preocuparse por la administración y el mantenimiento del software (Armbrust et al., 2010).

4. Seguridad: Tableau Cloud ofrece sólidas medidas de seguridad para proteger los datos y las visualizaciones, incluyendo el cifrado de datos en tránsito y en reposo, la autenticación de usuarios y la gestión de acceso basada en roles. Estas medidas garantizan que los datos estén protegidos y sólo accesibles para los usuarios autorizados (Tableau, 2021).

En resumen, la combinación de Tableau Prep y Tableau Cloud permite a la empresa realizar un análisis de datos eficiente y efectivo, aprovechando las ventajas de la computación en la nube para mejorar la accesibilidad, la escalabilidad y la seguridad de las herramientas y los datos.

A lo largo de esta sección, hemos explorado las herramientas tecnológicas clave utilizadas por la empresa para gestionar, analizar y visualizar los datos provenientes de la plataforma de Field Data Management en el contexto del mantenimiento de activos y la toma de decisiones en ingeniería mecánica. La combinación de servidores virtuales con MySQL, Tableau Prep y Tableau Cloud permite a la empresa aprovechar al máximo la potencia de la computación en la nube y las capacidades analíticas avanzadas de estas herramientas.

La adopción de estas herramientas ha permitido a la empresa mejorar la eficiencia y eficacia de sus procesos de mantenimiento de activos y la toma de decisiones, al proporcionar un enfoque sistemático y basado en datos para abordar los desafíos y oportunidades en su campo.

Además, la flexibilidad y escalabilidad de estas soluciones basadas en la nube permiten a la empresa adaptarse rápidamente a las cambiantes necesidades del mercado y mantenerse a la vanguardia de las tendencias y avances tecnológicos en el ámbito de la gestión de datos y el análisis.

En conclusión, las herramientas tecnológicas utilizadas por la empresa han demostrado ser de gran utilidad en la gestión del mantenimiento de activos y la toma de decisiones informada, proporcionando una base sólida y adaptable para enfrentar los retos y oportunidades en un entorno empresarial cada vez más competitivo y orientado a los datos.

1.8 GESTIÓN DE DATOS

El modelo de datos desarrollado en este proyecto tiene como objetivo principal facilitar la gestión y planificación del mantenimiento de los activos, proporcionando datos transparentes y útiles para la toma de decisiones. A continuación, se presenta una descripción detallada y más extensa de lo que se pretende lograr con los datos,

que aborda aspectos clave como las fuentes de datos, la estructura básica del modelo y el proceso de preparación y limpieza de los datos.

1.8.1 Fuentes de datos

La principal fuente de datos proviene de la plataforma de Field Data Management, que recopila información sobre la operación y el estado de los activos, su configuración en términos de piezas/partes, datos de la correa transportadora donde opera, su ubicación y el cliente. La jerarquía de clientes se almacena en múltiples niveles, lo que permite realizar análisis a distintos niveles de agregación. Estos datos son fundamentales para obtener una visión detallada y precisa de la situación de los activos en el campo, así como para identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización en el proceso de mantenimiento.

Además, la plataforma de Field Data Management permite recopilar información en tiempo real, lo que facilita la identificación temprana de posibles problemas y la implementación de acciones correctivas antes de que se produzcan fallas o interrupciones en el funcionamiento de los activos. Esta capacidad de monitoreo en tiempo real es un componente clave para garantizar la alta confiabilidad operacional y la disponibilidad de los activos.

1.8.2 Estructura de datos existente en base de datos productiva

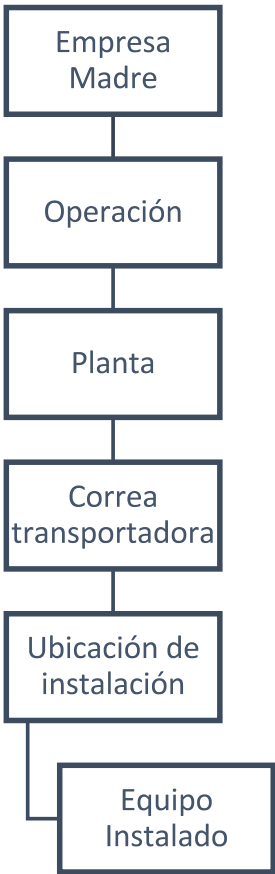


Figura 1: Diagrama básico de estructura principal o jerarquía de los datos en la base de datos productiva del sistema de gestión de datos en terreno.

La estructura actual de los datos es compleja de analizar, esto debido principalmente a que encontrar las relaciones entre los datos relevantes es de alta dificultad, por lo que se requiere una inversión de muchos recursos de ingeniería inversa para poder lograrlo. Además, por las razones ya comentadas anteriormente, se propone la reestructuración o transformación de los datos, pensando en una mayor facilidad y obtener visualizaciones más relevantes.

Para comprender mejor que datos se encuentran en cada parte de esta estructura o modelo simplificado de datos, se explica el contenido a continuación:

1. Empresa madre: Contiene todas las empresas matrices con los respectivos datos maestros y la sucursal correspondiente. Las empresas matrices en este contexto son empresas puramente administrativas. Las ubicaciones de producción (ubicaciones con sistemas de cintas transportadoras) se gestionan en consecuencia en "operación", p. ej.: Codelco, BHP, AngloAmerican, Antofagasta Minerals, etc.
2. Operación: Contiene todas las "empresas/emplazamientos" con los datos maestros respectivos y la referencia a su empresa matriz, si está disponible, así como el sector industrial correspondiente, p. ej.: HOLCIM Zementwerk Beckum-Kollenbach, Codelco Radomiro Tomic, AngloAmerican Los Bronces, Codelco Salvador, etc.
3. Planta: Contiene todas las "plantas" con los datos maestros y la respectiva referencia a su operación, cada planta forma parte de una operación, p. ej.: Molienda, Pebbles, Chancado primario, Chancado secundario, Lixiviación, Ripios, etc.
4. Correa transportadora: Contiene todos los transportadores "inventariados" con características técnicas como velocidad, ancho y otras características que dan cuenta de las condiciones de operación. Cada transportador recibe un número de identificación único, al que se refiere el nombre asignado sistemáticamente por el cliente y por HOSCH, además estas correas transportadoras pueden ser editadas según cambios que puedan sufrir en la operación.
5. Ubicación de instalación: Contiene todas las ubicaciones de instalación "inventariadas" con un posicionamiento único en la cinta transportadora correspondiente. Cada ubicación de instalación recibe un número de identificación único en todo el mundo, p. ej.: polea de cabeza a las 03:00, entre poleas, a 1.0 metros desde polea de cola, etc.

- 6. Equipo instalado: Contiene todos los dispositivos completos HOSCH "inventariados" que tienen un número de identificación único. La estructura del dispositivo completo se relaciona a través de la especificación de la tabla de configuración única (lista de piezas).

Tomando en cuenta la estructura existente y los datos presentes, se ha realizado un levantamiento considerando los requerimientos de la solución, para identificar los datos más relevantes. Esto para que el flujo de información sea lo más eficiente posible en el uso de recursos y en el tiempo de procesamiento.

1.8.3 Estructura de datos a lograr en servidor de análisis

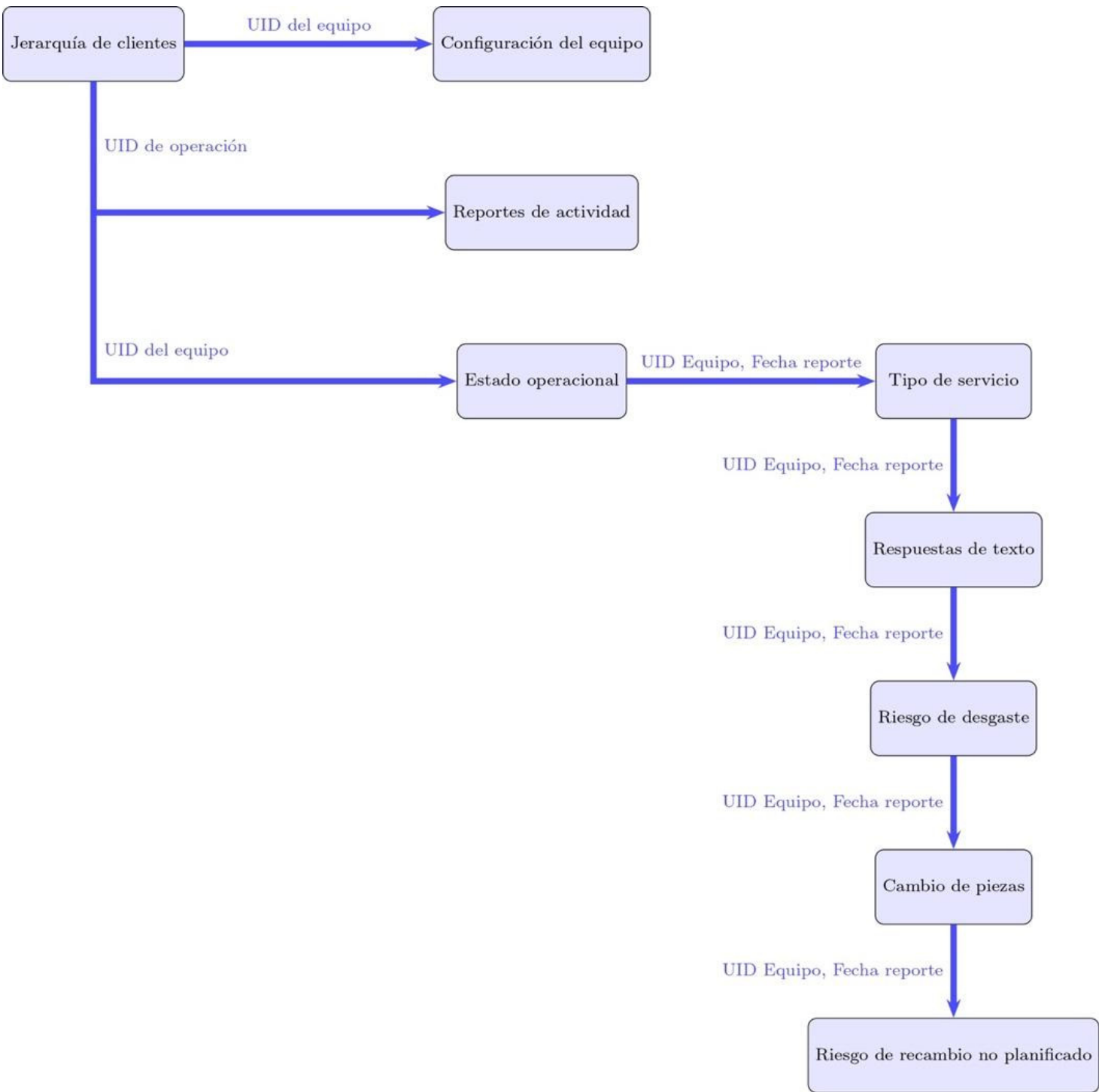


Figura 2: Diagrama básico de estructura de datos por lograr en base de datos para análisis y visualización.

La estructura por lograr en el modelo de datos en el servidor de organización y análisis de datos consiste en 9 tablas interconectadas, que contienen información sobre los siguientes aspectos:

1. *Jerarquía de clientes*: Incluye datos detallados de la estructura jerárquica de los clientes, desde el grupo de empresa hasta la ubicación del equipo. Esta información permite segmentar y comparar el desempeño de los activos y los procesos de mantenimiento entre diferentes clientes y niveles organizativos, facilitando la identificación de mejores prácticas y la implementación de mejoras en toda la organización.
2. *Estado operacional de los equipos*: Contiene información sobre el estado de los activos después de los servicios de mantenimiento e inspección. Esta información es fundamental para evaluar la efectividad de las intervenciones de mantenimiento y para identificar áreas de mejora en los procesos y procedimientos de mantenimiento.
3. *Tipo de servicio realizado*: Almacena datos sobre los diferentes tipos de servicios de mantenimiento llevados a cabo. Esta información permite analizar el impacto de las diferentes intervenciones en la confiabilidad y disponibilidad de los activos y para identificar las prácticas de mantenimiento más efectivas y eficientes.
4. *Respuestas de texto de los inspectores*: Incluye comentarios y observaciones realizadas por los inspectores durante las inspecciones. Estos datos proporcionan información valiosa sobre las condiciones de los activos en el campo y permiten identificar posibles problemas o anomalías que requieran atención o acciones correctivas.
5. *Riesgo de superar el límite de desgaste*: Contiene información sobre si un activo está en riesgo de superar el límite de desgaste antes del próximo mantenimiento programado y si se deben cambiar partes o piezas en el próximo servicio. Esta información es crucial para la planificación.
6. *Configuración del equipo*: Almacena datos sobre las partes o piezas que componen cada activo. Esta información es esencial para comprender el diseño y las características de los activos, lo que permite identificar las partes críticas que requieren una atención especial durante el mantenimiento. Además, el seguimiento de la configuración del equipo facilita la planificación de las intervenciones de mantenimiento y la gestión del inventario de repuestos.

7. *Piezas cambiadas*: Incluye información sobre las piezas que se han reemplazado en los activos. Estos datos proporcionan una visión detallada de la vida útil y el desgaste de las diferentes piezas y componentes, lo que permite identificar patrones de desgaste y posibles problemas de calidad en las piezas de repuesto. Además, el seguimiento de las piezas cambiadas ayuda a optimizar la gestión del inventario de repuestos y a minimizar los tiempos de inactividad de los activos debido a la falta de piezas de repuesto disponibles.
8. *Reportes de actividad de los empleados*: Contiene datos sobre horas trabajadas, horas de descanso, distancia recorrida, tiempo en tránsito, entre otros, de los empleados en los distintos clientes. Esta información es útil para evaluar la eficiencia y la productividad de los empleados en el campo, así como para identificar áreas de mejora en la planificación y asignación de recursos humanos. Además, estos datos pueden ser utilizados para evaluar la carga de trabajo y garantizar el cumplimiento de las normativas laborales y de seguridad.

1.8.4 Proceso de preparación y limpieza de datos

Los datos provenientes de la base de datos operativa o productiva son procesados y limpiados utilizando Tableau Prep.

Este proceso incluye la generación de las tablas mencionadas anteriormente, así como la realización de transformaciones y cálculos necesarios para adaptar los datos a las necesidades de análisis y visualización.

La limpieza de los datos es un paso esencial para garantizar la calidad y la integridad de los datos, eliminando errores, duplicados e inconsistencias que puedan afectar la precisión y la confiabilidad de los análisis realizados.

Además, el proceso de preparación de datos también implica la integración y consolidación de datos de diferentes fuentes y formatos, lo que permite combinar información de múltiples sistemas y plataformas en un único modelo de datos.

Esta integración es fundamental para obtener una visión unificada y completa de los activos y los procesos de mantenimiento, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos.

1.8.5 Importancia del modelo de datos para el análisis

Un modelo de datos sólido y bien estructurado es fundamental para garantizar la efectividad y la eficiencia de los análisis y visualizaciones realizadas en el proyecto. Un buen modelo de datos permite extraer información valiosa y accionable de los

datos recopilados, lo que a su vez facilita la toma de decisiones basadas en datos y la identificación de oportunidades de mejora en los procesos de mantenimiento y la gestión de activos.

Además, un modelo de datos bien diseñado también facilita la creación de visualizaciones y paneles de control en herramientas de análisis y visualización, como Tableau. Esto permite a los usuarios explorar y analizar fácilmente los datos, identificar tendencias y patrones, y comunicar los resultados de los análisis a los responsables de la toma de decisiones de una manera clara y efectiva.

En resumen, el modelo de datos presentado en este proyecto es fundamental para garantizar la transparencia y utilidad de los datos relacionados con el mantenimiento y la gestión de activos. La estructura del modelo, que consiste en 9 tablas interconectadas, permite un análisis detallado y completo de los datos recopilados, lo que a su vez facilita la toma de decisiones basadas en datos y la identificación de áreas de mejora en los procesos de mantenimiento.

La fuente principal de datos, la plataforma de Field Data Management, proporciona información en tiempo real y detallada sobre el estado y la operación de los activos, así como sobre la jerarquía de clientes y la actividad de los empleados.

El proceso de preparación y limpieza de datos garantiza la calidad e integridad de los datos utilizados en el análisis y las visualizaciones, y la estructura del modelo de datos facilita la creación de visualizaciones y paneles de control en herramientas como Tableau.

En conjunto, este modelo de datos es una herramienta poderosa para mejorar la gestión y planificación del mantenimiento de los activos, asegurando así una alta confiabilidad operacional y disponibilidad de los activos.

1.9 Descripción de la solución.

La solución planteada para la gestión y mantenimiento de activos en el contexto de la ingeniería mecánica parte del análisis de datos provenientes de la plataforma de Field Data Management (FDM). Anteriormente, el análisis de estos datos se realizaba directamente desde la base de datos operativa o productiva, lo que presentaba problemas relacionados con la limpieza de los datos y la falta de organización estructural para su análisis.

En respuesta a esta problemática, se decidió implementar un segundo virtual server con MySQL, específicamente dedicado a la organización y limpieza de datos provenientes de la plataforma de FDM. Con esto se logró obtener una estructura de datos más clara y organizada, permitiendo así un análisis más eficiente y preciso.

Además, para la transferencia y limpieza de datos, se utilizó la herramienta de inteligencia empresarial (BI) de Tableau Prep. Esta herramienta permitió traer los datos de la base de datos productiva al segundo virtual server de organización y limpieza de datos, donde se aplicaron una serie de transformaciones y limpieza para asegurar la calidad de los datos.

El proceso de limpieza incluyó la eliminación de valores duplicados, la corrección de errores de formato y la estandarización de la información. Una vez que los datos fueron limpiados y organizados adecuadamente, se procedió a su análisis y visualización utilizando Tableau para generar reportes útiles y precisos.

Una vez obtenidos los datos limpios y organizados, se procedió a la obtención y procesamiento de los datos para su posterior visualización en herramientas de inteligencia empresarial (BI), en específico, Tableau. El proceso de obtención de los datos se realizó tomando en cuenta los distintos requerimientos y necesidades de los stakeholders, con el fin de obtener visualizaciones que cumplan con ciertos requisitos para que los datos sean precisos, oportunos, relevantes y comprensibles.

En resumen, la solución propuesta para la gestión y mantenimiento de activos se basa en la implementación de un segundo virtual server para la organización y limpieza de datos provenientes de la plataforma de FDM, seguido del procesamiento y visualización de los datos en herramientas de BI, específicamente en Tableau, lo que permite una gestión y mantenimiento más eficiente y preciso de los activos.

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN

1.10 IMPLEMENTACIÓN Y BENEFICIOS POR LOGRAR

En esta sección, presentaremos la solución implementada para abordar los principales problemas identificados en la gestión y mantenimiento de activos en la empresa. Uno de los problemas principales era la dificultad de manejo de la información, debido al uso de múltiples archivos en formato Excel y al excesivo trabajo manual para agregar y consolidar los datos. Además, el proceso de reporte y gestión de mantenimiento también implicaba una gran cantidad de trabajo manual.

Para abordar estos desafíos, se implementó una solución que se basó en el uso de visualizaciones en Tableau para la gestión y análisis de los datos. Esta solución permitió la consolidación de datos en un solo servidor de análisis de datos, lo que eliminó la necesidad de trabajar con múltiples archivos en formato Excel. Además, el uso de Tableau permitió la automatización de muchas tareas manuales, lo que ahorró tiempo y redujo la posibilidad de errores.

En esta sección, presentaremos algunas capturas de pantalla del proceso de transferencia y limpieza de datos, así como de las visualizaciones y libros de trabajo generados como parte de la solución.

1.11 ESPECIFICACIONES SERVIDOR PARA ANÁLISIS DE DATOS

El servidor virtual creado con el objetivo de realizar el proceso de transferencia, limpieza y carga de datos, ha sido proporcionado por la casa matriz de la empresa en Alemania y tiene las siguientes especificaciones:

- Sistema operativo: Windows Server 2019
- vCPU de 10 núcleos.
- RAM: 16 GB.
- Espacio para almacenamiento: 100 GB.
- Conexión VPN a VPN de departamento de data Analytics.
- Conexión SSH a servidor con base de datos productiva para extracción de datos.

1.12 EXTRACCIÓN, TRANSFERENCIA, LIMPIEZA Y CARGA DE DATOS UTILIZANDO TABLEAU PREP.

Utilizando el software Tableau Prep, se realizaron varios flujos de trabajo encargados de extraer, transferir de manera organizada, limpiar y cargar los datos en el servidor virtual para análisis de datos.

Para esto se crearon 9 flujos de datos, centrados en crear 9 tablas relacionadas entre sí, tal y cómo se ha explicado anteriormente en el punto 3.2.

Los principales desafíos en este proceso de extracción, transferencia y carga de datos, fueron:

- 1) Realizar flujos de datos eficientes en el uso de recursos, ya que, al no optimizarlos, estos flujos pueden requerir incluso días como tiempo de procesamiento.
- 2) Crear tablas que tengan claves relacionadas con las otras tablas, para que no tengamos pérdida de información y además asegurar que sean datos propios según lo que se busca analizar o gestionar.

1.13 LIMPIEZA DE ARCHIVOS RESIDUALES.

Luego de unas horas de operación de los flujos de Tableau Prep, se notó una deficiencia del sistema para eliminar unos archivos residuales de la escritura en la nueva base de datos en el servidor con MySQL. Para esto se escribió un programa simple que permite eliminar estos archivos y luego utilizando el programador de tareas o “*Tasks Scheduler*” del servidor, se programó una limpieza cada 6 horas corriendo este programa. A continuación, se deja el código creado:

```

1 @echo off
2 setlocal enabledelayedexpansion
3
4 set "dir=F:\ProgramData\MySQL\MySQL Server 8.0\Data"
5
6 set "max_number="
7 for /f "tokens=2 delims=." %%f in ('dir /b /a:-d "%dir%\WIN2019-bin.*" ^| findstr /r ...
   /c:"WIN2019-bin.[0-9][0-9][0-9][0-9][0-9][0-9]" ^| sort /r') do (
8     set "number=%%f"
9     set "number=!number:~0,6!"
10    if not defined max_number (
11        set "max_number=!number!"
12    ) else (
13        if !number! gtr !max_number! (
14            set "max_number=!number!"
15        )
16    )
17 )
18
19 for /f "tokens=2 delims=." %%f in ('dir /b /a:-d "%dir%\WIN2019-bin.*" ^| findstr /r ...
   /c:"WIN2019-bin.[0-9][0-9][0-9][0-9][0-9][0-9]" ^| sort /r') do (
20     set "number=%%f"
21     set "number=!number:~0,6!"
22     if !number! lss !max_number! (
23         echo Deleting file "%dir%\WIN2019-bin.%%f"
24         del "%dir%\WIN2019-bin.%%f"
25     ) else (
26         echo Skipping file "%dir%\WIN2019-bin.%%f"
27     )
28 )

```

Figura 3: Programa para realizar limpieza de archivos residuales

1.14 VISUALIZACIONES CREADAS PARA DISTINTOS GRUPOS DE INTERÉS Y RESPONDIENDO A LOS REQUERIMIENTOS

En esta sección se presentan algunas de las visualizaciones obtenidas a través de la implementación de la solución basada en herramientas de inteligencia empresarial, específicamente Tableau.

Las visualizaciones permiten una mejor comprensión de la información proveniente de la plataforma de *Field Data Management*, lo que facilita la toma de decisiones en cuanto a la gestión y mantenimiento de los activos. Además, se describen las funcionalidades de cada visualización y cómo contribuyen al análisis de los datos de una manera más eficiente y efectiva.

Estas visualizaciones, luego de ser creadas en forma de borrador, se discutieron con los principales grupos de interés para su validación, lo que aseguraba realizar un trabajo eficiente en la creación y ajustes de estas.

Además, se tomó como base de referencia, documentos utilizados anteriormente para la gestión de mantenimiento, como por ejemplo archivos Excel que almacenaban datos de las operaciones de clientes, estados operacionales de los equipos, registros de cambio de componentes, comentarios por parte de los equipos técnicos durante últimos servicios y/o acciones de mantenimiento, entre otros datos relevantes para cada grupo de interés distinto.

1.14.1 ESTADÍSTICAS DE MANTENIMIENTO.

Visualización basada en clásico formato Excel de la empresa, donde los técnicos completaban algunos detalles como tipo de mantenimiento y una medición del carburo de tungsteno remanente en las láminas de limpieza del raspador (principal producto y activo de la empresa). Permite tener una visualización general del estado del equipo, conocer fecha del último servicio, tipos de servicio realizado (inspección o mantenimiento), conocer el valor residual de la medida de carburo de tungsteno, este último al ser un material de desgaste y de vital importancia para el correcto funcionamiento del equipo, es de importancia para su gestión de recambios y servicios. Además, esta visualización puede ser filtrada por subsidiaria de la empresa (país), sucursal, nombre del cliente, correa transportadora donde está instalado el equipo y también por tipo de servicio.

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA BI PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Maintenance Statistics

					Service Created.																	
Operation Name	Plant Name	Conveyor ID	Location	Device Type	2021	2022												2023				
					Deze..	Janu..	Febr..	März	April	Mai	Juni	Juli	Augu..	Sept..	Okto..	Nove..	Deze..	Janu..	Febr..	März	April	
Minera Radomiro Tomic	Apilamiento DRT	CV119	CV119_LR_..	C3L									W 5	IN	***		IN	W 5	IN		W 5.00	
		CV-112	CV-112_HP_..	HD-PU-S3R															IN		W 5.00	
			CV-112_LR_..	B6R					***	IN	W 5			W 5			IN	W 5	***		W 5.00	
		CV-113	CV-113_LR_..	C3L						W 5	W 5			W 5	***		IN	W 5	***		W 5.00	
		CV-114	CV-114_LR_..	D3						IN				IN	***		IN	W 5	IN		W 5.00	
			CV-114_LR_..	D3										IN	***		IN	W 5	IN		W 5.00	
			CV-114_TP_..	B6I																IN		IN
		CV-201	CV-201_LR_..	C3L											IN	W 5		IN	W 5	IN		W 5.00
		CV-202	CV-202_HP_..	B6C										W 5	W 5			IN	W 5	***		W 5.00
	Chancado Secundario/ Terciario DRT	CV-102	CV-102_LR_..	C3L											IN	IN		IN	W 5	IN		W 5.00
CV-103		CV-103_LR_..	C3L											IN	IN		IN	W 5	***		W 5.00	
CV-104		CV-104_LR_..	C3L											IN	IN	W 5	IN	W 5	IN			
CV-105		CV-105_LR_..	C3L											IN	IN		IN	W 5	IN		W 5.00	
CV-106		CV-106_LR_..	C3L					W 8						***	IN		W 5	W 5	IN		W 5.00	
CV-107		CV-107_LR_..	C3											IN	IN		IN	W 5	IN		W 5.00	
CV-108		CV-108_LR_..	C3											IN	IN		IN	W 5	IN		W 5.00	
CV-110		CV-110_LR_..	C3L						IN						IN			W 5	IN			
CV-111		CV-111_LR_..	C3L						IN	W 5				W 5	IN		IN	W 5	IN			
CV-121		CV-121_LR_..	C3L					W 20	IN		IN			IN	IN	IN	IN	W 5	IN		W 5.00	
CV-122		CV-122_LR_..	C3L						IN		IN			IN	IN	IN	IN	W 5	IN		W 5.00	

Figura 4: Visualización de estadísticas de mantenimiento

1.14.2 ESTADO OPERACIONAL DEL EQUIPO/ACTIVO.

Debido a que los equipos de esta empresa requieren estar operativos para cumplir con su fin, el de limpiar el material de retorno de las correas transportadoras, es importante conocer el estado operacional de nuestros equipos después de cada servicio de mantenimiento, lo que nos permitirá priorizar labores que vuelvan a restablecer la condición operativa de estos activos. Esta visualización también incorpora filtros como la anterior.

Además, el estado operacional también es un indicador positivo para el área de ventas, ya que el modelo de negocio depende principalmente de la postventa que deriva en la compra de repuestos producto del desgaste de consumibles en estos equipos. Es decir, un equipo que no está operando, no es rentable para la organización y además no está realizando su labor de mantener un transportador limpio y funcionando de manera óptima, buscando asegurar su disponibilidad y confiabilidad operacional.

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA BI PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Device Status After Service

Operation Name	Plant Name	Conveyor ID	Location	Device Type	Last Service	Status	
Minera El Soldado	Chancado Primario (Minera El Soldado)	CTRC-1001	CTRC-1001_HP_16:00	HD-PU	03.08.2022	Defectos menores.	🟡
			CTRC-1001_HP_19:00	B6C	03.08.2022	Operativo	🟡
		CTRC-1002	CTRC-1002_HP_0.10	B6C	31.08.2022	Operativo	🟡
			CTRC-1002_HP_3:00 hrs	HD-PU-L	31.08.2022	Operativo	🟡
	Escoria (Minera El Soldado)	CTRC2051	CTRC2051_HP_0.10	B6C	29.08.2022	Operativo	🟡
		CTRC2052	CTRC2052_HP_0.10	B6C	22.08.2022	Operativo	🟡
	Molienda Convencional (..	CTRM2003	CTRM2003_HP_3:00	HD-PU-L	16.03.2023	Sin defectos.	🟢
Molienda SAG (Minera El Soldado)		CT3001	CT3001_HP_0.10 después..	B6C	22.11.2022	Defectos menores.	🟡
		CT3002	CT3002_HP_8.00	B6C	22.11.2022	Defectos menores.	🟡
		CT3003	CT3003_HP_2.00	B6C	23.11.2022	Operativo	🟡
		CTRF03	CTRF03_HP_06:00	B6I	29.06.2022	Defectos menores.	🟡
		CTRF04	CTRF04_HP_06:00	B6L	29.06.2022	Defectos menores.	🟡
		Sección 1 (Minera El Soldado)	CT2010	CT2010_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	Defectos menores.
CT2010_LR_1.00_T	VC1			14.03.2023	Defectos menores.	🟡	
CTLC-2012	CTLC-2012_HP_3:00		HD-PU-L	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
	CTLC-2012_HP_2000 mm ..		Abstreifer	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
CTRA-2012A	CTRA-2012A_HP_9:00		HD-PU-L	05.12.2022	Defectos mayores.	🔴	
					Operativo	🟡	
	CTRA-2012A_UR_300.00..		B6C	05.12.2022	Defectos mayores.	🔴	
CTRC 2002	CTRC 2002_HP_0.3 desp..		B6C	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
	CTRC 2002_HP_9:00		HD-PU-L	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
CTRC-2011	CTRC-2011_HP_5:00		B6C	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
CTRC-2013	CTRC-2013_HP_0.10 desp..		B6C	25.10.2022	Defectos menores.	🟡	
CTRC-2014	CTRC-2014_HP_5:00 200..		B6C	14.03.2023	Defectos menores.	🟡	
CTRM-2007	CTRM-2007_HP_3.00		HD-PU-L	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
	CTRM-2007_HP_5:00		B6C	14.03.2023	Operativo	🟡	
CTRM-2008	CTRM-2008_HP_0.10		B6	14.03.2023	Sin defectos.	🟢	
CTRM-2009	CTRM-2009_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	Sin defectos.	🟢		
	CTRM-2009_HP_Secunda..	B6C	14.03.2023	Sin defectos.	🟢		
	CTRM-2009_LR_1.20_T	VC1	14.03.2023	Defectos mayores.	🔴		
Sección 2 (Minera El Soldado)	Ct 2017	Ct 2017_LR_1.30_H	B6C	06.03.2023	Operativo	🟡	
				Ct 2018	Ct 2018_HP_5:09	B6C	24.08.2022
	27.12.2022	Defectos menores.	🟡				
	Ct 2023	Ct 2023_UR_1100.00_H	B6C	27.12.2022	Sin defectos.	🟢	
	CT2002	CT2002_UR_110.00_H	B6C	20.02.2023	Defectos menores.	🟡	
	CT2005	CT2005_LR_0.10_H	B6	20.02.2023	Sin defectos.	🟢	
	Ct2020	CT2020_HP_5:00 100 mm	B6C	15.11.2022	Defectos menores.	🟡	
		CT2020_HP_9:00	HD-PU-L	20.03.2023	Sin defectos.	🟢	
	Ct2022	Ct2022_HP_9:00	HD-PU-L	06.03.2023	Operativo	🟡	

Figura 5: Visualización de estado operacional de los equipos luego de la última acción de mantenimiento recibida.

Dentro de las conversaciones con los grupos de interés, nace la necesidad de que las visualizaciones sean intuitivas y a la vez interactivas, para aprovechar el potencial del programa utilizado y además esta solución sea novedosa para los empleados, ejecutivos y también clientes. Pensando en que puede aportar como valor agregado en contratos de servicios, ventas y otros.

Además, esta visualización incorpora acciones dentro de ella, esto quiere decir que el usuario, al seleccionar un equipo en cuestión, puede tener acceso directo a la plataforma de FDM con los detalles del equipo y también acceder de manera directa al último reporte de servicio, como se muestra a continuación:

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA BI PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

CTRM-2008	CTRM-2008_HP_0.10	B6	14.03.2023	Sin defectos.	
CTRM-2009	CTRM-2009_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	Sin defectos.	
	CTRM-2009_HP_Secunda..	B6C	14.03.2023	Sin defectos.	
	CTRM-2009_LR_1.20_T	VC1	14.03.2023	Defectos mayores.	
Ct 2017	Ct 2017_LR_1.30_H	B6C	06.03.2023	Operativo	
Ct 2018	Ct 2018_HP_5:09	B6C	24.08.2022	Sin defectos.	
			27.12.2022	Defectos menores.	
Ct 2023	Ct 2023_UR_1100.00_H	B6C	27.12.2022	Sin defectos.	
CT2002	CT2002_UR_110.00_H	B6C	20.02.2023	Defectos menores.	
CT2005	CT2005_LR_0.10_H	B6	20.02.2023	Sin defectos.	
Ct2020	Ct2020_HP_5:00 100 mm	B6C	15.11.2022	Defectos menores.	
	Ct2020_HP_9:00	HD-PU-L	20.03.2023	Sin defectos.	
CT2023	CT2023_UR_1100.00_H	B6C	27.12.2022	Sin defectos.	

✓ Keep Only

⊗ Exclude

📎

🔍

📄

Operation Name: Minera El Soldado

Plant Name: Sección 1 (Minera El Soldado)

Device UDI: 04FBD8EAE6480

Last Service: 14.03.2023

Report Inspector: Jorge Opazo

Device Info

Report PDF

Figura 6: Detalles desplegados en visualización del estado operacional de los equipos

1.14.3 RIESGO DE EXCEDER EL LÍMITE DE DESGASTE, PREVIO AL SIGUIENTE SERVICIO PROGRAMADO.

En los equipos raspadores de correas transportadoras, su operación luego de alcanzar el límite de desgaste presenta un alto riesgo a producir daños a la correa, es por esto, debido a la criticidad de la correa transportadora como activo, donde su detención puede afectar producción, se debe evitar siempre que los equipos raspadores operen más allá de los límites de desgaste, entonces debemos alertar a los mantenedores de realizar servicio urgente a estos activos, es por esto que se crea la siguiente visualización.

Risk to exceed wear prior next scheduled service

Operation Name	Plant Name	Conveyor ID	Location	Device Type	Last Inspec..	Exist risk?	
Minera El Soldado	Chancado Primario (Minera El Soldado)	CTRC-1001	CTRC-1001_HP_16:00	HD-PU	03.08.2022	No	■
		CTRC-1002	CTRC-1002_HP_0.10	B6C	03.08.2022	No	■
			CTRC-1002_HP_3:00 hrs	HD-PU-L	03.08.2022	No	■
	Escoria (Minera El Soldado)	CTRC2051	CTRC2051_HP_0.10	B6C	28.06.2022	Si	■
		CTRC2052	CTRC2052_HP_0.10	B6C	28.06.2022	Si	■
	Molienda Convencional (..	CTRM2003	CTRM2003_HP_3:00	HD-PU-L	16.03.2023	No	■
	Molienda SAG (Minera El Soldado)	CT3001	CT3001_HP_0.10 después..	B6C	22.11.2022	No	■
		CT3002	CT3002_HP_8.00	B6C	22.11.2022	No	■
		CTRF03	CTRF03_HP_06:00	B6I	29.06.2022	Si	■
		CTRF04	CTRF04_HP_06:00	B6L	29.06.2022	No	■
	Sección 1 (Minera El Soldado)	CT2010	CT2010_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	Si	■
			CT2010_LR_1.00_T	VC1	14.03.2023	No	■
		CTLC-2012	CTLC-2012_HP_3:00	HD-PU-L	14.03.2023	No	■
			CTLC-2012_HP_2000 mm ..	Abstreifer	14.03.2023	No	■
		CTRA-2012A	CTRA-2012A_HP_9:00	HD-PU-L	05.12.2022	Si	■
			CTRA-2012A_UR_300.00..	B6C	05.12.2022	Si	■
		CTRC 2002	CTRC 2002_HP_0.3 desp..	B6C	14.03.2023	No	■
			CTRC 2002_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	No	■
		CTRC-2011	CTRC-2011_HP_5:00	B6C	14.03.2023	No	■
		CTRC-2013	CTRC-2013_HP_0.10 desp..	B6C	25.10.2022	No	■
		CTRC-2014	CTRC-2014_HP_5:00 200..	B6C	14.03.2023	No	■
		CTRM-2007	CTRM-2007_HP_3.00	HD-PU-L	14.03.2023	No	■
			CTRM-2007_HP_5:00	B6C	05.12.2022	No	■
		CTRM-2008	CTRM-2008_HP_0.10	B6	14.03.2023	No	■

Figura 7: Visualización del riesgo existente de exceder límites de desgaste, de manera previa a la próxima acción de mantenimiento programada

IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA BI PARA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Esta visualización, también incluye acceso directo a la plataforma de FDM para acceder a detalles del equipo y acceso directo al reporte de servicio donde el técnico indicó sobre la posibilidad de alcanzar el límite de desgaste, previo al próximo servicio programado.

Sección 1 (Minera El Soldado)	CT2010	CT2010_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	Si	
		CT2010_LR_1.00_T	VC1	14.03.2023	No	
	CTLC-2012	CTLC-2012_HP_3:00	HD-PU-L	14.03.2023	No	
		CTLC-2012_HP_2000 mm ..	Abstreifer	14.03.2023	No	
	CTRA-2012A	CTRA-2012A_HP_9:00	HD-PU-L	05.12.2022	Si	
		CTRA-2012A_UR_300.00..	B6C	05.12.2022	Si	
	CTRC 2002	CTRC 2002_HP_0.3 desp..	B6C	14.03.2023	No	
		CTRC 2002_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	No	
	CTRC-2011	CTRC-2011_HP_5:00	B6C	14.03.2023	No	
	CTRC-2013	CTRC-2013_HP_0.10 desp..	B6C	25.10.2022	No	
	CTRC-2014	CTRC-2014_HP_5:00 200..	B6C	14.03.2023	No	
	CTRM-2007	CTRM-2007_HP_3.00	HD-PU-L	14.03.2023	No	
		CTRM-2007_HP_5:00	B6C	05.12.2022	No	
	CTRM-2008	CTRM-2008_HP_0.10	B6	14.03.2023	No	

☒ Keep Only
 ☐ Exclude
 



Last Inspection: **05.12.2022**
 Color Status (REW): **RED**
 Conveyor ID: **CTRA-2012A**
 Location: **CTRA-2012A_UR_300.00_H**
 Operation Name: **Minera El Soldado**

[Device Info](#)
[Report PDF](#)

Figura 8: Detalles desplegados en visualización de riesgo de exceder límite de desgaste de manera previa a la próxima acción de mantenimiento programada

1.14.4 CAMBIO DE REPUESTOS EN EL PRÓXIMO SERVICIO (EN BASE A INSPECCIONES)

Es de vital importancia mantener el equipo con sus piezas de recambio en buen estado, es por esto que tanto en inspecciones como en mantenimientos, el técnico reporta sobre la necesidad de recambio en el próximo servicio. Aquí se muestran detalles de sobre qué tipo de piezas deben ser cambiadas, junto con la fecha del próximo servicio.

Expected exchange next service (from inspection reports)

Operation Name	Plant Name	Conveyor ID	Location 📍	Device Type	Last Inspec..	Next Service	Part Subcategory to Exch..	
Minera El Soldado	Chancado	CTRC-1001	CTRC-1001_HP_16:00	HD-PU	03.08.2022	26.10.2022	Montaje	🟤
	Primario (Miner..	CTRC-1002	CTRC-1002_HP_3:00 hrs	HD-PU-L	03.08.2022	23.11.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
	Escoria (Minera El Soldado)	CTRC2051	CTRC2051_HP_0.10	B6C	28.06.2022	21.11.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRC2052	CTRC2052_HP_0.10	B6C	28.06.2022	14.11.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
	Molienda SAG (Minera El Soldado)	CT3001	CT3001_HP_0.10 después..	B6C	22.11.2022	14.02.2023	Montaje	🟤
		CTRF03	CTRF03_HP_06:00	B6I	29.06.2022	21.09.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRF04	CTRF04_HP_06:00	B6L	29.06.2022	21.09.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
	Sección 1 (Minera El Soldado)	CT2010	CT2010_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRA-2012A	CTRA-2012A_HP_9:00	HD-PU-L	05.12.2022	27.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
							Tubo portador	🟢
			CTRA-2012A_UR_300.00..	B6C	05.12.2022	27.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRC-2013	CTRC-2013_HP_0.10 desp..	B6C	25.10.2022	17.01.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRM-2007	CTRM-2007_HP_5:00	B6C	05.12.2022	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTRM-2009	CTRM-2009_LR_1.20_T	VC1	14.03.2023	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
							Tubo portador	🟢
	Sección 2 (Minera El Soldado)	Ct 2018	Ct 2018_HP_5:09	B6C	27.12.2022	21.03.2023	Montaje	🟤
							Tubo portador	🟢
CT2002		CT2002_UR_110.00_H	B6C	20.02.2023	15.05.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡	
Ct2020		Ct2020_HP_5:00 100 mm	B6C	15.11.2022	07.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡	
Ct2022		Ct2022_HP_9:00	HD-PU-L	15.11.2022	29.05.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡	
Minera El Teniente	Sewell (Minera El Teniente)	CTR13	CTR13_HP_2:00	B6C	06.10.2022	29.12.2022	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡
		CTR117	CTR117_HP_1.50	B6C	04.08.2022	11.01.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	🟡

Figura 9: Visualización sobre previsión de cambio de repuestos en próximos servicios y/o acciones de mantenimiento programadas

Esta visualización también permite acceso directo a la plataforma de FDM, donde se pueden revisar en detalle el tipo de piezas de repuesto con sus números de parte para prever el cambio de estos y alertar al cliente sobre la necesidad.

Sección 1 (Minera El Soldado)	CT2010	CT2010_HP_9:00	HD-PU-L	14.03.2023	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	CTRA-2012A	CTRA-2012A_HP_9:00	HD-PU-L	05.12.2022	27.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
		CTRA-2012A_UR_300.00..	B6C	05.12.2022	27.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	CTRC-2013	CTRC-2013_HP_0.10 desp..	B6C	25.10.2022	17.01.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	CTRM-2007	CTRM-2007_HP_5:00	B6C	05.12.2022	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	CTRM-2009	CTRM-2009_LR_1.20_T	VC1	14.03.2023	06.06.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
Sección 2 (Minera El Soldado)	Ct 2018	Ct 2018_HP_5:09	B6C	27.12.2022	21.03.2023	Tubo portador	
						Montaje	
						Tubo portador	
	CT2002	CT2002_UR_110.00_H	B6C	20.02.2023	15.05.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	Ct2020	Ct2020_HP_5:00 100 mm	B6C	15.11.2022	07.02.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	
	Ct2022	Ct2022_HP_9:00	HD-PU-L	15.11.2022	29.05.2023	Módulos / Láminas / Bloqu..	

Language
cl

✓ Keep Only

⊗ Exclude

🔍

🔍

🔍

Last Inspection:

05.12.2022

Next Service:

27.02.2023

Part Subcategory to Exchange:

Módulos / Láminas / Bloques

Conveyor ID:

CTRA-2012A

Location:

CTRA-2012A_UR_300.00_H

Operation Name:

Minera El Soldado

Device Info

Report PDF

Figura 10: Detalles desplegados en visualización de previsión de cambio de repuestos.

1.14.5 CAMBIO DE REPUESTOS EN EL PRÓXIMO SERVICIO (EN BASE A MANTENIMIENTOS)

Esta visualización, al igual que la anterior, muestra información sobre las partes que deben ser cambiadas en el próximo servicio, a diferencia de la anterior. Esta muestra información más detallada sobre los recambios de cada dispositivo. Además, cabe destacar que el período entre servicios depende de cada equipo y esto es configurado en la plataforma de FDM, pudiendo ser configurado a nivel de operación, planta, correa e incluso por equipo, lo que toma en consideración sus condiciones de operación.

Expected exchange next service (from maintenance reports)

Operation Name	Plant Name	Conveyor ID	Part Number	Description	Amount	Device Type	Next Service
CBB Curicó	Materias primas (CBB Curicó)	A1J05	SET0000021	Set Lámina B6 Forma Z X3..	1	B6C	15.06.2023
			SET0000032	Set Lámina B6 Forma Z X3..	3	B6C	15.06.2023
			SET0530110	Set elemento B6 corto, az..	7	B6C	15.06.2023
		A1J06	SET0000021	Set Lámina B6 Forma Z X3..	1	B6C	15.06.2023
			SET0000032	Set Lámina B6 Forma Z X3..	3	B6C	15.06.2023
Minera El Soldado	Chancado Primario (Miner..	CTRC-1002	0640710	Tubo portador - parte cen..	1	HD-PU-L	23.11.2022
	Molienda SAG (Minera El ..	CT3001	SET0530110	Set elemento B6 corto, az..	6	B6C	14.02.2023
	Sección 1 (Minera El Solda..	CTRM-2009	0630140	Tubo portador - parte cen..	1	VC1	06.06.2023
Minera Los Bronces	Confluencia Exterior (Min..	CVB007	0537595	Módulo de rascado D2-X3/..	14	D2	Null
Minera Tres Valles	Minera Tres Valles - Plant	CV06	0551510	Corredera elástica paralel..	2	B6LC	10.08.2022
			0560021	Husillo M30, galvanizada	2	B6LC	10.08.2022
Puerto Patache	Filtrado (Puerto Patache)	320-CV-025	SET0000032	Set Lámina B6 Forma Z X3..	4	B6C	26.04.2023
			SET0530110	Set elemento B6 corto, az..	8	B6C	26.04.2023
Transex	Dosificación (Transex Pue..	C11	0551587	Brida del tubo portador ø..	2	B6LC	02.12.2022

Figura 11: : Visualización en detalle sobre previsión de cambio de repuestos en próximos servicios y/o acciones de mantenimiento programadas

1.14.6 HISTORIAL DE CAMBIO DE REPUESTOS

El conocimiento del tipo, cantidad y ubicación de repuestos cambiados en los distintos clientes permite un mayor control de posibles compras por parte del cliente, mantener niveles aceptables de inventario, mejorar la logística de provisionamiento y con esto realizar una mejor gestión de mantenimiento. Ya que es de vital importancia contar con los distintos repuestos.

Changed parts history

Operation Name	Plant Name	Part Number	Description	Device Type	Service Created	Service Created 2022							
						Januar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septem.. Okt
Minera Radomiro Tomic	Apilamiento DRT	0500425	Lámina B6 V-Forma X3-20S 240mm, NR6	B6C	09.08.2022								7
				B6C	11.01.2023								
		0535042	Módulo de rascado C3 X3-20S, inoxidable (blanco)	B6C	07.07.2022							7	
					13.12.2022								
				C3L	14.03.2023								
					*								16
				C3L	11.07.2022						19		
					14.09.2022								19
					13.12.2022								
					14.03.2023								
				B6R	30.05.2022				19				
				C3L	02.08.2022							19	
					12.04.2022			19					
					11.05.2022				19				
					02.08.2022							19	
					13.09.2022								19
					13.12.2022								
					10.01.2023								
					14.03.2023								
		0537595	Módulo de rascado D2-X3/20S, inoxidable	D3	13.12.2022								
					14.03.2023								
		0538060	Tubo portador - parte central D..	D3	14.03.2023								
		0539092	Soporte D2/D3	D3	14.03.2023								
		0545040	Tubo portador - parte central C3L ø101 - 2.200 - 19, rilsanizada	C3L	11.05.2022				1				
					13.12.2022								
					14.03.2023								

Figura 12: Visualización sobre el historial de partes y/o repuestos reemplazados durante cierto periodo de tiempo

Además, esta visualización permite conocer totales por periodo y tipo de recambio de manera simple. Como se muestra a continuación:

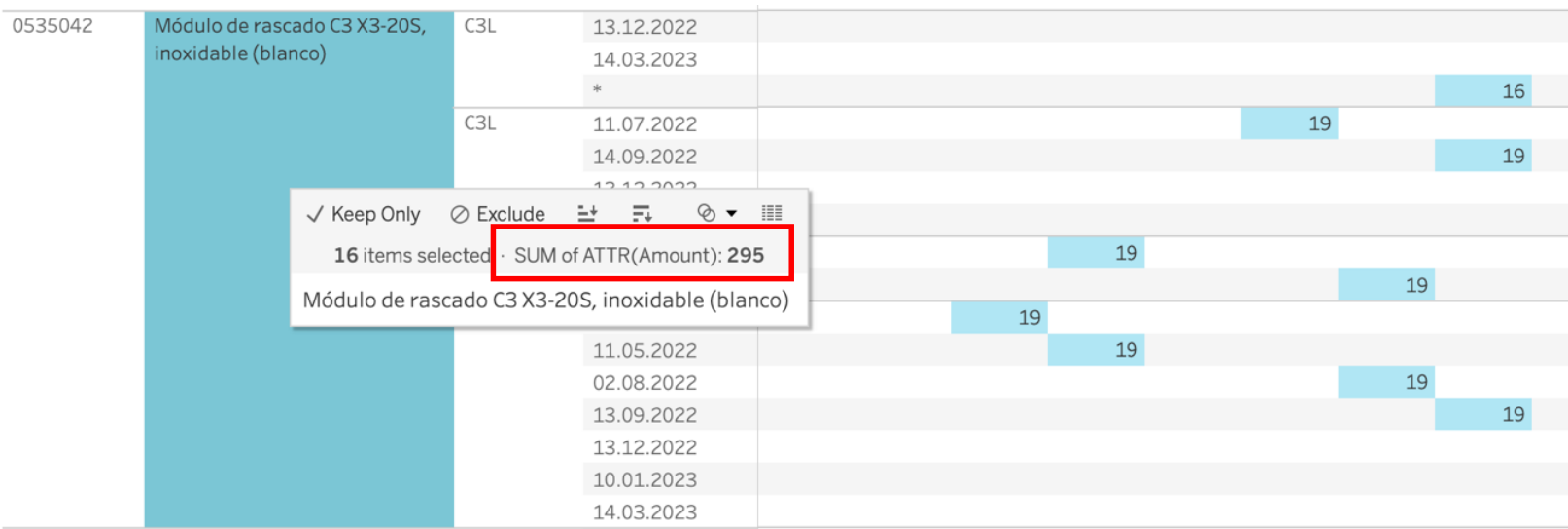


Figura 13: Detalles de visualización del historial de cambio de partes o repuesto

1.14.7 PROGRAMACIÓN DE SERVICIOS

Una de las claves para mantener la disponibilidad de los equipos, es realizar los mantenimientos e inspecciones programadas a tiempo, es por esto por lo que es importante mantener bajo análisis y a la vista, la información sobre el cumplimiento del programa de inspecciones y/o mantenimientos de los activos.

Esta visualización permite observar de manera intuitiva el estado del cumplimiento de las inspecciones y/o mantenimientos programados por operación o cliente. Asignándose estados de cumplimiento junto con un código de colores que permite reconocer fácilmente, en especial aquellos servicios que se encuentran retrasados respecto al programa.

Además, en muchas operaciones, se debe cumplir con estos programas debido a convenios o contratos de servicio, lo que permite a los responsables mantenerse dentro de los lineamientos en términos de capacidad de respuesta, planificación, organización y gestión.

A continuación, se muestra una visualización de ejemplo:

Maintenance Schedule

Operation Na..	Plant Name	Conveyor ID	Device Type	Last Service	Next Service	Service Status	
CBB Curicó	Carbón (CBB Curicó)	D1J03	B6C	13.10.2022	05.01.2023	Service DELAYED	-14
		A1J04	B6C	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
	Materias primas (CBB Curicó)		HD-PU-L	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		A1J05	B6C	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		A1J06	B6C	11.11.2022	03.02.2023	Service DELAYED	-10
				23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		A1J09	B6C	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		A1L01	B6C	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		A1L02	B6C	12.01.2023	06.04.2023	Service DELAYED	-1
		A1L03	B6C	11.11.2022	03.02.2023	Service DELAYED	-10
		A1L05	B6C	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
			HD-PU-L	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		F1J10	B6LC	03.02.2023	28.04.2023	Service within two weeks	2
		F1J12	B6LC	19.01.2023	13.04.2023	Service DELAYED	0
				09.02.2023	04.05.2023	Service within three weeks	3
		F1L01	B6C	25.08.2022	17.11.2022	Service DELAYED	-21
		F1L04	B6C	31.01.2023	25.04.2023	Service within two weeks	2
		R1J08	B6C	23.06.2022	15.09.2022	Service DELAYED	-30
				23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
		R1J09	B6LC	23.03.2023	15.06.2023	Recently maintained	9
			HD-PU-L	11.11.2022	03.02.2023	Service DELAYED	-10
	Molino (CBB Curicó)	Z2J01	B6C	05.09.2022	28.11.2022	Service DELAYED	-19
		Z2J02	B6LC	05.09.2022	28.11.2022	Service DELAYED	-19
		Z2J04	B6C	09.02.2023	04.05.2023	Service within three weeks	3
		Z2J06	B6LC	09.02.2023	04.05.2023	Service within three weeks	3
		Z2J10	B6LC	09.02.2023	04.05.2023	Service within three weeks	3

Figura 14: Visualización sobre el programa de inspecciones y mantenimientos

1.14.8 REPORTE DE ACTIVIDAD

Al contar con la información de los servicios realizados por los equipos técnicos de la organización, es posible la creación de reportes de actividad y el análisis de la actividad de estos equipos.

Las principales variables por analizar son tiempo de trabajo, tiempo de descanso, distancia y tiempos de conducción.

Estos indicadores están directamente relacionados con la dedicación por parte de la organización a sus clientes, lo que también se traduce en costos que deben ser analizados por los niveles altos o ejecutivos para no perder de vista esta información.

Activity Statement Reports

Operation Name	Report ID	Report Author	Employee	Work Date	Working [h]	Work Break..	Driving Km	Driving Hours
ArcelorMittal Hamburg	29639628	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	08.12.2022	7	0	25	1
	30223742	Torsten Mroncz	Hubert Kopyto	15.02.2023	1	0	19	0,5
			Torsten Mroncz	15.02.2023	1	0	19	0,5
Aurubis AG Hamburg	27282301	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	08.12.2021	8	0,5	27	1
	27289907	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	08.12.2021	7	0	27	1
				09.12.2021	8	0	27	1
	27310554	Torsten Mroncz	Thomas Eibl	04.01.2022	6	0	136	3,5
				05.01.2022	6	0	136	3,5
			Torsten Mroncz	04.01.2022	7	0	25	1
				05.01.2022	8	0	25	1
	27322147	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	14.01.2022	2	0	25	0,3
	27324744	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	17.01.2022	2	0	25	1
	27353487	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	02.02.2022	7	0	21	1
				03.02.2022	6	0	21	1
	27401087	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	08.03.2022	8	0	21	1
				09.03.2022	8	0	21	1
	27494527	Torsten Mroncz	Torsten Mroncz	05.04.2022	7	0	25	1
				06.04.2022	7	0	25	1
				07.04.2022	6	0	25	1
	27983434	Torsten Mroncz	Hubert Kopyto	01.06.2022	8	0	25	1
				02.06.2022	7	0	25	1
			Torsten Lips	09.06.2022	6	0	25	1
			Torsten Mroncz	30.05.2022	7	0	25	1
				01.06.2022	8	0	25	1
				02.06.2022	7	0	25	1
				09.06.2022	7	0	25	1

Figura 15: Visualización sobre los reportes de actividad de los equipos técnicos

1.15 OPINIONES DE STAKEHOLDERS

A continuación, se presentan algunos testimonios de stakeholders relacionados con la percepción de ellos ante las visualizaciones de datos presentadas anteriormente.

“Esta nueva herramienta nos da un flujo de información y control de todos nuestros dispositivos y equipos casi en tiempo real sin perder recursos y el foco de nuestra actividad” – César Vigo (Gerente General HOSCH Chile)

"Información veraz y completa, No perdemos tiempo informando horas o días después, Informes estándar para clientes, fácil planificación de recursos de mantenimiento y repuestos." – César Vigo (Gerente General HOSCH Chile)

“Gracias a la facilidad e inmediatez del acceso a la información, es posible realizar un análisis y llegar a conclusiones de manera mucho más eficaz, lo que nos permite una gestión más eficiente y conocer información que anterior a esta herramienta era de alta dificultad poder obtener” – Roberto Marín (Key Account Manager, responsable de cuentas, HOSCH Chile)

“Ahora gracias a los datos y sus visualizaciones, podemos tomar decisiones de priorizar mantenimientos e inspecciones de acuerdo a nuevos criterios, recomendados por Sergio y esto nos permite una mejor planificación en terreno” – Alexandro Villanueva (Técnico especialista, HOSCH Chile)

1.16 MEJORAS LOGRADAS EN TÉRMINOS DEL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Según lo observado durante el desarrollo de este trabajo, siempre enfocado en el cumplimiento del objetivo general y objetivos específicos propuestos en un inicio.

Se ha alcanzado una mejora significativa en la gestión de mantenimiento, según la propia percepción de los distintos grupos de interés.

Al utilizar la herramienta de BI “Tableau” para producir visualizaciones de datos comprensibles, de utilidad, enfocada en el usuario y con datos relevantes para la gestión del mantenimiento. Se ha logrado transparentar la información proveniente desde terreno y visualizarla de manera que sea intuitivamente analizada por los interesados, haciendo más eficiente en el uso de tiempo y recursos este análisis.

Con esta misma herramienta es posible realizar la reportabilidad, tanto de manera interna durante reuniones de seguimiento, cómo también sobre situaciones de interés a los clientes usuarios de los activos.

La herramienta implementada está sometida a un proceso de mejora continua, donde se pretende ir logrando con el tiempo una mejor solución.

1.17 POSIBLES DESARROLLOS POSTERIORES

El presente trabajo ha proporcionado una sólida base para mejorar la gestión de mantenimiento mediante el uso de herramientas de inteligencia empresarial (BI) como Tableau. Sin embargo, existen diversas áreas en las que se podrían realizar extensiones y futuros trabajos para ampliar y mejorar aún más los resultados obtenidos.

Una posible extensión de este trabajo es la incorporación de tecnologías de Internet de las cosas (IoT) para obtener datos en tiempo real sobre la operación de los activos mecánicos. Al integrar sensores y dispositivos IoT en los equipos, se podría recopilar información en tiempo real sobre su rendimiento, condiciones de operación y posibles fallas. Esto permitiría una toma de decisiones más anticipada y proactiva, lo que podría resultar en una mayor eficiencia en el mantenimiento preventivo y una reducción en los tiempos de inactividad no planificados.

Además, se podría explorar el uso de algoritmos de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático (ML) para el análisis de datos de mantenimiento. Estos algoritmos podrían ayudar a identificar patrones y tendencias ocultas en los datos, lo que permitiría una comprensión más profunda de los factores que afectan el rendimiento y la confiabilidad de los activos. Con el uso de modelos predictivos, se podrían anticipar problemas potenciales y se podrían tomar medidas preventivas antes de que ocurran fallas mayores.

Otro enfoque para futuros trabajos podría ser la expansión del alcance de la solución de BI implementada. En lugar de limitarse solo a la gestión de mantenimiento, se podría considerar la incorporación de otros aspectos de la operación, como la gestión de inventario de piezas y repuestos, la programación y seguimiento de órdenes de trabajo, y la optimización de los recursos humanos. Esto permitiría una gestión más integral y coordinada de todas las actividades relacionadas con el mantenimiento de los activos.

Por otro lado, el trabajo realizado en esta tesis también ha mostrado el potencial de la ingeniería civil mecánica para abordar desafíos en el campo de la gestión de mantenimiento utilizando herramientas de BI. Este tipo de enfoque interdisciplinario podría inspirar a nuevos memoristas y estudiantes de ingeniería a explorar la aplicación de tecnologías de vanguardia en el campo de la gestión de activos. A través de la combinación de conocimientos en ingeniería mecánica y habilidades en análisis de datos y BI, se podría abordar de manera integral y efectiva los desafíos de la gestión de mantenimiento en diversas industrias.

El conocimiento adquirido por los ingenieros mecánicos en términos de los tipos de mantenimiento, como el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, juega un papel fundamental en la implementación de soluciones de inteligencia empresarial para la gestión de mantenimiento. Estos profesionales comprenden la importancia de realizar un mantenimiento proactivo y planificado para prevenir fallas y reducir los tiempos de inactividad, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa y una mayor confiabilidad de los activos mecánicos.

En un mundo cada vez más impulsado por la tecnología y la digitalización, la industria está experimentando un rápido avance en nuevas tecnologías y enfoques de mantenimiento. La implementación de soluciones de BI para la gestión de mantenimiento se ha vuelto esencial para aprovechar al máximo los datos generados por los activos mecánicos y tomar decisiones informadas y anticipadas. Los ingenieros mecánicos se encuentran en una posición única para liderar esta transición hacia un enfoque más proactivo y basado en datos para el mantenimiento de activos.

El desarrollo propio de la industria también está impulsando la necesidad de una mayor implementación de soluciones de BI en la gestión de mantenimiento. Con la creciente complejidad de los activos mecánicos y la creciente presión para reducir costos y aumentar la productividad, las empresas se están dando cuenta de la importancia de utilizar datos en tiempo real y análisis avanzados para optimizar sus operaciones de mantenimiento. Los ingenieros mecánicos, con su comprensión profunda de los activos y sus requerimientos de mantenimiento, están en una posición privilegiada para liderar la adopción y aplicación de estas soluciones en sus respectivas industrias.

En el futuro, se espera que la implementación de soluciones de BI para la gestión de mantenimiento se convierta en una práctica estándar en diversas industrias. Los ingenieros mecánicos desempeñarán un papel crucial en esta transformación, ya que serán los encargados de integrar los datos operativos con las herramientas de BI, desarrollar modelos analíticos avanzados y utilizar la información generada para mejorar continuamente las estrategias de mantenimiento. La combinación de conocimientos en ingeniería mecánica y habilidades en análisis de datos y BI permitirá a los ingenieros mecánicos liderar el camino hacia un futuro más eficiente, seguro y confiable en la gestión de activos mecánicos.

Gracias al conocimiento de gestión de activos, los ingenieros mecánicos también pueden determinar los criterios adecuados y realizar recomendaciones de gestión a todo nivel, recomendaciones prácticas a los equipos técnicos en su planificación a corto plazo, recomendaciones de planes de reemplazo de componentes e incluso decisiones ejecutivas, todas estas recomendaciones basadas en datos reales.

En conclusión, este trabajo de tesis ha sentado las bases para una gestión más efectiva y proactiva del mantenimiento de activos mecánicos a través del uso de herramientas de inteligencia empresarial como Tableau. Sin embargo, las posibilidades de expansión y mejora son numerosas. La incorporación de tecnologías emergentes como IoT y algoritmos de IA, así como la ampliación del alcance de la solución de BI, podrían llevar la gestión de mantenimiento a un nivel completamente nuevo. Además, la intersección entre la ingeniería civil mecánica y el análisis de datos abre oportunidades emocionantes para futuros estudiantes e investigadores interesados en abordar desafíos complejos en la gestión de activos.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Al término de esta memoria, resulta esencial reflexionar sobre los objetivos alcanzados, las implicaciones del proceso y las oportunidades futuras que se presentan en el horizonte.

El propósito principal de esta memoria fue abordar los desafíos en la gestión y mantenimiento de activos mediante la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas. Los resultados obtenidos a través de la implementación de soluciones basadas en herramientas de inteligencia empresarial, como Tableau, evidencian una notable optimización en la consolidación, análisis y presentación de datos. No solo se ha simplificado la gestión de la información, sino que también se ha potenciado la capacidad de toma de decisiones informadas, ofreciendo respuestas más rápidas y precisas a desafíos complejos.

Aunque los resultados obtenidos son significativos, es vital reconocer que toda solución tecnológica y proceso tiene margen de mejora. El proceso de gestión de activos, como se ha implementado, puede y debe ser sometido a un proceso de mejora continua. La retroalimentación de los stakeholders, las actualizaciones tecnológicas y los cambios en las condiciones de operación pueden dar lugar a ajustes y optimizaciones en el sistema.

Las puertas que se han abierto con la incorporación de estas herramientas son inmensas. La mención de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) en el capítulo de "Posibles Desarrollos Posteriores" indica un futuro prometedor. El potencial de estas tecnologías para ofrecer datos en tiempo real, anticiparse a fallos y mejorar la eficiencia en el mantenimiento es inmenso.

Esta memoria ha abordado específicamente la gestión de ciertos activos, pero las metodologías y herramientas discutidas son aplicables en un espectro mucho más amplio. Invitamos a investigadores y profesionales a explorar y adaptar estas soluciones a otros tipos de activos y contextos. Hay un vasto territorio por descubrir en cuanto a cómo las herramientas de BI, IoT y IA pueden revolucionar la gestión de activos en diferentes sectores e industrias.

En definitiva, esta memoria ha establecido un sólido punto de partida para transformar la gestión de activos mediante la integración de tecnologías modernas. La travesía, aunque fructífera, no termina aquí. Las oportunidades de mejora y expansión son infinitas, y el camino hacia la excelencia operativa es un viaje constante de aprendizaje, adaptación y evolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Amadi-Echendu, J., Willett, R., Brown, K., & Hope, T. (2011). Definitions, concepts and scope of engineering asset management. Springer.
- [2] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., ... & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. Communications of the ACM, 53(4), 50-58. <https://doi.org/10.1145/1721654.1721672>
- [3] Chen, C. P., Zhang, C. Y., & Wang, H. (2015). A case study of Tableau-based business intelligence system in the insurance industry. In Proceedings of the 19th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS).
- [4] Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. MIS Quarterly.
- [5] Chen, L., Li, H., & Wang, Y. (2018). Cloud-based data analysis using virtual servers: A case study of a manufacturing company. International Conference on Cloud Computing and Big Data, 67-76.
- [6] Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A Survey. Mobile Networks and Applications.
- [7] Eckerson, W. W. (2010). Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business. John Wiley & Sons.
- [8] Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2016). Fundamentals of database systems (7th ed.). Pearson.
- [9] Few, S. (2013). Information Dashboard Design: Displaying data for at-a-glance monitoring. Analytics Press.
- [10] García, J., Berlanga, R., & Aramburu, M. J. (2015). Optimizing the use of business intelligence techniques: A domain-driven approach. Information Systems Frontiers.
- [11] García, J., & Martínez, R. (2019). Virtualization and cloud computing for data analysis: A review of benefits and challenges. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10(4), 203-212.

- [12] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*.
- [13] Hashemian, H. M., & Bean, W. C. (2010). State-of-the-art predictive maintenance techniques: a comprehensive literature review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*.
- [14] Heller, M. (2014). Field Data Management: A Necessary Evil?. *Plant Services*.
- [15] Hippner, H., & Wilde, K. D. (2006). Introduction to computerized maintenance management systems. *Informatik-Spektrum*.
- [16] Jardine, A. K., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*.
- [17] Jin, X., Siegel, D., & Lee, J. (2016). A framework for predictive maintenance using degradation signals. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*.
- [18] Khan, F. I., Rathnayaka, S., & Ahmed, S. (2018). Methods and models for life cycle cost analysis in asset maintenance management: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- [19] Kroenke, D. M., & Auer, D. A. (2017). *Database concepts (8th ed.)*. Pearson.
- [20] Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2013). Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in the big data environment. *Manufacturing Letters*.
- [21] Liyanage, J. P., & Kumar, U. (2018). *Operations, logistics and quality management in asset-heavy industries*. Springer.
- [22] Mobley, R. K. (2008). *Maintenance fundamentals (2nd ed.)*. Elsevier.
- [23] Murray, A. (2018). *Tableau Your Data!: Fast and Easy Visual Analysis with Tableau Software (2nd ed.)*. Wiley.

- [24] Powers, D. M. (2014). Evaluation: From precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness & correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*.
- [25] Sikorska, J. Z., Hodkiewicz, M., & Ma, L. (2011). Prognostic modelling options for remaining useful life estimation by industry. *Mechanical Systems and Signal Processing*.
- [26] Smith, A., Johnson, B., & Williams, C. (2020). Enhancing data processing capabilities through virtual server deployment. *Journal of Information Technology Research*, 14(2), 45-59.
- [27] Tableau. (2021). Tableau Prep. Recuperado de <https://www.tableau.com/es-es/products/prep>
- [28] Tsang, A. H. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- [29] Wall, J., & Anderson, H. (2016). *Visual Analytics with Tableau*. O'Reilly Media.
- [30] Wang, Q., Zhang, Y., & Li, J. (2019). A comparative study of data analysis performance between physical and virtual servers. *Journal of Cloud Computing and Data Management*, 5(1), 23-37.
- [31] Wixom, B. H., Yen, B., & Relich, M. (2014). Maximizing value from business analytics. *MIS Quarterly Executive*.
- [32] Yigitbasioglu, O. M., & Velcu, O. (2012). A review of dashboards in performance management: Implications for design and research. *International Journal of Accounting Information Systems*.
- [33] Zhao, R., Yan, R., Chen, Z., Mao, K., Wang, P., & Gao, R. X. (2019). Deep learning and its applications to machine health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*.