

DISEÑO DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA

JUAN FELIPE PUENTES CARDONA

NICOLAS CAMILO CASTRO

SANTIAGO VILLALBA SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACION EN GESTION DE LA CALIDAD

BOGOTÁ

2023

TABLA DE CONTENIDO

1	Planteamiento del problema	3
1.1	Descripción de la problemática	3
1.2	Contexto de la empresa.....	5
1.3	Formulación del problema	7
2	Marco referencial.....	8
2.1	Marco conceptual	8
2.2	Marco teórico	10
2.2.1	Herramientas de mejoramiento- Lean Manufacturing.....	10
2.2.2	Gestión del mantenimiento	11
2.2.3	Sistema de gestión de calidad.....	12
2.2.4	Realibility Centered Maintenance (RCM).....	13
2.2.5	El análisis de modos y efectos de fallas (AMEF).....	14
3	Justificación.....	16
4	Objetivos	17
4.1	Objetivo general	17
4.2	Objetivos específicos	17
5	Alcance.....	18
6	Estrategia de despliegue de objetivos	20
7	Cronograma	22
8	Resultados.....	24
8.1	Diagnóstico de la situación actual proceso de mantenimiento en la empresa a través del análisis de los tiempos de mantenimiento.	24
8.2	Estrategias y herramientas que permiten una adecuada gestión del mantenimiento en una empresa de manufactura con el fin de optimizar la disponibilidad de sus equipos y la eficiencia del proceso productivo.	43
8.3	Evaluar técnicamente los beneficios de implementar la metodología de gestión de mantenimiento propuesta para la empresa	51
9	Conclusiones y recomendaciones.....	58
10	Bibliografía	60

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la problemática

Una de las mayores garantías que se tiene al día de hoy un producto o servicio, es la calidad; ésta garantiza no solo que el producto se encuentra apto para ser usado por el consumidor sino también, que ha pasado por una serie de pruebas e inspecciones para poder ser ofertado en el mercado. En ese orden de ideas, la calidad es vital para los clientes y de igual manera para las organizaciones dado que esta le infiere características y se encuentra directamente relacionada con el prestigio y el reconocimiento del producto y/o servicio, y con la empresa que lo provee.

Entre las problemáticas que se han identificado al interior de las empresas relacionadas los productos y/o servicios, se encuentran: falencias con respecto a calidad, reclamaciones por el cliente, defectos en el producto, razón por la cual surge la pregunta: ¿por qué suceden estas falencias? Se evidencia que algunas están relacionadas con el mantenimiento de los equipos y máquinas de la empresa, ya sea por la falta de mantenimiento preventivo - relacionado directamente con la eficiencia en la línea de producción- , por el desgaste excesivo en los equipos -horas de uso-, por paradas largas de la máquina -afecta la disponibilidad de los equipos y ocasiona un cuello de botella en la línea de producción-, mal ajuste en las máquinas – generan variaciones en la calidad del producto-, fallas en la cadena de suministro -falta de repuestos, demora en sus entregas-, entre otros. De acuerdo con lo anterior, se evidencia que la calidad va directamente relacionada con el área de mantenimiento de la empresa, y ambas áreas son de vital importancia al interior de las organizaciones.

La problemática del tiempo de inactividad excesivo de las máquinas es una preocupación central en el ámbito industrial. Cuando un equipo experimenta una falla y queda inoperable durante un período prolongado, no solo se afecta la producción de la empresa sino también la disponibilidad de los equipos. Como consecuencia, existe el riesgo de incumplir con los plazos de entrega establecidos, lo que tiene un impacto directo en los ingresos de la empresa y en su reputación, razón por la cual es fundamental abordar de manera eficiente y oportuna estas situaciones, para minimizar las pérdidas y mantener la integridad operativa de la compañía. Ahora bien, cuando se habla de tiempos excesivos en el mantenimiento, este puede ser debido a:

- Falta de mantenimiento preventivo
- Escasez en los repuestos requeridos para poner a punto nuevamente el equipo.
- Falta de capacitación en el personal
- Antigüedad de las máquinas o equipos, lo que ocasiona que debido al desgaste presenten fallas cada vez más complicadas, de manera reiterada.

Considerando estos aspectos, se plantea el diseño y la propuesta de una metodología de gestión del mantenimiento, utilizando como herramienta el Lean Manufacturing y de igual manera el sistema de gestión de calidad. Las metodologías de mejoramiento están orientadas a la solución de problemáticas, a la reducción de costos, a incremento de la calidad y a la búsqueda de mejores resultados organizacionales, entre los que se puede destacar, en términos de los sistemas de gestión de calidad, la satisfacción del cliente. Ahora bien, centrando esto al ámbito del mantenimiento, el objetivo principal de estas herramientas se centra en optimizar la producción y abordar las problemáticas que enfrentan las empresas con relación al mantenimiento, lo cual impacta directamente en la calidad del producto o servicio ofrecido (Oee & Oee, 2023).

Se eligieron estas metodologías para el desarrollo de la investigación ya que se centran en la búsqueda de la mejora continua y la optimización de los sistemas de producción, buscando eliminar desperdicios y actividades que no agregan valor, como lo son las demoras en los tiempos de mantenimiento de los equipos y los sobre costos, ocasionando un problema para el proceso productivo (Oee & Oee, 2023).

Para lograr dar solución a las problemáticas, se establece como centro de la investigación el diseño de una propuesta metodológica que permita la gestión del mantenimiento, empleando herramientas de Lean Manufacturing y del sistema de gestión de la calidad, para contribuir a reducción de costos y mejorar la satisfacción del cliente, en una empresa de manufactura.

1.2 Contexto de la empresa

La empresa está dedicada a la fabricación de rines de acero y líquido para frenos; cuenta con más de 60 años de experiencia en el área de fabricación y comercialización de autopartes, y actualmente evidencia una falencia en los procesos asociados al área de mantenimiento, lo que está generando tiempos elevados de inactividad, cuando se presentan fallas en las máquinas, que a su vez pueden causar alteraciones en la calidad de los productos y demoras en los procesos subsiguientes, traduciéndose en pérdidas económicas para la compañía.

Se logró identificar que la falta de ejecución de los mantenimientos preventivos de la maquinaria está provocando paros repentinos de la producción por la falla de un equipo, y al tener desconocimiento de la causa del paro, se hace necesario realizar un diagnóstico para luego generar una orden de mantenimiento, con el fin de que la máquina vuelva a ser operativa.

También se ha evidenciado que en muchos casos se requieren repuestos con los cuales no cuenta

la compañía y que deben ser adquiridos en el mercado nacional o internacional, incorporando más etapas al proceso.

La adquisición de repuestos implica buscar un proveedor y solicitar una cotización; durante estas actividades es posible identificar que no existe disponibilidad en el mercado nacional y que se requiere una importación, lo que puede incrementar el tiempo de inactividad de la máquina, de 2 semanas hasta 2 meses. Otra alternativa consiste en la reparación de la parte o componente, lo que también ocasiona retrasos y un mayor tiempo improductivo, para el proceso de producción.

Es importante tener en cuenta que en la empresa existen máquinas críticas para el proceso productivo, equipos en los cuales se realizan ciertas etapas que solo pueden ser llevadas a cabo ellos, razón por la cual la falta de disponibilidad de estos equipos impacta directamente la respuesta de la organización a sus clientes.

Otro elemento para considerar es la antigüedad de las máquinas, lo que conlleva a que las averías sean críticas y que requieran un mantenimiento considerable, agravado también, por la dificultad para la obtención de sus repuestos, dado que, las casas matrices de estos equipos pueden haber sido liquidadas o no contar con los repuestos necesarios. En estas situaciones, se hace necesario buscar una la homologación del mismo o, en su defecto, fabricar el repuesto, lo que ocasiona retrasos y prolonga el tiempo de inactividad de la máquina.

1.3 Formulación del problema

Es por esto que la pregunta a responder en esta investigación es ¿Cómo diseñar una propuesta metodológica que permita la gestión del mantenimiento con el fin de optimizar y reducir los tiempos de mantenimiento en una empresa manufacturera de rines?

2 Marco referencial

2.1 Marco conceptual

La optimización de procesos industriales en el sector de autopartes implica la aplicación de metodologías sistemáticas, como Lean Manufacturing, que se basan en un conjunto de herramientas y conceptos clave como los que se enuncian a continuación:

- 5S: Esta metodología se enfoca en cinco principios: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener la disciplina en el lugar de trabajo. Estas prácticas garantizan un ambiente organizado y eficiente, reduciendo el tiempo perdido en buscar herramientas y materiales (Cruz Huayhua y León Sánchez, 2018).
- Eficiencia operativa: Un buen programa de mantenimiento incrementa la eficiencia operativa al aumentar la disponibilidad de los equipos, prevenir paros no programados y optimizar los consumos de energía y recursos (González, 2019; Cedeño, 2019).
- Gestión de riesgos: Un enfoque integral de la gestión de riesgos analiza los posibles modos de falla y sus efectos sobre la operación, permitiendo definir acciones de mitigación como el mantenimiento preventivo (Carranza, 2017).
- Hojas de vida de equipos: Las hojas de vida integran el historial de cada equipo, incluyendo especificaciones, planos, intervenciones de mantenimiento realizadas, refacciones, fallas presentadas, etc. (León, 2017). Esta documentación facilita la planeación del mantenimiento y el análisis de fallas.
- Indicadores de mantenimiento: Entre los indicadores clave para evaluar la gestión del mantenimiento se encuentran disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y costos de mantenimiento (González, 2019; Carranza, 2017). Un seguimiento periódico de estos indicadores permite medir la efectividad e identificar oportunidades de mejora.

- KPIs (Indicadores Clave de Desempeño): Estos son parámetros específicos utilizados para monitorear el progreso de las iniciativas de mejora continua. Los KPIs se seleccionan cuidadosamente para medir aspectos críticos del rendimiento, proporcionando información cuantitativa sobre el éxito de las estrategias implementadas (Chávez, 2022)
- Lean Manufacturing: Esta filosofía se centra en maximizar el valor al consumidor mientras minimiza el desperdicio en los procesos. Los principios fundamentales incluyen establecer un flujo continuo de trabajo, responder a la demanda del cliente (pull), buscar la perfección en los procesos, fomentar la colaboración en equipos de trabajo y desarrollar relaciones colaborativas (Jiménez y Amaya, 2014; Ascencio, 2019).
- Mantenimiento correctivo: El mantenimiento correctivo implica la reparación de los equipos una vez que se ha presentado la falla (Cedeño, 2019). Generalmente requiere parar la operación y puede ocasionar costos no previstos. Un buen programa de mantenimiento preventivo busca minimizar la necesidad de mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento preventivo: El mantenimiento preventivo consiste en realizar revisiones y reparaciones planificadas a los equipos, con el fin de prevenir fallas y evitar paros no programados (González, 2019; León, 2017). Se basa en el análisis de las recomendaciones de los fabricantes y la experiencia para determinar la periodicidad óptima de las intervenciones.
- Satisfacción del cliente: Al asegurar la disponibilidad de los equipos y la calidad de los productos, el mantenimiento contribuye directamente a la satisfacción de los clientes internos y externos (Vásquez, 2016; León, 2017).

- VSM (Mapa de Flujo de Valor): Esta herramienta de Lean Manufacturing se utiliza para visualizar y analizar las actividades que agregan y no agregan valor al cliente en un proceso. Permite identificar áreas de desperdicio y oportunidades de mejora para optimizar el flujo de trabajo (Pradilla et al., s.f.).
- WCM (World Class Manufacturing): Se originó en Japón, World Class Manufacturing (WCM) se ha modernizado y se ha consolidado como un sistema de gestión integrado para fomentar la total competitividad de las empresas. El uso más común es en el sector de la automoción, pero también se puede encontrar en muchas otras organizaciones en una variedad de sectores. Se basa en la filosofía del Kaizen e incorpora modelos como Total Quality Control (TQC), Total Productive Maintenance (TPM), Just in Time (JIT), Lean o Seis Sigma (*AEC - World Class Manufacturing, s. f.*).

2.2 Marco teórico

A continuación, se presentan las definiciones de algunos de los conceptos claves que se tendrán en cuenta a lo largo del desarrollo de esta propuesta, que se basa en un modelo de gestión del mantenimiento. De igual manera se abarcarán conceptos que se mencionarán a lo largo del desarrollo de los objetivos.

2.2.1 Herramientas de mejoramiento- Lean Manufacturing

La optimización de procesos industriales en el contexto contemporáneo exige la aplicación de metodologías sistemáticas que garanticen mejoras sostenibles en eficiencia, calidad y satisfacción del cliente. En este panorama, Lean Manufacturing se destaca como un enfoque ampliamente adoptado en el sector manufacturero (Chávez, 2022).

Lean Six Sigma mezcla dos metodologías esenciales: Lean Manufacturing y Six Sigma. Lean Manufacturing, derivada del Sistema de Producción Toyota, se enfoca en eliminar desperdicios y actividades que no añaden valor en los procesos productivos (Jiménez y Amaya, 2014). Esta metodología promueve principios cruciales como el flujo continuo, la producción jalada por la demanda y la búsqueda constante de la perfección (ASCENCIO, 2019).

La fusión de estas metodologías se articula a través de DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Esta estructura proporciona una guía sistemática para la ejecución de proyectos de optimización (De la Cruz e Ispilco, 2020).

En este marco, el uso de herramientas específicas como el Mapa de Flujo de Valor (VSM), la metodología 5S, el SMED (Single Minute Exchange of Dies), la certificación ISO 9001 y la medición de Indicadores Clave de Desempeño (KPIs) se integra de manera sinérgica en Lean Six Sigma. Estas herramientas permiten a las organizaciones mejorar sus procesos para ofrecer productos y servicios de calidad de manera eficaz y ágil. Esta mejora continua se traduce directamente en reducción de costos, aumento de la productividad y, crucialmente, en una mayor satisfacción del cliente (García, s.f.).

2.2.2 Gestión del mantenimiento

La gestión eficiente del mantenimiento se ha convertido en un factor crítico de éxito en la industria manufacturera moderna. Un buen programa de mantenimiento asegura la disponibilidad de los equipos, previene fallas y reduce costos por paradas no programadas de la producción. En este contexto, diversos estudios exploran la aplicación de metodologías sistemáticas para optimizar los procesos de mantenimiento.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una de las estrategias más difundidas, enfocada en involucrar a todos los departamentos para maximizar la efectividad global de los equipos (González, 2019). Por su parte, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) utiliza análisis de criticidad y riesgo para determinar las tareas preventivas más efectivas (Quiñones, 2019).

Otras metodologías como 5S y Lean Manufacturing también han demostrado mejorar la gestión de mantenimiento al estandarizar procedimientos y eliminar desperdicios (Vásquez, 2016; Mendoza & Villazón, 2020). Asimismo, herramientas como MRP optimizan la gestión de repuestos y recursos críticos (Castrejón, 2021).

Los estudios locales evidencian resultados positivos de la implementación de estas estrategias en industrias como manufactura, plásticos, transporte y alimentos. Se observan mejoras significativas en tiempos de parada de máquinas, frecuencia de fallas, cumplimiento de planes de mantenimiento, entre otros indicadores (Castrejón, 2021).

En síntesis, la investigación muestra que la aplicación de metodologías modernas de gestión de mantenimiento industrial permite a las empresas optimizar procesos, reducir costos y mejorar la satisfacción del cliente. El desarrollo de soluciones customizadas considerando el contexto específico de cada organización representa una oportunidad para impulsar la productividad y competitividad (Castrejón, 2021).

2.2.3 Sistema de gestión de calidad

Un sistema de gestión de calidad (SGC) es un conjunto de procesos, políticas, procedimientos y recursos integrados y coordinados que se implementan en una empresa para garantizar que sus productos o servicios cumplan con los requisitos y expectativas de los

clientes. Este sistema se basa en mejorar constantemente y controlar la calidad en todas las etapas de producción o servicio. Utiliza herramientas como la ISO 9001 para asegurarse de que la organización tenga una buena calidad en todos los niveles.

El objetivo principal de un SGC es mejorar la satisfacción del cliente, mejorar la eficiencia operativa y reducir errores y defectos. Al usar un SGC, las empresas buscan generar una cultura de calidad, mejorar sus procesos, reducir costos y ser más competitivas en el mercado. Un SGC ayuda a detectar y reducir riesgos según las leyes y estándares industriales y fomenta la participación y compromiso de los empleados con la calidad.

2.2.4 Realibility Centered Maintenance (RCM)

La metodología RCM asume que los equipos fallan, y que es un hecho irrefutable, por esta razón se deben realizar los mantenimientos para evitar esos fallos potenciales, atacando las posibles causas, permitiendo de esta manera, hacer un mejor del presupuesto (González, 2021).

La metodología informa que se debe realizar mantenimiento a un equipo cuando requiere:

- Mantenimiento según el fabricante
- Mantenimiento según la condición
- Mantenimiento según la productividad
- Mantenimiento por fallo

El mantenimiento según el fabricante se basa en frecuencias temporales o tiempo de uso y depende del equipo; el mantenimiento según la condición se basa en una inspección que se le realiza al equipo para diagnosticar el estado del mismo; el mantenimiento según la productividad se realiza cuando los informes y estadísticas de la maquina no son los óptimos, como por

ejemplo si no cumple con los tiempos de entrega o si presenta fallas en el producto final. Por otra parte, el mantenimiento por fallo hace referencia al mantenimiento correctivo que se realiza cuando un equipo para repentinamente la producción, este sería un caso no deseado (Moubray, 2021).

La metodología RCM da a entender que es fundamental contar con recursos económicos y humanos para el mantenimiento de los equipos y que, a largo plazo, siempre va a ser más costoso tener que llegar a un mantenimiento correctivo que realizar un adecuado mantenimiento preventivo, en determinado tiempo (Campos, 2018).

2.2.5 El análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Se trata de una metodología que tiene como objetivo detectar las fallas de un equipo o un proceso antes que ocurran. Cada una de las letras tienen un significado:

- **Análisis**, Se trata de inspeccionar todos los elementos del equipo, se realiza un análisis interno y externo.
- **Modos**: Esta etapa se encarga de revisar todas las partes críticas del equipo, teniendo en cuenta las piezas que generan mayor desgaste
- **Efecto**: hace referencia el tiempo y dinero que fue afectado por el fallo del equipo
- **Falla**: Es el error o defecto que ocasiono el paro en la producción (Escuela de Administración de Negocios, 2021).

En la Tabla 1 se presenta un ejemplo de la metodología AMEF en una empresa manufacturera de rines para vehículos

Tabla 1. Matriz AMEF

Función a realizar	Modo de fallo	Causas	Efectos	Validación y verificación
Resistencia de los rines	Grieta, doblado	Fabricación, impurezas	Inestabilidad, riesgo de accidente, desbalanceo	Compra de materiales más resistentes

Fuente: (Escuela de Administración de Negocios, 2021).

3 Justificación

En la actualidad, las empresas están buscando activamente nuevas estrategias para destacarse frente a la competencia, dado el alto nivel de competitividad existente en el mercado. En este contexto, han surgido diversas metodologías, como el Lean Manufacturing, y los sistemas de gestión, que se enfocan en lograr mejoras continuas. El propósito de este proyecto es identificar las deficiencias presentes en los procesos de mantenimiento que se realizan en una empresa de rines, con el objetivo de cambiar el enfoque de la empresa hacia una mejora continua. Por lo tanto, es crucial tener en consideración:

- Como se encuentra establecida el área de mantenimiento.
- Qué funciones tienen cada uno de los integrantes del área.
- Cuáles son las necesidades de los clientes.

De igual manera se busca generar un impacto significativo en la productividad, esto debido a que el tiempo excesivo a la hora de intervenir un equipo genera retrasos en la producción, insatisfacción del cliente, incremento en costos operativos, baja utilización de los recursos, pérdidas económicas y afectaciones a la reputación de la empresa, entre otras.

Los beneficios que proporcionará el diseño de una propuesta metodológica para la gestión de mantenimiento en la empresa serán: contribuir a la reducción de paradas de maquinaria por tiempo prolongado, reducir los mantenimientos correctivos y hacer que los mantenimientos preventivos se realicen de la manera adecuada y efectiva. De igual manera, contribuir con las metas estimadas por producción mes a mes y cumplir con los compromisos con los distintos clientes.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta metodológica que permita la gestión del mantenimiento con el fin de optimizar y reducir los tiempos de mantenimiento en una empresa manufacturera de rines

4.2 Objetivos específicos

Diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento en la empresa a través del análisis de los tiempos de mantenimiento

Establecer estrategias y herramientas que permitan una adecuada gestión del mantenimiento en una empresa de manufactura con el fin optimizar y reducir los tiempos de mantenimiento

Evaluar técnicamente los beneficios de implementar la metodología de gestión de mantenimiento propuesta para la empresa.

5 Alcance

El propósito del proyecto es diseñar una propuesta metodológica que permita la gestión de mantenimiento con el fin de optimizar la disponibilidad de sus equipos y la eficiencia del proceso productivo, en una empresa de manufacturera de rines, partiendo del diagnóstico de los procesos (manufactura y mantenimiento) y de los requerimientos de los clientes.

El desarrollo del proyecto se realizará a lo largo de un año iniciado en el mes de agosto del año 2023, se tiene como resultado una metodología adecuada a las necesidades de la compañía teniendo como enfoque las normativas ISO y diferentes metodologías como Lean Manufacturing.

De igual manera como foco de investigación estarán los diferentes mantenimientos requeridos, el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, con el fin de optimizar el proceso de mantenimiento y contribuir con el mejoramiento de la disponibilidad de sus equipos y de la eficiencia del proceso productivo

Como resultado de esta propuesta se buscará que los indicadores de la empresa mejoren y se garantice optimizar y reducir los tiempos de mantenimiento a lo largo de los turnos de trabajo, esto con la intención de generar conciencia en el personal de mantenimiento con respecto a los mantenimientos preventivos y de igual manera contribuir con el cumplimiento de las metas establecidas por producción.

Documentos entregables del proyecto

- Diagnóstico de la empresa
- Matriz de procesos y partes interesadas
- Matriz DOFA

- Mapa de procesos
- Matriz de riesgos
- Formato de equipos
- Formato de repuestos
- Indicadores de mantenimiento 2023

6 Estrategia de despliegue de objetivos

Para el cumplimiento de los objetivos, el proyecto se desarrolla en tres fases:

- La primera inicia con un diagnóstico de la situación actual de la empresa, analizando los procesos (producción y mantenimiento), indicadores de mantenimiento de los últimos meses, maquinaria, para identificar puntos críticos, comportamiento de los equipos (cantidad de fallas a lo largo del tiempo)
- Planteamiento de herramientas que permitan mitigar las fallas identificadas y generar una propuesta para la adecuada gestión del mantenimiento, aquí se podrán incluir documentos, planes de capacitación para los técnicos, programas para la generación de conciencia, entre otros
- Revisión técnica y económica de la propuesta planteada para validar su posterior implementación, con los directivos de la empresa

Tabla 2. Estrategia de despliegue de objetivos

Objetivo específico	Acciones	Entregables
Diagnosticar la situación actual del proceso de mantenimiento en la empresa a través del análisis de los tiempos de mantenimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar cuáles de los procesos y cuales maquinas son las más críticas para el proceso productivo de la empresa. 2. Identificar el comportamiento de los indicadores de 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de la situación actual de la empresa 2. Plan de mantenimiento preventivo y equipos críticos 3. Informe analítico de los indicadores 4. Matriz de riesgos

Objetivo específico	Acciones	Entregables
	mantenimiento obtenidos los últimos meses.	
Establecer estrategias y herramientas que permitan una adecuada gestión del mantenimiento en una empresa de manufactura con el fin optimizar y reducir los tiempos de mantenimiento	5. Estructurar paso a paso el plan de mantenimiento preventivo para las diferentes máquinas de la organización	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informe de plan para mantenimientos preventivos 2. DOFA 3. Formato de repuestos 4. Formato de equipos 5. Formato indicadores
Evaluar técnica y económicamente los beneficios de implementar la metodología de gestión de mantenimiento propuesta para la empresa	1. Analizar todos los beneficios obtenidos por la aplicación de la metodología en la organización	1. Informe con análisis de los beneficios para la empresa

Fuente: Autoría propia

7 Cronograma

El cronograma propuesto busca planificar el desarrollo del proyecto de diseño e implementación de una metodología de gestión de mantenimiento para la empresa de Rines y Líquido de frenos durante un periodo de 5 meses, desde enero a mayo de 2024.

Inicia con una fase preparatoria enfocada en conformar el equipo de trabajo, seleccionar y obtener la autorización de la empresa, así como describir el contexto y problemática a resolver.

Posteriormente, en la fase de ejecución se despliegan las actividades correspondientes al logro de cada objetivo específico: diagnóstico de la situación actual, análisis de modos de falla, diseño del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, documentación de procesos y procedimientos e implementación piloto de las metodologías 5S y MRP para la gestión de repuestos.

Finalmente se considera una fase de cierre que contempla la evaluación de los resultados de la implementación y la consolidación de la metodología diseñada en un documento formal que se entregará a la empresa.

Tabla 3. Cronograma

Etapa	Actividad	Responsable	Resultado/Entregable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Fase inicial	Definición de equipos de trabajo	Todos	Equipos conformados					
Fase inicial	Selección y autorización de la empresa	Todos	Empresa autorizada					
Fase inicial	Descripción de la empresa y su problemática	Santiago	Documento de contextualización					
Objetivo 1	Diagnóstico de procesos actuales de mantenimiento	Santiago	Informe de diagnóstico					
Objetivo 2	Establecer herramientas y estrategias para optimizar	Nicolás	Plan de mantenimiento					

Etapa	Actividad	Responsable	Resultado/Entregable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
	y reducir los tiempos de mantenimiento							
Objetivo 3	Evaluar técnica y económicamente los beneficios de implementar la metodología de mantenimiento propuesta	Juan	Análisis de costos					
Fase final	Documento final de la metodología	Todos	Metodología documentada					

Fuente: Autoría propia.

8 Resultados

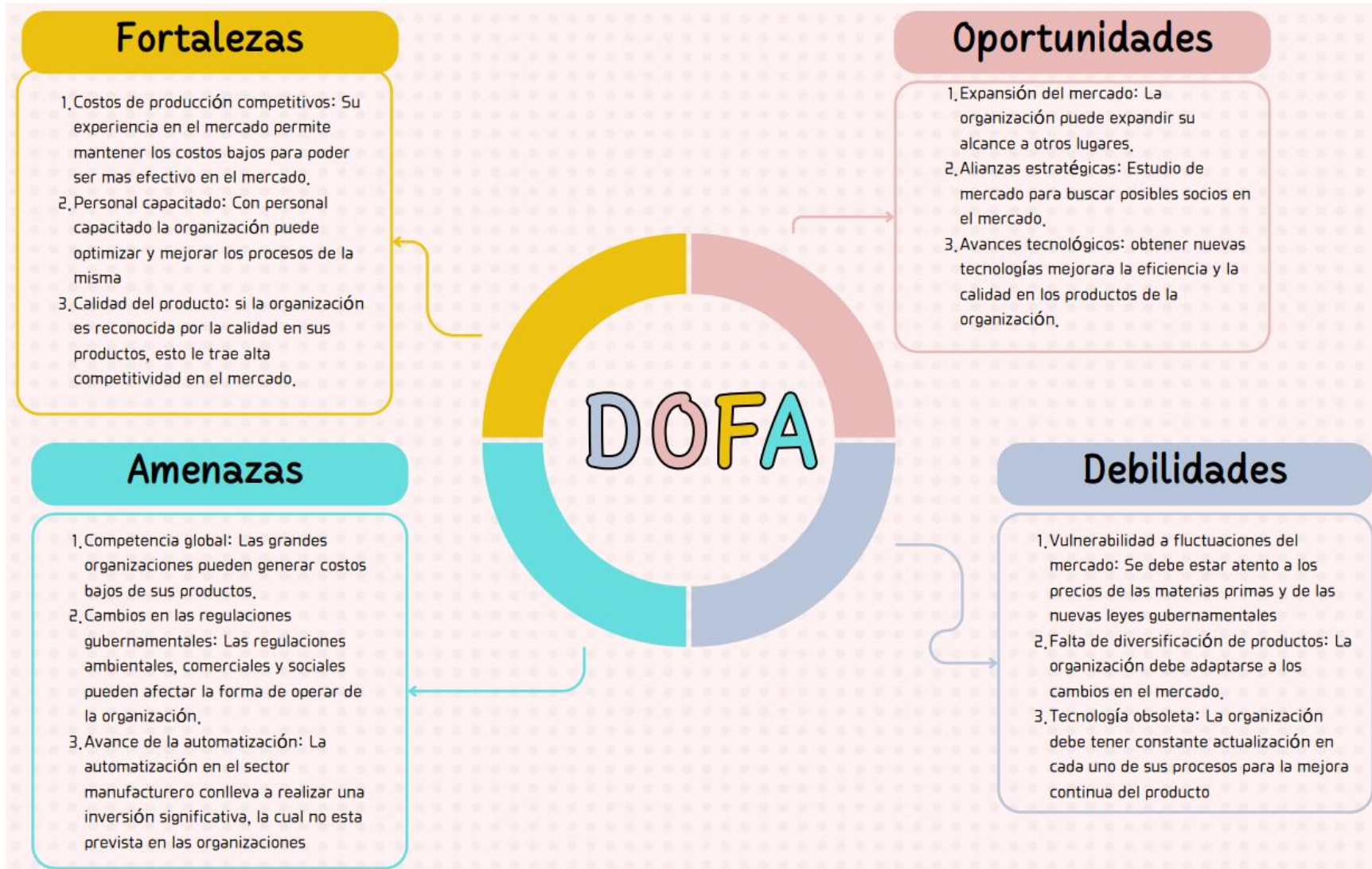
8.1 Diagnóstico de la situación actual proceso de mantenimiento en la empresa a través del análisis de los tiempos de mantenimiento.

Para el diagnóstico de la situación actual del área de mantenimiento en la empresa, inicialmente se realizó la matriz DOFA para identificar las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de la empresa – ver Figura 1-.

Al visualizar la matriz DOFA se identificaron conceptos clave, como la automatización y la tecnología obsoleta, esto guarda relación con el área de mantenimiento ya que el tener equipos que tienen muchos años de uso se puede ver afectado de manera significativa el proceso productivo, y de igual manera involucra un costo importante el hecho de implementar tecnología actual o renovar los equipos. Entre las fortalezas y oportunidades identificadas, se evidencia que la compañía cuenta con personal capacitado en todas sus áreas y con un estricto proceso de calidad, lo que da como resultado una satisfacción de cliente y un reconocimiento para la misma.

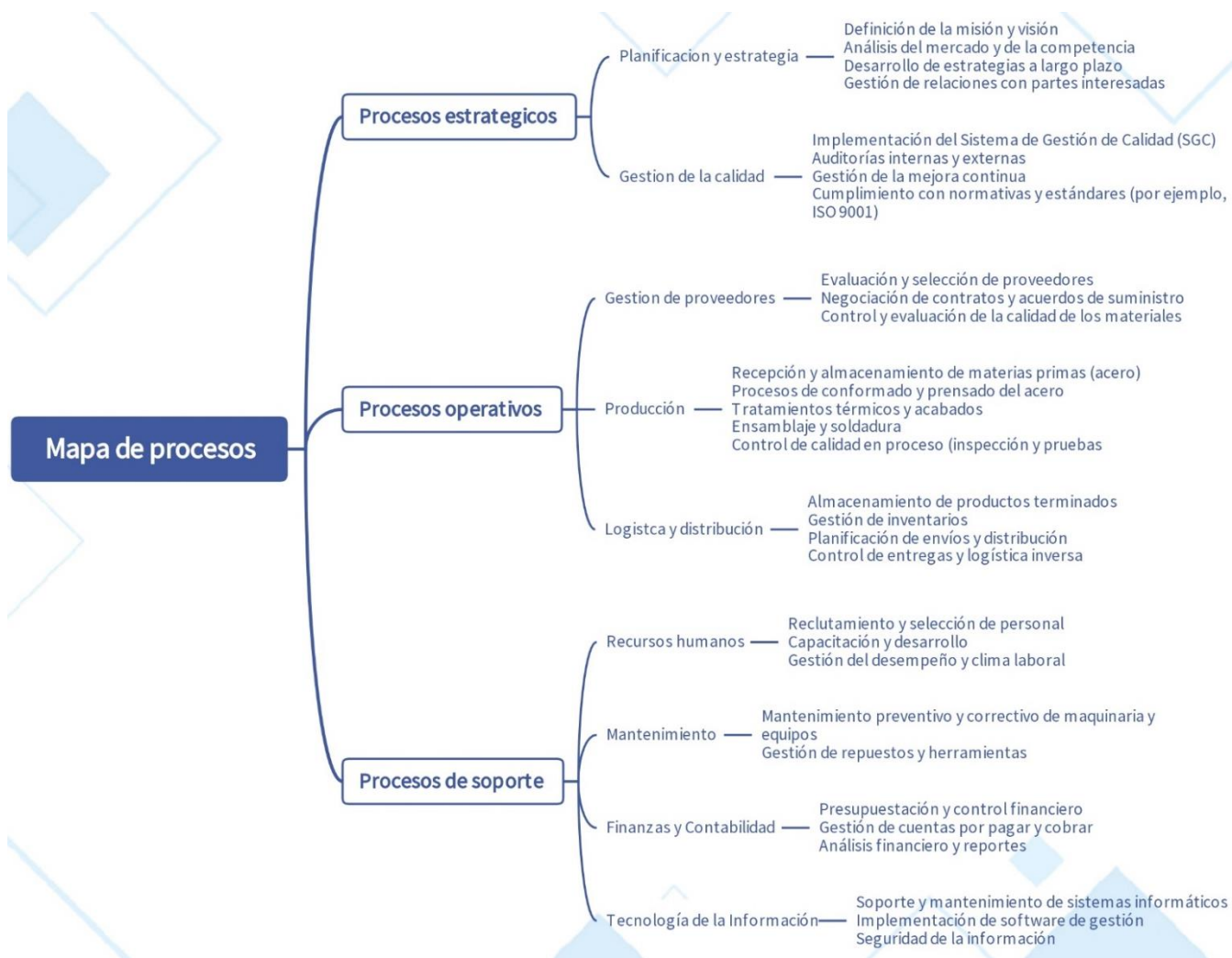
Todo esto es posible, porque la empresa cuenta con una estructura organizacional – ver Figura 2- bien definida, en la que se tienen claros los procesos y las actividades que deben realizarse en cada uno de ellos .

Figura 1. DOFA de la empresa



Fuente: Autoría propia.

Figura 2. Mapa de procesos de la empresa.



Fuente: Autoría propia.

Posteriormente se hizo una revisión de las actividades clave que se lleva a cabo para la gestión de mantenimiento, dividiéndolas en procesos estratégicos que establecen los lineamientos y recursos, procesos operativos como mantenimiento preventivo, correctivo, análisis de confiabilidad y optimización; y procesos de apoyo tales como gestión de repuestos, capacitación, documentación y medición de indicadores. Esta representación visual jerárquica y anidada facilita la comprensión de la secuencia lógica e interrelación entre los componentes

Figura 3. Mapa de procesos del área de mantenimiento.



Fuente: Autoría propia.

En cuanto al proceso productivo de la empresa manufacturera de rines, este está compuesto por 7 etapas que son:

1. Corte y Formado: La materia prima, que es generalmente acero laminado en caliente, se corta en discos del tamaño adecuado para los rines. Estos discos se calientan y luego se forman en moldes que les dan la forma y el tamaño adecuados para los rines.
2. Estampado: Después del formado inicial, los discos se someten a un proceso de estampado para crear los detalles específicos del diseño del rin, como los orificios para los pernos de montaje y los detalles estéticos.
3. Soldadura: Si es necesario, los componentes del rin pueden soldarse juntos en esta etapa. Por ejemplo, en rines de múltiples piezas, las partes pueden unirse mediante soldadura.
4. Maquinado: Los rines pasan por una fase de mecanizado donde se eliminan las rebabas y se pulen las superficies para obtener un acabado suave y uniforme.
5. Tratamiento térmico y Recubrimiento: Para mejorar la resistencia y durabilidad, los rines pueden someterse a un tratamiento térmico, como el temple. Luego, se aplica un recubrimiento para proteger el rin contra la corrosión y mejorar su apariencia. Esto podría ser pintura, recubrimiento en polvo u otros recubrimientos especializados.
6. Inspección de Calidad: En cada etapa del proceso, se realizan controles de calidad para asegurarse de que los rines cumplan con las especificaciones requeridas en cuanto a dimensiones, resistencia y aspecto estético.
7. Embalaje y Envío: Una vez que los rines pasan la inspección final de calidad, se embalan de manera segura y se envían a los distribuidores o directamente a los clientes.

La empresa en su proceso de producción cuenta con un total de 250 máquinas aproximadamente, de las cuales 30 son consideradas como indispensables e irremplazables (críticas) para la fabricación de sus productos. Se consideran como maquinaria crítica, aquellas en las que se realiza un único proceso o para una única referencia de rin, razón por la que debe mantenerse monitoreadas dentro del proceso, ya que la parada de una de ellas afectaría la continuidad o culminación del producto.

Para el proceso se tienen disponibles dos tipos de prensas, las mecánicas y las hidráulicas, las diferencias entre estas es que las mecánicas no requieren de fluidos para poder trabajar, mientras que las hidráulicas requieren de fluidos, pero a su vez pueden ser utilizadas en procesos más complejos y de igual manera la presión que pueden alcanzar estas prensas es superior a la capacidad de las mecánicas, por último cabe mencionar que las prensas hidráulicas son capaces de alcanzar mayores velocidades de producción, lo que ayuda en gran medida con el flujo de la línea.

Así mismo cuenta con soldadores, que son los encargados de soldar el aro con el disco para formar lo que se conoce como rin, estos son de vital importancia en la línea de producción y, por último, se encuentran las roladoras, que son los equipos donde se le da forma a la lámina, para transformarla en un aro

Ahora bien, los equipos que son más críticos para la línea de producción son:

- Cizalla Medusa
- Prensa mecánica Clearing 600
- Repujadora de discos Spinner

- Prensa hidráulica Iturraspe 250
- Prensa mecánica Verson 300
- Prensa mecánica Consolidated 440
- Soldador Jet Line
- Roladoras de aros

Estos equipos son críticos para la línea de producción ya que el proceso que se realiza en estos no puede ser realizado en otro equipo, por lo que son indispensables para la línea.

Cuando producción notifica al equipo de mantenimiento que un equipo presenta una avería se procede a ir con un técnico al lugar, esto para observar cual fue la falla y que se requiere para solucionarla, de igual manera se le comunica a producción el tiempo que tardara solucionar la novedad.

En cuanto al proceso de mantenimiento, este cuenta con un equipo de trabajo conformado de la siguiente manera:

- Jefe de Mantenimiento.
- Ingeniero de Mantenimiento
- Planeador de Mantenimiento
- Pasante de Mantenimiento
 - Técnicos de Mantenimiento (Cinco técnicos Mecánicos, Cuatro técnicos Eléctricos y Dos técnicos Electromecánicos)

Ahora bien, las funciones administrativas son realizadas por el jefe, el ingeniero y el pasante de mantenimiento y consisten en realizar cotizaciones, programar los mantenimientos preventivos

de acuerdo con su frecuencia, realizar seguimiento al plan de gestión de calidad de ISODOC y realizar las correcciones obtenidas de las auditorías internas.

Los planes de mantenimiento se encuentran en la base de datos de SAP, a continuación, se mostrarán algunos de los planes de algunas máquinas y a su vez algunas de las actividades que se tiene que realizar en estos.

Cabe mencionar que las tareas de lubricación por lo general las realiza un mecánico.

La empresa cuenta con tres turnos de trabajo, se inicia producción a las 6 am, por lo tanto, el primer turno va de 6 am a 2 pm, el segundo turno inicia a las 2pm y termina a las 10 pm y el tercer turno es de 10 pm a 6 am

La programación del personal de mantenimiento se realiza teniendo en cuenta los turnos de producción antes mencionados y los requerimientos de la planta:

- Cada turno debe contar siempre como mínimo con un técnico eléctrico en planta.
- En el turno de la noche deben permanecer como mínimo dos personas (normalmente un mecánico y un eléctrico).

El área de mantenimiento está encargada de realizar los mantenimientos preventivos, y correctivos que se presenten. Es importante mencionar que los mantenimientos preventivos se realizan en gran medida en los turnos de la noche ya que en estos horarios no está trabajando al 100% la planta y esto facilita la ejecución de dichas las labores.

Estos datos fueron tomados de SAP, allí se aprecia la frecuencia del mantenimiento a realizar, en que línea se encuentra ubicado el equipo y sus respectivas actividades u operaciones

Los mantenimientos preventivos son programados en SAP teniendo en cuenta las frecuencias en las cuales deben realizarse y las actividades a realizar por el equipo de trabajo, indicando la ubicación de este en la línea de producción (esta programación también puede ser descargada por el área en una matriz de Excel- ver Anexo “Plan de mantenimiento preventivo y listado de equipos críticos”-, para facilitar su ejecución. Es importante aclarar que en los planes de mantenimiento se cuenta con programas diarios, semanales, quincenales, mensuales, semestrales y anuales, los cuales se describen a continuación:

- **Diario:** Las actividades u operaciones de estos planes se enfocan en la lubricación, estas órdenes siempre se cumplen y el encargado de realizarlas es el lubricador que se encuentre en el turno de la mañana o tarde según sea el caso y normalmente es un técnico mecánico que se encuentre en periodo de aprendizaje.
- **Semanales:** Corresponden a órdenes que a pesar de que son de lubricación, van orientadas a otros equipos, ya que no todos los equipos requieren de la misma frecuencia de lubricación.
- **Quincenales:** Estas órdenes se enfocan en el lavado de los tanques de enjuague de cataforesis, esta actividad la realiza generalmente un operario de la línea de cataforesis. El departamento de manteamiento se encarga de llevar el control de estas órdenes y a su vez verificar que estas se hagan.
- **Mensuales:** Estas órdenes requieren de más tiempo y experiencia para ser realizadas. Teniendo en cuenta las actividades que pide la orden, el técnico de mantenimiento comunica si se requiere realizar un paro del equipo para la intervención o si se puede realizar con el equipo en funcionamiento. Así mismo es necesario identificar si la labor a

realizar es mecánica, hidráulica o eléctrica, con el fin de asignar al técnico indicado.

Generalmente estas órdenes relacionan actividades de ajuste mecánico del equipo, y dependiendo de revisión preliminar y de la intervención que se requiere realizar, el técnico decide si se requiere parar el equipo o si es posible llevarla a cabo con el equipo en funcionamiento.

- **Semestrales:** Para estas órdenes se requiere parar el equipo, razón por la cual se debe hablar con el encargado de la línea, para coordinar el día en que se realizará la intervención del equipo. Estas órdenes requieren de un nivel de detalle más alto, teniendo en cuenta los materiales a usar y posibles repuestos que pueden ser necesarios durante el mantenimiento
- **Anuales:** Estas órdenes generalmente se realizan durante la parada de planta en la empresa (fin de año), una vez se termina de producir se determina qué equipos serán intervenidos teniendo en cuenta la criticidad de estos para el proceso productivo, estas órdenes son las más complejas. En caso de ser necesario realizar las intervenciones en tiempos de operación de la planta, es necesario coordinar con el jefe de producción y determinar, según el horario de producción que se tenga y el número de horas que podría durar la intervención, cuál es el mejor momento para llevar a cabo el mantenimiento. Adicionalmente es necesario que los técnicos realicen una inspección previa a la máquina, con el fin de identificar qué repuestos se requieren y hacer la solicitud previa, lo que facilita y optimiza el tiempo en el que se tendrá la máquina parada.

Los indicadores de mantenimiento de cada mes se realizan de la siguiente manera:

- Se obtienen de SAP los equipos que fallaron en el mes (órdenes de mantenimiento correctivo realizadas en el mes), en las que se identifica el tiempo que se tuvo para

resolver la falla (este tiempo es proporcionado por el técnico que atendió la novedad), de igual manera se pone el número de fallas que tuvo ese equipo en el mes.

- Con estos datos se determina cuantas horas de operación tuvo cada equipo al día y las horas de operación mensual del equipo, de acuerdo con la programación que producción en el mes, teniendo en cuenta que no todos los meses los equipos operan las mismas horas al día
- Por último, se determinan las horas objetivo de mantenimiento, calculadas multiplicando el número de horas de operación mensual por el 20%. El área de producción es la encargada de determinar las horas de operación que se tendrán cada mes.

Otros indicadores que deben calcularse son:

Confiabilidad o MTBF que corresponde al Tiempo Medio Entre Averías (MTBF, del inglés, Mean Time Between Failures), y se constituye como uno de los principales indicadores de la disponibilidad de un equipo. El MTBF representa el promedio del tiempo que transcurre entre dos averías en un mismo equipo. Cuanto más elevado sea el MTBF, más fiable es el funcionamiento de la máquina en cuestión – o, por otras palabras, menor su downtime o tiempo de inactividad.

En la Ecuación 1 se define la expresión para su calculo

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de paradas}}$$

Ecuación 1. Tiempo medio entre fallos

Fuente: (Team, 2023)

Y Mantenibilidad o MTTR es un indicador que mide la facilidad del mantenimiento o la facilidad en que un equipo puede repararse. Un Tiempo Medio de Reparación elevado puede indicar que la sustitución de un determinado activo es más barata o es preferible, en lugar que su reparación. Por otro lado, un MTTR más bajo puede sugerir que “usar hasta su avería” no es una mala opción para ese equipo.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$$

Ecuación 2. Tiempo medio de reparación

Fuente: (Team, 2023)

Ahora bien, a continuación, en la Tabla 2 se presenta el consolidado de los indicadores de mantenimiento mes a mes obtenidos desde el mes de abril hasta noviembre del 2023, teniendo en cuenta el MTBF y el MTTR. Como se evidencia se tiene la variable de Tiempo de mantenimiento correctivo, la cantidad de fallas del equipo en el mes y las horas de operación de cada equipo, para finalmente presentar el cálculo de cada equipo. Al final de la tabla se suman los valores y se obtiene el ponderado total del indicador.

Tabla 2. Indicadores de mantenimiento

# DEL MES	11							
DESCRIPCION DEL EQUIPO	Tiempo de Mantenimiento Correctivo [Horas]	Fallas	AWS	Horas de operación X día	HORAS DE OPERACION MENSUAL	Horas objetivo de mantenimiento	MTBF [h]	MTTR [h]
@PRENSA HIDRAULICA BEANSA 1000 RA103	576	1	RA103	24	576	115,2	0,00	576,00
©PRENSA MECANICA Verson 300T RA117	576	1	RA117	24	576	115,2	0,00	576,00

# DEL MES	11							
DESCRIPCION DEL EQUIPO	Tiempo de Mantenimiento Correctivo [Horas]	Fallas	AWS	Horas de operación X día	HORAS DE OPERACION MENSUAL	Horas objetivo de mantenimiento	MTBF [h]	MTTR [h]
BRAZO AUTOMATICO ROLADO KUKA KR100 RA196	576	1	RA196	20	480	96	-96,00	576,00
SOLDADOR SWIFT 2-TUBELESS RC196	200	1	RC196	8	192	38,4	-8,00	200,00
PRENSA HIDRAULICA CAUDET 300T RC184	576	1	RC184	16	384	76,8	-192,00	576,00
@SOLDADOR LINCON HESS CV400 RA187	2	1	RA187	16	384	76,8	382,00	2,00
@CUBA DE CATAFORESIS RA830	0,5	1	RA830	16	384	76,8	383,50	0,50
@PRENSA MECANICA CLEARING 600 RA171	5	2	RA171	16	384	76,8	189,50	2,50
@RASPADOR SOLDADURA AUTOM. NORTHON RA023	1	1	RA023	16	384	76,8	383,00	1,00
@ROLADORA 1-GROTNES TUBELESS RC200	1,5	2	RC200	16	384	76,8	191,25	0,75
@ROLADORA 2-WEAN UNITED TUBELESS RC199	52	2	RC199	20	480	96	214,00	26,00
@ROLADORA DE AROS #1 RA039	2	3	RA039	20	480	96	159,33	0,67
@ROLADORA DE AROS #3 RA057	1,5	3	RA057	16	384	76,8	127,50	0,50
@ROLADORA DE AROS #4 RA058	1,5	2	RA058	16	384	76,8	191,25	0,75
@MAQUINA HIDRAULICA FATIGA RADIAL PF001	2	1	PF001	16	384	76,8	382,00	2,00
@PRENSA HIDR ITURROSPE 250T EXPAND RA184	2	1	RA184	16	384	76,8	382,00	2,00
@TROQUELADORA BLISS HUECO-VALVULA RA033	1	1	RA033	16	384	76,8	383,00	1,00
CABINA PINT COPA ROTATIVA PPH-308 RA867	240	2	RA867	16	384	76,8	72,00	120,00
CIZALLA MEDUSA QC12Y 12x3200 RA026	4	3	RA026	16	384	76,8	126,67	1,33
DESPUNTADOR HIDRAULICO NIPPER RA060	2	1	RA060	16	384	76,8	382,00	2,00
ENVASADORA AUTOM LIQUIDO FRENOS 262 LI94	5	2	LI94	24	576	115,2	285,50	2,50
EROSIONADORA JAPAX LS 500S TI550	10	1	TI550	16	384	76,8	374,00	10,00
HORNO MUFLA ISOTERMICA PROGRAMABLE	3	1	PROGRAMABLE	16	384	76,8	381,00	3,00

# DEL MES	11							
DESCRIPCION DEL EQUIPO	Tiempo de Mantenimiento Correctivo [Horas]	Fallas	AWS	Horas de operación X día	HORAS DE OPERACION MENSUAL	Horas objetivo de mantenimiento	MTBF [h]	MTTR [h]
MAQUINA AUTO ACONDICIONADOR BORDES RA012	4	1	RA012	16	384	76,8	380,00	4,00
MAQUINA CORTE PLASMA CNC HYPER THER RC701	3	1	RC701	16	384	76,8	381,00	3,00
MAQUINA PRUEBA DE HERMETICIDAD #1 RA194	1	1	RA194	24	576	115,2	575,00	1,00
MODULO DE ULTRAFILTRADO RA844	3	2	RA844	24	576	115,2	286,50	1,50
PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL RA879	2	1	RA879	16	384	76,8	382,00	2,00
PRENSA HIDRAU BEANSA VIGORNIA 200T RC187	3	2	RC187	16	384	76,8	190,50	1,50
PRENSA HIDRAULICA CAUDET 300T RC184	10	3	RC184	16	384	76,8	124,67	3,33
PRENSA HIDRAULICA CLEARING 1000 -2 RC211	1	1	RC211	16	384	76,8	383,00	1,00
PRENSA HIDRAULICA ITURROSPE 1000T RC191	9	3	RC191	16	384	76,8	125,00	3,00
PRENSA HIDRAULICA ITURROSPE 600 RA172	3,5	3	RA172	16	384	76,8	126,83	1,17
PRENSA HIDRAULICA ITURROSPE 800 RA006	4	2	RA006	24	576	115,2	286,00	2,00
PRENSA MECANICA ARISA 200 RA004	2	2	RA004	24	576	115,2	287,00	1,00
PRENSA MECANICA BLISS 90 RA014	32,5	8	RA014	16	384	76,8	43,94	4,06
PUENTE GRUA 2 TON IMOCOM RYM SX TI746	1,5	1	TI746	16	384	76,8	382,50	1,50
ROLADORA DE AROS #2 RA040	192	1	RA040	16	384	76,8	192,00	192,00
TORNO CNC-LTC-50B RA185	4,5	1	RA185	16	384	76,8	379,50	4,50
TORNO PARALELO LACFER C-R-1-215 TI515	3	1	TI515	24	576	115,2	573,00	3,00
TORNO PARALELO MAXIMAT V13 EMCO TI511	3	1	TI511	16	384	76,8	381,00	3,00
TROQUELADORA BLISS CONSOLID 24 32T RA010	134	6	RA010	16	384	76,8	41,67	22,33
TROQUELADORA MSL PEF/V65 BRASILERA RA193	0,6	1	RA193	16	384	76,8	383,40	0,60
SUMA	3256,6	77			18144	3628,8		

Fuente: Base de datos de SAP.

Como se aprecia en la Tabla 3 que se presenta a continuación, mes a mes se realizó el cálculo del indicador objetivo y de un indicador real. El indicador objetivo define lo que se esperaba teniendo en cuenta los equipos que fallaron, la cantidad de veces que fallaron en el mes y el tiempo que se requirió para retornar el equipo a producción, y el indicador real, entonces si se cumplió con lo estimado se encuentra en color verde y si no se alcanzó el objetivo se encuentra en color rojo.

Tabla 3. Consolidados indicadores de mantenimiento

Mes	Indicador	Valor
ABRIL	MTBF OBJETIVO	5,6
	MTBF REAL	6,1
	MTTR OBJETIVO	1,4
	MTTR REAL	1
MAYO	MTBF OBJETIVO	6,6
	MTBF REAL	6,7
	MTTR OBJETIVO	1,66
	MTTR REAL	1,60
JUNIO	MTBF OBJETIVO	7,3
	MTBF REAL	7,1
	MTTR OBJETIVO	1,8
	MTTR REAL	2,0
JULIO	MTBF OBJETIVO	8,51
	MTBF REAL	8,55
	MTTR OBJETIVO	2,12
	MTTR REAL	2,09
AGOSTO	MTBF OBJETIVO	4,6
	MTBF REAL	4,5
	MTTR OBJETIVO	1,16
	MTTR REAL	1,25
SEPTIEMBRE	MTBF OBJETIVO	8,9
	MTBF REAL	9,4
	MTTR OBJETIVO	2,2
	MTTR REAL	1,7
OCTUBRE	MTBF OBJETIVO	8,1070
	MTBF REAL	8,1024

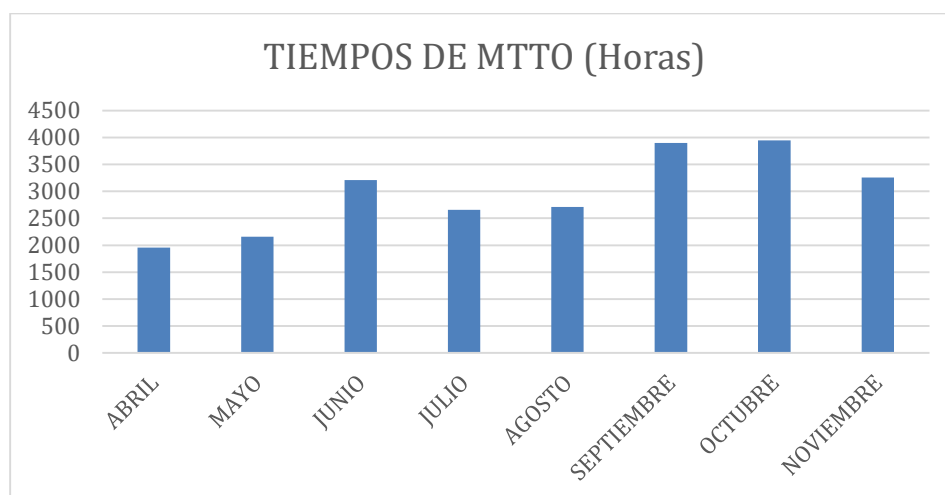
Mes	Indicador	Valor
	MTTR OBJETIVO	2,02
	MTTR REAL	2,03
NOVIEMBRE	MTBF OBJETIVO	7,85
	MTBF REAL	8,05
	MTTR OBJETIVO	1,96
	MTTR REAL	1,76

Fuente: Elaboración con base en información del sistema SAP

Teniendo en cuenta este ponderado de los últimos meses, solo se cumplió con la meta en cinco de los ocho meses del análisis realizado, aquí se ve reflejado el impacto que tiene el tiempo en mantenimiento empleado en los equipos, estos tiempos se ven afectados por varios factores, como lo es la disponibilidad de los repuestos en el stock del almacén o en los distribuidores del país. Adicionalmente hay que tener en cuenta que los equipos utilizados en la empresa ya cuentan con un desgaste considerable y un tiempo de trabajo extenso, esto sumando el factor de que varias de las casas matrices de estos equipos ya quebraron o ya no se encuentran en el país, por lo que se tiene que recurrir a la homologación o fabricación de varios de sus repuestos.

Considerando el historial de mantenimientos correctivos desde junio hasta diciembre de 2023, tal como se muestra en el documento adjunto de indicadores de Mantenimiento 2023, se observa que los tiempos dedicados a mantenimiento y la cantidad de fallas de las máquinas son elevados. Esto ha llevado a que el mantenimiento preventivo pase a un segundo plano, con órdenes de mantenimiento correctivo constantes a diario, como se evidencia en los indicadores del anexo. En las pocas ocasiones en que la planta funciona sin problemas, se aprovecha para realizar los mantenimientos preventivos programados en los equipos. Por esta razón, el tiempo dedicado al mantenimiento correctivo es significativamente mayor que el invertido en mantenimiento preventivo.

Figura 3. Tiempos de mantenimiento correctivo.



Fuente: Autoría propia

En la Figura 3 se aprecia el número de horas invertidas en mantenimiento correctivo desde el mes de abril hasta noviembre de 2023, es un número elevado, pero se justifica ya que la antigüedad de los equipos y el tiempo invertido en fabricación de repuestos es demorada teniendo en cuenta que estos deben ser fabricados en aceros de alta resistencia ya que son piezas que son sometidas a alta fricción y esfuerzos, por ende, se debe garantizar la confiabilidad de los mismos.

Tomando en cuenta lo mencionado en el proceso de mantenimiento es importante aclarar que la empresa no cuenta con un plan estructurado de inventarios de repuestos y no se lleva un control estricto de la cantidad de repuestos que se tienen en stock, ni se realiza un análisis de las referencias de repuestos que se requieren para los equipos críticos. Solamente se lleva control de los repuestos que llegan a partir de las solicitudes que realiza el área de mantenimiento cuando se requiere realizar un mantenimiento correctivo a una máquina que ya se encuentra fuera de servicio debido a un fallo inesperado.

Es importante resaltar que, debido a la falta de repuestos, en algunas ocasiones los equipos pueden durar tiempos extensos sin operar, lo que influye negativamente en los resultados del proceso de producción de la organización

Otro elemento a considerar con respecto a los repuestos está relacionado con el manejo de los proveedores, debido a que no se lleva un control estricto de ellos, ya que en la gran mayoría de los casos se busca el que tenga menor tiempo de entrega para poner en funcionamiento la máquina en el menor tiempo posible, lo que conlleva a que adquieran repuestos a un costo elevado lo cual se puede evitar con un buen manejo de inventarios y proveedores.

Y para finalizar el diagnóstico, se realizó un análisis de los riesgos que presenta actualmente la empresa – ver Tabla 4-.

Tabla 4. Matriz de riesgos

Riesgo	Descripción	Probabilidad de ocurrencia	Impacto	Estrategia de Mitigación
Falta de compromiso de la dirección	La alta dirección no apoya la implementación de la nueva metodología	Baja	Alto	Realizar presentaciones para concientizar sobre los beneficios y alinear los objetivos con la estrategia empresarial
Resistencia al cambio del personal	Algunos empleados rechazan los nuevos procedimientos	Media	Medio	Capacitación, involucramiento desde el inicio e incentivos

Deficiencias en la recopilación de datos	Falta de información confiable para alimentar los análisis	Media	Alto	Implementar sistemas de registro de fallas, tiempos de reparación y bitácoras de mantenimiento
Falta de repuestos críticos	Retrasos por falta de disponibilidad de repuestos	Alta	Alto	Revisión del stock, nuevos proveedores, fabricación interna de ciertos repuestos
Equipos muy antiguos	Dificultad para aplicar mantenimiento predictivo en equipos obsoletos	Media	Medio	Priorizar estrategias de reemplazo y renovación de activos
Falta de personal calificado	Insuficiente personal técnico para las nuevas actividades	Baja	Medio	Contratar y capacitar nuevo personal según sea necesario
Incumplimiento de planes de mantenimiento	No se ejecutan las actividades programadas	Media	Alto	Mecanismos de seguimiento, establecer roles y responsabilidades claras
Limitaciones presupuestarias	La implementación se ve afectada por falta de recursos	Baja	Alto	Realizar análisis costo-beneficio y priorizar actividades críticas
Falta de organización para el presupuesto en la organización	No se destina el correcto presupuesto para realizar mantenimientos ya que se espera a que los equipos fallen	Alta	Alto	Enfoque de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)
Descuido de equipos	No se realiza una inspección y limpieza de los equipos lo cual aumenta la probabilidad de que fallen	Alto	Alto	Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Fuente: Autoría propia.

Con respecto a los hallazgos encontrados se obtiene que:

- Se evidencian varios riesgos a la hora de evaluar la gestión del mantenimiento, uno de ellos y el más grande es la limitación de presupuestos, lo que impide que se pueda contar con un inventario amplio de los repuestos que presenta falla comúnmente.
- La antigüedad de los equipos, es importante mencionar que los equipos llevan en funcionamiento varios años y ya no se cuenta con el respaldo de algunas de sus casas matrices ya que estas se han ido del país conforme pasan los años.
- Debido a que siempre se está enfocado en el mantenimiento correctivo, no hay tiempo para el mantenimiento preventivo.

8.2 Estrategias y herramientas que permiten una adecuada gestión del mantenimiento en una empresa de manufactura con el fin de optimizar la disponibilidad de sus equipos y la eficiencia del proceso productivo.

Para dar cumplimiento a este objetivo se parte de los resultados encontrados en la matriz de riesgos – ver Tabla 4– presentada en el diagnóstico anterior y se plantea que para el mantenimiento preventivo, considerando el Enfoque de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés), se sugiere la implementación de una estrategia que incluya asignación presupuestaria. Este enfoque busca establecer una sólida base para la gestión de repuestos de los equipos críticos, así como para la planificación de las diversas actividades necesarias. Para ello, se ha diseñado un formato en Excel que facilita la gestión de repuestos y proveedores, con el objetivo de estructurar eficazmente el mantenimiento y reducir los tiempos de inactividad de la organización.

Así mismo y para evitar el mantenimiento correctivo de los equipos críticos, se establece una matriz para realizar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). Este formato propone realizar inspecciones a los equipos en intervalos regulares. Durante estas inspecciones se verifica el correcto funcionamiento de los equipos y se realiza un chequeo exhaustivo para garantizar su operatividad continua. Entre los aspectos evaluados durante el chequeo se encuentran el tiempo de encendido, el estado de partes críticas como transmisiones de potencia y motores, así como la temperatura y limpieza del equipo.

En línea con lo anterior, se plantea realizar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo que realmente cumpla con el propósito de maximizar la eficiencia operativa de la organización minimizando el tiempo de inactividad de los equipos y prolongando la vida útil de los mismos. Este mantenimiento se realiza cuando el equipo se encuentra en óptimas condiciones evitando que ocurra una falla, se realiza planificadamente dependiendo de dos factores importantes, tiempo de uso del equipo o tiempo del año transcurrido. Este plan de mantenimiento preventivo se debe dividir en seis (6) pasos:

1. Identificación de los equipos críticos de la organización: La selección de los equipos debe centrarse en su obligatoriedad para el proceso y en la revisión de las consecuencias en caso de fallos. Junto con el equipo de mantenimiento, se elaboró una matriz en Excel donde se identificaron estos equipos. Esta matriz debe revisarse y actualizarse al menos una vez al año o cuando ocurra un cambio de maquinaria, ya sea por daño total o por la incorporación de nuevas máquinas.
2. La creación de un programa de mantenimiento estructurado en la organización, desarrollando un cronograma, en donde se identifique las siguientes tareas:

- Lubricación de cada uno de los componentes de los equipos, se llevará un control riguroso de la lubricación realizada. Es importante aclarar que, dependiendo del equipo, este puede realizarse cada día de por medio, semanalmente o mensualmente, por lo que se desarrolló un formato por medio de Excel en donde el operario indique que actividad se realiza, indicando fecha y hora en la que se realizó el trabajo
- Reemplazo de filtros o consumibles, este cambio se realiza teniendo en cuenta el estado del mismo, sin embargo, se recomienda cambiar el filtro cada vez que se realiza un mantenimiento preventivo para generar una vida útil más larga. Es necesario aclarar que los mantenimientos preventivos se realizan dependiendo las horas de trabajo de cada uno de los equipos o por fecha límite, lo que delimitará así el momento del cambio
- Inspección interna y externa de cada parte del equipo, actualmente en la organización se realiza una inspección simple, se recomienda realizar una inspección rigurosa para identificar posibles fallas utilizando la lista de chequeo ubicada en el formato de mantenimiento preventivo, este formato tiene un apartado donde el técnico debe marcar diariamente el estado del equipo, si es malo regular o si se encuentra en buen estado, en caso de tener algún sistema del equipo dañado como el de transmisión de potencia o el sistema eléctrico, se deberá adelantar la fecha del mantenimiento preventivo.
- Calibración de las herramientas de medición y control, esta actividad debe ser incluida en la planeación que realiza la organización, para poder controlar ejecución de la calibración de las herramientas metrológicas con las que cuenta la empresa.

- Limpieza interna y externa del equipo, se realiza una limpieza general cada vez que la maquina falla, se recomienda llevar un control más seguido utilizando el formato de mantenimiento preventivo, el cual debe ser diligenciado diariamente y en el cual pueden especificar en el apartado de actividades las veces que se limpia el equipo interna y externamente de esta actividad ya que si se realiza con más regularidad se puede evitar fallos por factores externos.
 - Verificar que todos los sistemas eléctricos funcionen correctamente y no presenten sobrecalentamiento, actualmente no se realiza en la organización o se realiza cuando ya se presentó la falla, por lo tanto, se recomienda hacerlo en la inspección diaria de los equipos por medio del formato que los técnicos deben diligenciar diariamente, en el apartado de actividades se puede realizar una verificación de cada uno de los sistemas eléctricos de los equipos
 - Verificar que todos los sistemas de transmisión de potencia no tengan signos de desgaste, los operarios deben verificar cada que inician el turno o cuando identifiquen algún sonido extraño en la máquina, las transmisiones, ya que son el componente que por lo general más falla en la organización.
3. Registro de documentación, es fundamental registrar todas las tareas realizadas, la fecha en la que se realizó y la inspección general del equipo. Con el objetivo de crear una hoja de vida para cada equipo para que próximas intervenciones sean más efectivas, la organización lleva una documentación general en la plataforma SAP sin embargo no se lleva una constante actualización ya que existen algunos equipos que se incorporan que no tienen hoja de vida o por otra parte no se anexan algunos mantenimientos por falta de tiempo, por lo tanto, se presenta una pérdida de información.

4. Capacitación del personal, se debe proporcionar la capacitación adecuada al personal de mantenimiento para garantizar que las tareas se realicen de manera efectiva y segura, por otra parte, con el personal capacitado será más sencillo diagnosticar los equipos y corregir la anomalía de la mejor manera posible, la capacitación de personal se realiza en la organización sin embargo, no la brinda la misma, ya que se realiza por medio de la experiencia que tiene un trabajador antiguo y no se lleva un control de ello por esta razón la organización debe utilizar los recursos de capacitación que brindan los proveedores ya que se brinda una capacitación de instalación y de mantenimiento de cada uno de los elementos utilizados en los equipos
5. Realizar inspecciones de los mantenimientos con el fin de identificar las áreas que tienen que mejorar. Implementando y eliminando tareas a medida de lo posible teniendo en cuenta las necesidades de la organización, actualmente al finalizar el mantenimiento se realiza la debida inspección. El encargado de cada equipo deberá de realizar una inspección garantizando que los sistemas eléctricos y de potencia estén funcionando correctamente, evitando un mal ajuste o una falla en cadena para los equipos.

Además de hacer seguimiento y un verdadero control al plan de mantenimiento preventivo, es necesario generar un plan de mejoramiento para la gestión de inventarios de repuestos, el propósito de este plan es maximizar la eficiencia operativa del área del mantenimiento teniendo en cuenta las herramientas y los repuestos necesarios para la correcta realización de los mantenimientos preventivos que se deben realizar a cada uno de los equipos a lo largo del tiempo, para esto se crearon nueve (9) pasos diferentes:

1. Análisis de la situación actual, se debe realizar un inventario actual de repuestos, identificando nombre y referencia, cuántas unidades se tienen en stock, identificación de

- fechas de salida de las unidades (con el fin de analizar su la rotación) y el valor de reposición (con el fin de generar un presupuesto mensual de compra). Debe designarse un área del almacén y diligenciar la información en SAP, para generar estadísticas que permitan los análisis.
2. Control de inventario, la organización debe tener una revisión periódicamente para que se reponga cada mes los repuestos más utilizados para los diferentes mantenimientos que requieren los equipos, por esta razón se debe llevar un control de todos los repuestos que se encuentran en stock, el objetivo del inventario es que siempre se tengan disponibles los repuestos necesarios para los equipos.
 3. Implementación de la tecnología, es necesario contar con un software de inventarios con el fin de mejorar la precisión y eficiencia en el seguimiento de los repuestos que tiene la organización. La organización utiliza de manera superficial el software SAP, sin embargo, puede sacar provecho del mismo para hacer más efectivo el control en cada uno de los procesos de la organización.
 4. Organización en la gestión de inventarios, Se debe tener conocimiento de cuantos repuestos tiene la organización y en donde encontrarlos, o en su defecto contar con los proveedores correctos que brinden el repuesto en un tiempo corto. La organización tiene sus proveedores, sin embargo, no se realiza una comparativa para identificar cual de todos es el más indicado y brinda un precio más competitivo. Por medio del formato de repuestos el área de inventarios puede saber cuantos repuestos tiene de stock y a su vez puede mirar cual proveedor se acomoda mejor a sus necesidades
 5. Establecer políticas de inventarios, Se debe tener claros los procesos para medir los niveles de stock de seguridad y a su vez clasificarlos según su importancia y valor, no se

lleva registro alguno de los repuestos en stock por lo tanto es necesario llevar un control por medio de la gestión de inventarios que provee.

6. Implementar técnicas de pronóstico, es necesario realizar un análisis de las tendencias históricas que tiene cada uno de los equipos de la organización con el objetivo de prever la demanda futura y ajustar los niveles de inventarios para poder reducir los costos, se debe identificar que épocas presenta más demanda de repuestos para los equipos más críticos y a su vez organizar para que no se presenten mantenimientos de varios equipos al mismo tiempo, por ello se requiere llevar un buen control a partir de la herramienta de SAP con la que ya cuenta la empresa
7. Colaboración con proveedores, para poder mejorar la gestión de inventarios es fundamental contar con la colaboración de proveedores que suministren repuestos teniendo en cuenta la planificación que tiene la organización , para ello es necesario que el encargado de la gestión de inventarios utilice un formato en el cual se indique cual es el proveedor más eficiente en cuanto a tiempo de entrega y valor del repuesto para poder generar una orden de compra y un seguimiento en el SAP.
8. Capacitación del personal, todas las áreas que requieran los repuestos tienen que tener conocimiento de dónde encontrarlos y el paso a paso para poder utilizar adecuadamente el repuesto para no perjudicar el sistema de inventarios. La organización debe brindar una capacitación al jefe de almacén y al personal de mantenimiento con el fin de que haga cumplir las normativas de inventarios requeridas para el área de mantenimiento.
9. Monitoreo y mejora continua, es fundamental tener controlados los inventarios de la organización, saber cuántos repuestos hay en stock, cuantas facturas se deben a los proveedores, si se han reducido o aumentado los costos y crear un plan de mejora

continúa para poder suplir las necesidades de la organización. Es recomendable llevar un control mensual de la cantidad de repuestos en stock, los tiempos de entrega de los proveedores y los reportes de los equipos, para lo cual se recomienda la implementación del control a través de la herramienta de SAP

En relación con el inventario de repuestos, se ha elaborado el formato adjunto denominado "Formato de repuestos". Este formato es una propuesta diseñada para consolidar la información de los repuestos que suelen presentar fallas comunes, así como de los aceites y lubricantes necesarios para abastecer los equipos hidráulicos de la empresa.

Adicionalmente, se incluye otro anexo llamado "Formato de equipos", en el cual se podrá registrar el control de cada equipo, especificando si se encuentra en el sistema internacional o en el sistema inglés. Este formato también permitirá adjuntar fotografías de los planos de las distintas piezas fabricadas, con el fin de facilitar el trabajo de los técnicos nuevos.

Otra de las propuestas es la identificación de las órdenes, su frecuencia y las operaciones que se llevan a cabo para el mantenimiento, posteriormente se definirá que se requiere, el recurso humano y material para realizar la labor, por último es importante crear conciencia y generar un cambio de mentalidad y capacitación del personal de mantenimiento, esto con el fin de poder llevar una mejor control en los planes de mantenimiento en SAP y crear una base de datos que permita la toma de decisiones en la organización.

También se proponen la revisión de videos de cómo se debe realizar la labor, por parte del personal, lo que permitirá capacitarlos técnica y prácticamente, debido a que no todos poseen la experiencia o la técnica necesaria para realizar todos los mantenimientos, con esto se podrá tener la metodología necesaria para realizar las labores. Estos videos deben ser realizados con

recursos técnicos de la organización y generar un repositorio de información, para facilitar su consulta

8.3 Evaluar técnicamente los beneficios de implementar la metodología de gestión de mantenimiento propuesta para la empresa

De acuerdo con las estrategias establecidas para el desarrollo del segundo objetivo, se han definido los siguientes beneficios asociados con la implementación de esta propuesta, para la empresa

Para cumplir con esto se debe:

- Hacer seguimiento a los procesos y a los tiempos de fallos de las máquinas.
- Incrementar la disponibilidad de los equipos.
- Incrementar los niveles de producción.
- Garantizar la confiabilidad de los instrumentos de medición.
- Mejorar la calidad.
- Informes a la dirección.

Como parte de la evaluación técnica y económica de la implementación de la nueva metodología de gestión de mantenimiento, se pueden destacar los siguientes aspectos:

Mejoras Esperadas:

Desde el punto de vista técnico, se espera observar un aumento significativo en la disponibilidad de los equipos críticos de la planta. Esto se traducirá en una reducción de los tiempos muertos por paros no programados, lo que a su vez mejorará la eficiencia operativa y la calidad de los productos. Adicionalmente, se anticipa una disminución considerable en los costos

de mantenimiento preventivo y correctivo, gracias a una mejor planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento. Otro beneficio importante será la optimización de los inventarios de repuestos, al contar con una gestión más eficiente de la cadena de suministro. Basado en eso se muestran oportunidades técnicas que trae implementar este plan.

Oportunidades Técnicas

- Incremento de la Disponibilidad de Equipos Críticos: Aumentar significativamente la disponibilidad de los equipos críticos de la planta, reduciendo los tiempos muertos por paros no programados.
- Mejora de la Eficiencia Operativa y Calidad de Productos: Mejorar la eficiencia operativa y la calidad de los productos gracias a una mayor disponibilidad de los equipos.

Optimización de la Gestión de Inventarios:

- Optimizar la gestión de inventarios de repuestos al contar con una cadena de suministro más eficiente.

Oportunidades de Mejora de Procesos

- Transición de Mantenimiento Correctivo a Preventivo: Transitar de un enfoque correctivo a uno preventivo en la gestión del mantenimiento, lo cual redundará en una mayor eficiencia en los procesos productivos.
- Mejora en la Planificación y Ejecución del Mantenimiento: Mejorar la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento, reduciendo los costos asociados al mantenimiento preventivo y correctivo.

Oportunidades Tecnológicas

- **Adquisición de Nuevas Tecnologías:** Adquirir nuevas tecnologías, software de gestión de mantenimiento, herramientas especializadas y equipos de diagnóstico que permitan implementar eficazmente el plan de mantenimiento.
- **Actualización de Sistemas e Infraestructura:** Actualizar los sistemas de información y la infraestructura tecnológica para integrar las mejoras propuestas en el plan de mantenimiento.

Oportunidades de Optimización de Recursos

- **Homologación y Fabricación de Repuestos:** Homologar o fabricar repuestos para equipos antiguos o de difícil acceso, asegurando la disponibilidad de piezas críticas.
- **Implementación de Nuevas Estrategias de Mantenimiento:** Implementar nuevas estrategias de gestión del mantenimiento, como programas preventivos más detallados o tecnologías innovadoras.

Oportunidades de Formación y Desarrollo

- **Capacitación del Personal Técnico:** Capacitar al personal técnico y de mantenimiento en las nuevas metodologías y procedimientos, fomentando el desarrollo de habilidades y competencias.

La implementación de estas mejoras permitirá no solo optimizar los recursos y procesos, sino también fortalecer el capital humano, contribuyendo al crecimiento sostenible y al éxito a largo plazo de la organización.

Análisis de Costos de Implementación del Plan de Mantenimiento

Para evaluar la viabilidad financiera de implementar el plan de mantenimiento propuesto, se ha llevado a cabo un análisis detallado de los costos y beneficios esperados. Se presenta una descripción exhaustiva de los diferentes componentes de costos y los beneficios anticipados, seguida de un análisis comparativo que justifica la inversión.

- Adquisición de Nuevas Tecnologías (50% del costo total):

Software de Gestión de Mantenimiento (15% del costo total): Aproximadamente \$15.000.000 COP. Este precio se asocia a la adquisición de una licencia de software especializado para la gestión del mantenimiento, que incluye el costo de la licencia, la implementación, la capacitación inicial y el soporte técnico por parte del proveedor.

Herramientas y Equipos de Diagnóstico (25% del costo total): Aproximadamente \$25.000.000 COP. Este valor se relaciona con la compra de equipos avanzados de diagnóstico y monitoreo de equipos, como analizadores de vibraciones, cámaras termográficas, equipos de ultrasonido, entre otros, que son herramientas costosas debido a la tecnología involucrada.

Costos de Instalación y Configuración (10% del costo total): Aproximadamente \$10.000.000 COP. Este monto cubre los servicios de instalación y configuración de las nuevas tecnologías por parte de personal técnico especializado, así como la integración con los sistemas existentes en la empresa.

- Capacitación del Personal (20% del costo total):

Contratación de Instructores Especializados (8% del costo total): Aproximadamente \$8.000.000 COP. Este valor se asocia a la contratación de instructores altamente capacitados y

expertos en las nuevas tecnologías y procedimientos, quienes cobran honorarios elevados por su experiencia y conocimientos especializados.

Materiales Didácticos (2% del costo total): Aproximadamente \$2.000.000 COP. Este monto cubre la compra de manuales, guías, material audiovisual y otros recursos educativos necesarios para la capacitación del personal.

Costos de Tiempo del Personal en Formación (10% del costo total): Aproximadamente \$10.000.000 COP. Este valor se relaciona con los costos asociados al tiempo que el personal dedicará a la capacitación, lo que implica una reducción temporal en la productividad laboral durante el proceso de formación.

- Creación de Stock de Repuestos (36% del costo total):

Fabricación o Adquisición de Repuestos para Equipos Antiguos/Difíciles (30% del costo total): Aproximadamente \$30.000.000 COP. Este monto se destina a la fabricación o adquisición de repuestos críticos para equipos antiguos o de difícil reemplazo, lo cual puede implicar costos elevados debido a la escasez o complejidad de las piezas.

Costos de Gestión de Inventario (6% del costo total): Aproximadamente \$6.000.000 COP. Este valor cubre los gastos relacionados con la organización, control y mantenimiento del inventario de repuestos, incluyendo personal, sistemas de gestión y espacio de almacenamiento.

Beneficios Esperados

El incremento en la producción, estimado en un beneficio anual equivalente al 60% del costo total de implementación, se sustenta en el aumento proyectado de la disponibilidad de equipos gracias a las nuevas tecnologías y procedimientos. Si actualmente la planta opera al 80%

de su capacidad debido a paros no programados, y se espera que con el nuevo plan la disponibilidad aumente al 90%, el incremento en producción sería del 10%. Este 10% de aumento en la capacidad productiva se traduciría en mayores ingresos, equivalentes al 60% del costo total de la implementación.

En cuanto a los beneficios totales esperados, calculados en un 99% del costo total de implementación, este porcentaje se obtiene de la suma de los beneficios individuales proyectados: el incremento en la producción (60%), la reducción de costos de mantenimiento preventivo y correctivo (24%), y la reducción de costos de inventario (15%).

Finalmente, el análisis comparativo indica que, en el primer año, la inversión inicial se compensaría casi en su totalidad con los beneficios generados. A partir del segundo año, se empezarían a obtener ganancias netas anuales equivalentes al 99% de la inversión inicial. Esto se fundamenta en el supuesto de que los beneficios totales esperados (99% del costo total de implementación) se obtendrán anualmente a partir del segundo año, superando los costos de mantenimiento y generando ganancias netas para la empresa.

Indicador KPI para Medir la Inversión del Proyecto

El KPI (Key Performance Indicator) seleccionado para evaluar la inversión en este proyecto de mejora del mantenimiento preventivo es el Retorno de la Inversión (ROI) del Mantenimiento Preventivo. Este se calcula de la siguiente mediante la Ecuación 3.

$$ROI = \left(\frac{\text{Ahorro generado por reducción de mantenimiento correctivo y paros}}{\text{Inversión en mantenimiento preventivo}} \right) * 100$$

Ecuación 3. Retorno de la Inversión

Fuente: (Stoel, 2007)

Este indicador mide el porcentaje de retorno obtenido por cada peso invertido en el programa de mantenimiento preventivo. Un ROI superior al 100% indica que los ahorros generados superan la inversión realizada. Para ver el cálculo de este indicador dirigirse al documento “Indicador de inversión”.

Este análisis demuestra que, a pesar que la inversión inicial significativa, la implementación del plan de mantenimiento tiene el potencial de generar beneficios sustanciales a largo plazo, lo que justifica plenamente dicha inversión. Además, los beneficios esperados podrían ser incluso mayores debido a otros factores como la mejora en la calidad de los productos y el aumento de la satisfacción del cliente.

9 Conclusiones y recomendaciones

Para las conclusiones y recomendaciones se tuvo una conversación con Andrés Díaz Gutiérrez, Ingeniero de mantenimiento de la empresa, donde él nos proporcionó las siguientes apreciaciones:

1. Con la situación actual del proceso se cuenta con una nueva estrategia de seguimiento a las órdenes de trabajo para el mantenimiento preventivo, la cual consiste en la asignación de áreas de producción o maquinas específicas a cada uno de los técnicos, con el fin de tener un líder por proceso o familia de maquinaria, con ello se establece el control del mantenimiento preventivo, dentro del cual se podría adoptar la idea del manejo en los proveedores ya que al tener una estructura robusta en el interior del equipo podemos exigir y de la misma manera buscar la mejor opción en la consecución de los mismos.

2. Para la identificación de las ordenes de mantenimiento junto con la edición de los mismos, se está llevando a cabo su ajuste y actualización, con el objetivo de ser más estratégicos en las intervenciones puntuales para cada uno de los equipos, por lo cual considero que es una idea pertinente dentro de la operación ya que nos permitirá tener un mejor registro e intervenciones más confiables, se está gestionando principalmente con la maquinaria critica a medida que el plan de mantenimiento es programado y dependiendo de la retroalimentación del personal técnico, con ello se llevaría a cabo la propuesta de definir el material y el recurso humano, con la designación de actividades específicas y maquinaria según el conocimiento del personal técnico. Respecto a las capacitaciones del nuevo personal consideramos que es importante la realización de las mimas para tener un instructivo u hoja de ruta en cada una de las intervenciones críticas dentro del proceso

3. Con la adquisición de nuevas tecnologías es importante recalcar la idea de las herramientas y equipos de diagnóstico, donde podemos realizar un comparativo entre tener los equipos propios en planta o subcontratar estos servicios, con los cuales podemos tener análisis más profundos respecto a las novedades encontradas, esto iría de la mano con la capacitación del personal ya que con el acompañamiento y divulgación de estos resultados los técnicos irán aprendiendo la identificación de estos posibles fallos, con ello el software de gestión de mantenimiento lo podemos ajustar a lo existente con SAP, configurando estas actividades esenciales. Teniendo en cuenta lo anterior tenemos de la mano la correcta capacitación del personal, el cual es un punto clave en estos momentos, donde se puede dar internamente con el aprendizaje de cada uno en la operación, o la realización de las mismas con los proveedores especializados, como, por ejemplo, proveedor Hidráulico, rodamientos, sellos etc. ya que dentro de los servicios o beneficios que contamos es la conversación abierta con cada uno de ellos para dar el siguiente paso de la operación.

10 Bibliografía

1. AEC - *World Class manufacturing*. (s. f.). <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/world-class-manufacturing>
2. Análisis del sector de auto-partes en Colombia con la - (2021).
3. ASCENCIO, M. A. (2019). Propuesta para el diseño de un sistema de gestión de calidad bajo la norma ISO 9001:2015 para la empresa "Autopartes 3 en 1".
4. Campos, O. (2018). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. Mexico: Instituto Politécnico Nacional.
5. Cardozo, J. E. (2008). Gestión de la calidad total en la producción de autopartes: estudio de caso en la empresa Trimco S.A.
6. Díaz, G. (2017). Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma en una planta procesadora de alimentos balanceados. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio UNCP.
7. Escuela de Administración de Negocios. (2021). ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LA FALLA. AMEF, 27.
8. Flores, M. d. (2011). Gestión de calidad en PyMEs manufactureras certificadas con ISO 9001-2000.
9. GARZÓN, M. Á. (2014). PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LOS PROCESOS DE INVENTARIOS DEL CANAL RETAIL EN LA COMPAÑÍA FORUS COLOMBIA. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/326423006.pdf>

10. González S., N. (2006). Planeamiento y programación del mantenimiento [Documento PDF, Universidad de Guadalajara]. Repositorio institucional
11. González, C. (10 de Diciembre de 2021). aeromarine. Obtenido de <https://software.aeromarine.es/rcm-que-es-ventajas-y-limitaciones/>
12. González, J. (2019). Modelo de gestión de mantenimiento basado en TPM para mejorar la eficiencia global de los equipos en una empresa industrial. *Ecorfan*, 6(2), 39-50.
13. Guiza S., L. (2015). PLAN DE GESTIÓN DE INVENTARIOS EN PLASTIHOGAR S.A. [Tesis de pregrado, Universidad Libre De Colombia] Repositorio ULibre.
14. Jiménez, H. F., & Amaya, C. L. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2).
15. León, E. (2017). Sistema computacional para optimizar la gestión de mantenimiento en una fábrica de productos plásticos. *Revista Kybernethos*, 1(1), 74-89.
16. MARRUGO, B. J. (2003). MANTENIMIENTO CORRECTIVO, PREVENTIVO, Y PREDICTIVO DE LOS BANCOS DE MOTORES DE INDUCCIÓN Y SÍNCRONOS DEL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE LA C.U.T.B. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co>
17. Mendoza, L. y Villazón, M. (2020). Mejoramiento del proceso productivo de la planta HMT Ltda. a través de la aplicación de herramientas Lean Manufacturing. *Revista Ingenio UFPSO*, 15(2), 27-43.
18. Moubray, J. (3 de Diciembre de 2021). Soporte y compalia. Obtenido de <https://soporteicia.com/system/files/articulos-pdf/rcm-articulo-mantenimiento-centrado-confiabilidad-03-dic-2021.pdf>

19. Oee, S., & Oee, S. (2023, 1 agosto). *Lean manufacturing*. Sistemas OEE - Technology To Improve. <https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing/>
20. Palmer, D. (2006). *Maintenance Planning and Scheduling Handbook*. McGraw-Hill Handbooks.
21. Parra, D. F. (2022). Estructuración del sistema de gestión de calidad en la comercializadora Reysa S.A.S bajo la norma técnica colombiana ISO 9001:2015.
22. Quiñones, O. (2019). Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad mecánica de los motores diésel de la empresa de transportes El Cortijo S.A.C., Lurín, 2019. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]
23. Team, I. (2023, 15 mayo). *¿Qué es el MTBF y cómo calcularlo? (MTBF vs MTTR)*. Infraspak Blog. <https://blog.infraspak.com/es/que-es-mtbf/>
24. Stoel, D., & van Leeuwen, R. (2007). Guía para asesores en formación: Calidad del e-learning y evaluación del ROI.