

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PLANES MAESTROS DE MANTENIMIENTO EN UNA
PLANTA INDUSTRIAL, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES
Y ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA
OPERATIVA**

Trabajo de Titulación para optar al
título de Ingeniero En Mantenimiento
Industrial.

Alumno:

Sr. Luis Olivares Bustamante

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Baldi González

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: OPTIMIZACIÓN DE LOS PLANES MAESTROS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DIGITALES Y ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA OPERATIVA

Nombre del candidato(a): Luis Olivares Bustamante

Carrera / Grado: Ingeniero En Mantenimiento Industrial.

Campus: Viña del Mar ; Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Carlos Baldi González, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO** contiene información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 01/10/2025; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01/10/2025 ; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PR/SMA de Biblioteca USM.

Dedico este trabajo a mi familia, mis perritas y mi novia, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente; sin ellos llegar hasta esta instancia no hubiera sido posible. También quiero agradecer a nuestros profesores, quienes se dedicaron a enseñar, formar y guiar a sus alumnos, especialmente a don Carlos Baldi González, quien me ayudó hasta la última instancia y siempre creyó en mí. De antemano, muchas gracias...

RESUMEN

Keywords: Gestión de activos físicos, análisis de criticidad (MCCA), planes maestros de mantenimiento (PMM).

El propósito principal del presente trabajo de título es optimizar los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) de la planta industrial Magotteaux Andino S.A., situada en Til-Til, a través de la implementación de herramientas digitales y el análisis de información histórica. Este proyecto tiene como objetivo optimizar la eficiencia en las operaciones, disminuir la incidencia de fallos e incrementar la disponibilidad de los equipos esenciales del proceso de producción.

La metodología implementada se dividió en tres etapas.

- Diagnóstico del estado actual, en el que se examinaron los registros de fallos e interrupciones de la planta con el fin de identificar debilidades en los actuales PMM.
- Diseño de mejoras mediante el uso de herramientas como la matriz de criticidad cualitativa (MCCR) y la metodología FMECA, que facilitaron la identificación y priorización de los equipos con un impacto más significativo en los aspectos operativos, ambientales y de seguridad.
- Proponemos la implementación de nuevas acciones de mantenimiento preventivo y se propone su integración en plataformas digitales como Fractal para una gestión más eficaz y rastreable.

La evaluación comprendió un total de 80 equipos en las áreas de Acería y Tratamiento, los cuales fueron evaluados conforme a criterios técnicos estandarizados de frecuencia de falla, impacto en la producción, costo directo de fallas e impacto en la seguridad, higiene y medio ambiente (SHA). Se detectaron equipos de alta y muy alta criticidad, en los cuales se implementó FMECA para determinar modos de falla, causas, efectos y priorización de acciones mediante el cálculo del Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Los hallazgos obtenidos facilitan la fundamentación de propuestas de mejora a los planes de mantenimiento, además de establecer los cimientos para su integración en

plataformas de administración de activos. Aunque la empresa no proporcionó información financiera detallada, se propusieron estimaciones razonables de pérdidas por fallos y recomendaciones de monitoreo basadas en indicadores como MTBF, MTTR y cumplimiento de actividades.

Este estudio contribuye a la instauración de un sistema de mantenimiento más proactivo, eficiente y digitalmente integrado, que se encuentra en consonancia con las normas actuales de administración de activos físicos en la industria.

ÍNDICE

RESUMEN 3

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN 7

ÍNDICE DE GRÁFICOS 8

ÍNDICE DE TABLAS 9

SIGLAS Y SÍMBOLOS 10

INTRODUCCIÓN 1

OBJETIVOS 3

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... 4

1.1. CONTEXTO OPERACIONAL..... 5

1.2. FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL..... 7

1.3. PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO (PMM) 9

1.4. HERRAMIENTAS DE ANALISIS DEL MANTENIMIENTO 11

1.4.1. Análisis de criticidad (MCCR)..... 11

1.4.2. Análisis FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) 11

1.4.3. Plataforma digital Fractal..... 12

1.5. REVISION CRITICA DEL ESTADO DE LOS PMM EN MAGOTTEAUX ANDINO S.A. 13

1.5.1. Hallazgos principales 13

1.5.2. Indicadores de desempeño actuales 13

1.5.3. Diagnostico final 14

1.6. METODOLOGIA DE MEJORA PROPUESTA 14

CAPÍTULO 2: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA 17

2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TECNICA Y OPERACIONAL..... 18

2.2. FASE 1: DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL 20

2.3. ANALISIS DE CRITICIDAD 23

2.3.1. Metodología y aplicación del análisis de criticidad 24

2.3.2. Resultados del análisis de criticidad 27

2.4. METODOLOGIA FMECA 29

2.4.1. Elementos del FMECA aplicado 30

2.4.2. Aplicación en la planta Magotteaux Til-til..... 34

2.4.3. Mejoras propuestas según resultados del FMECA 34

2.5. JUSTIFICACION DEL USO FRACTAL COMO PLATAFORMA DE GESTION 37

CAPÍTULO 3: PROPUESTA TECNICA Y VALIDACION DE MEJORAS 39

3.1. PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO 40

3.2. EVALUACION TECNICA DE LAS PROPUESTAS 43

3.2.1. Justificación técnica.....	45
3.3. EVALUACION ECONOMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	46
3.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA	47
3.4.1. Impacto económico adicional.....	48
3.5. INTEGRACION CON PLATAFORMA DIGITAL FRACTAL ONE.....	48
3.5.1. Estructura jerárquica de activos.....	49
3.5.2. Definición de campos personalizados	49
3.5.3. Planes de mantenimiento en Fracttal	50
3.5.4. Evidencia documental y operativa	50
3.6. VALIDACION DE LA PROPUESTA	51
3.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	53
3.8. BENEFICIOS ESPERADOS	54
CONCLUSIÓN GENERAL.....	56
<i>Bibliografía</i> 57	
ANEXOS	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1-1: Ubicación planta Til-til Magotteaux andino	5
Ilustración 1-2: Layout planta	5
Ilustración 1-3: Layout área aceria	6
Ilustración 1-4: Layout área tratamiento	6

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2-1: Distribución del tiempo operativo y paradas sector acería (2024)	22
Gráfico 2-2: Distribución del tiempo operativo y paradas sector Tratamiento (2024)	23
Gráfico 2-3: Distribución de NPR Promedio por Sistema	34
Gráfico 3-1: Gráfico de distribución del NPR promedio por sistema	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Comparación de estrategias de mantenimiento.....	9
Tabla 1-2 Indicadores de desempeño actuales.....	14
Tabla 1-3: Metodologías aplicadas.	16
Tabla 2-1: Jerarquía de activos según ISO 14224 (extracto).....	19
Tabla 2-2: Resumen del levantamiento técnico (por área).....	20
Tabla 2-3: Hallazgos principales obtenidos.....	21
Tabla 2-4: Frecuencia de falla (FF).....	24
Tabla 2-5: Impacto en producción (IP)	25
Tabla 2-6: Costo directo de fallos (CDF)	25
Tabla 2-7: Impacto en seguridad y medioambiente (SHA).....	25
Tabla 2-8: Matriz de criticidad simplificada	26
Tabla 2-9: Categoría y nivel de riesgo de la matriz.	26
Tabla 2-10: Resultados de matriz de criticidad planta Magotteaux Til-til acería.....	28
Tabla 2-11: Resultados de matriz de criticidad planta Magotteaux Til-til tratamiento.....	29
Tabla 2-12: Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.....	31
Tabla 2-13: Criterios y categorías de ocurrencia	32
Tabla 2-14: Criterios y categorías de detección.....	33
Tabla 2-15: Línea directriz para NPR	33
Tabla 2-16: Comparación con otras soluciones	38
Tabla 3-1: Nuevo PMM.....	40
Tabla 3-2: Ejemplo de Cronograma Trimestral de Tareas Preventivas (Resumen por activos clave):.....	41
Tabla 3-3: Carta Gantt de la planificación de tareas	42
Tabla 3-4: Resumen de resultados del FMECA	44
Tabla 3-5: Comparación: situación actual vs proyección posterior a la mejora.....	45
Tabla 3-6: Costos por fallas no planificadas (situación actual)	47
Tabla 3-7: Ahorros potenciales tras implementación del nuevo PMM.....	48
Tabla 3-8: Proyeccion estimada.....	48
Tabla 3-9: Comparación: situación actual vs proyección posterior a la mejora.....	52
Tabla 3-10: Beneficios técnicos y operativos.....	54

SIGLAS Y SÍMBOLOS

PMM: Plan Maestro de Mantenimiento

RCM: Reliability-Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad)

FMECA: Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (Análisis de Modos, Efectos y Criticidad de Fallas)

NPR / RPN: Número de Prioridad de Riesgo (Risk Priority Number)

MTBF: Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallas)

MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo Medio de Reparación)

O: Ocurrencia

S: Severidad

D: Detección

SHA: Seguridad, Higiene y Ambiente

CDF: Costo Directo de Fallas

IP: Impacto en la Producción

FF: Frecuencia de Fallas

ISO 14224: Norma internacional para la recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento

Fractal: Software de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS)

CMMS: Computerized Maintenance Management System

MCCR: Matriz de Criticidad Cualitativa del Riesgo

S.A.: Sociedad Anónima

%: Porcentaje

H: Horas

INTRODUCCIÓN

La administración eficaz del mantenimiento industrial ha emergido como un elemento estratégico para asegurar la continuidad operacional, reducir los riesgos y regular los costos vinculados a la inmovilidad de activos esenciales. Específicamente, el sector de fundición y tratamiento térmico de bolas de molienda, tal como se observa en la planta Magotteaux Andino S.A., presenta demandas operativas significativas que demandan una gestión proactiva y sistemática de los planes de mantenimiento.

Nota: Los valores presentados en este apartado son referenciales, basados en estimaciones técnicas y no corresponden a datos financieros reales de la empresa.

Magotteaux Andino S.A. funciona con una capacidad instalada de alta demanda productiva, operando bajo un régimen 24/6, lo que ejerce una considerable presión sobre la confiabilidad de sus equipos. No obstante, se han detectado insuficiencias notables en la modernización, administración y ejecución de los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM), particularmente en las áreas de Acería y Tratamiento térmico. De acuerdo con información interna y entrevistas técnicas, aproximadamente el 65% del mantenimiento preventivo planificado no se lleva a cabo conforme al cronograma establecido. Se estima que hasta un 40% de las detenciones son atribuibles a fallos no previstos, impactando de manera directa en la eficiencia global de los procesos (OEE).

Estas detenciones imprevistas han conllevado pérdidas operativas que se estiman en más de 600 horas anuales de inactividad en equipos claves, generando consecuencias económicas y operativas significativas, además de poner en riesgo la seguridad del personal y la calidad del producto resultante.

En el presente escenario, se plantea la necesidad de rediseñar y optimizar los actuales PMM, integrando metodologías de análisis de criticidad (como MCCR), instrumentos de análisis de fallas (como FMECA) y plataformas digitales como Fractal. Estas estrategias posibilitan la estructuración de un sistema más fiable, rastreado y alineado con las demandas de la operación contemporánea.

El propósito primordial de este estudio es potenciar la administración de mantenimiento en Magotteaux Andino S.A. a través de la actualización sistemática de los PMM.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Optimizar los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM), mediante su actualización basada en datos históricos de fallas y herramientas de gestión digital, mejorando la planificación de actividades preventivas y correctivas.

Objetivos específicos:

- Diagnosticar el estado actual de los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM), evaluando los registros históricos de fallas, las metodologías utilizadas y la frecuencia de actualizaciones, identificando las brechas existentes en su implementación.
- Diseñar un sistema de actualización y gestión de los PMM, mediante la aplicación de herramientas digitales y análisis de datos históricos, estructurando una planificación eficiente de actividades preventivas y correctivas.
- Validar el sistema diseñado, evaluando su desempeño mediante indicadores clave como la reducción de fallas no planificadas y la mejora de la disponibilidad de los equipos, garantizando la viabilidad técnica y económica de su implementación.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1. CONTEXTO OPERACIONAL

Magotteaux Andino S.A. es una empresa líder en Chile que forma parte de un grupo global con presencia en más de 24 países. Su planta de producción se encuentra estratégicamente ubicada en Tiltill, en la Región Metropolitana de Chile, específicamente en el kilómetro 37 de la Panamericana Norte. La ilustración 1-1 muestra la localización geográfica de la planta Magotteaux Andino S.A., lo que permite contextualizar su entorno logístico y operacional.



Ilustración 1-1: Ubicación planta Til-til Magotteaux andino

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.



Ilustración 1-2: Layout planta

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

-	⊙	Magotteaux Til-Til	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/
-	⊙	Área de Acería	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/
+	⊙	Rueda Moldeo	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Área de Acería/
+	⊙	Puente Grúas	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Área de Acería/
+	⊙	HAE	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Área de Acería/
+	⊙	Tratamiento Térmico	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Área de Acería/
+	⊙	Sistema Arena	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Área de Acería/

Ilustración 1-3: Layout área acería

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

-	⊙	Magotteaux Til-Til	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/
+	⊙	Área de Acería	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/
-	⊙	Area Tratamiento	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/
+	⊙	Temple Bolas	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Area Tratamiento/
+	⊙	Austenizado	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Area Tratamiento/
+	⊙	Laminador	// DEPARTAMENTO DE MECÁNICA USM SEDE VIÑA DEL MAR/ IBT Mantenimiento Vespertino_304/ GRUPO A_304/ Magotteaux Til-Til/ Area Tratamiento/

Ilustración 1-4: Layout área tratamiento

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La principal actividad que desempeña Magotteaux Andino S.A. encontramos focalizado la producción de soluciones innovadoras para optimizar los procesos de conminución principalmente en el sector minero. La empresa se especializa en la fabricación de bolas de acero fundidas, con diámetros entre 2” y 4” destinadas al proceso de molienda en la industria minera. De igual manera ofrece una amplia gama de productos tales como: bolas forjadas, bolas de aleación de alto cromo, mini-bolas cerámicas y otras piezas de desgaste, consolidándose como un proveedor integral para la industria minera.

Con una capacidad de producción anual de 60.000 toneladas de bolas de acero, la planta de Tilttil opera las 24 horas del día de lunes a sábado, deteniendo la producción solo los domingos para realizar mantenimientos correctivos y planificados. Este esquema asegura la continuidad operativa y la alta disponibilidad de la planta.

Magotteaux Andino S.A. desempeña un papel fundamental para el sector minero chileno, el cual representa aproximadamente un 12% del PIB, el 60% de las exportaciones del país y el 20% de los ingresos fiscales. Los procesos de molienda y conminación son esenciales para la extracción eficiente de minerales, y los principales desafíos del sector incluyen la reducción de costos operativos y la mejora de la sustentabilidad.

En respuesta a estas demandas, Magotteaux se distingue por ofrecer soluciones tecnológicas que no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también reducen el impacto ambiental. Este compromiso se refleja en su certificación bajo la norma ISO 50001, que garantiza prácticas de eficiencia energética. Además, la empresa ha asumido un rol estratégico en la transformación hacia una minería más sostenible, posicionándose como un socio clave para la industria minera chilena.

En la industria metalmecánica actual, la eficiencia en las operaciones está intrínsecamente vinculada con la confiabilidad de los activos. En el presente escenario, la implementación de instrumentos digitales y la utilización de análisis de datos históricos contribuyen a robustecer la toma de decisiones en el ámbito del mantenimiento, optimizando los procesos y disminuyendo los costos no previstos.

1.2. FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

La norma ISO 55001 establece los requisitos para un sistema de gestión de activos físicos eficaz, incluyendo el mantenimiento como una función estratégica dentro del ciclo de vida de los equipos. Esta norma destaca la necesidad de una planificación basada en riesgos, trazabilidad y mejora continua en la gestión de activos industriales (Normalización, Organización Internacional de, 2014). Un sistema de mantenimiento bien estructurado

permite maximizar la vida útil de los activos, reducir los tiempos de inactividad, prevenir fallas catastróficas y optimizar los recursos técnicos y financieros.

Desde un enfoque clásico, el mantenimiento se clasifica en tres grandes categorías:

- **Correctivo:** Intervenciones realizadas posterior a la ocurrencia de una falla. Si bien es reactivo y de bajo costo inicial, conlleva riesgos operativos y elevados costos no planificados (Parra & Crespo, 2020).
- **Preventivo:** Actividades programadas de inspección y reemplazo con base en tiempo o uso. Busca evitar fallas mediante intervenciones periódicas, reduciendo así la incertidumbre operativa.
- **Predictivo:** Basado en condiciones reales del equipo, mediante monitoreo de variables como temperatura, vibraciones o presión. Permite anticipar fallas con alta precisión, aunque requiere mayor inversión en tecnologías de monitoreo.

La evolución del mantenimiento ha dado paso a estrategias más complejas como el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), el análisis de criticidad y el uso de software especializado como Computerized Maintenance Management Systems (CMMS). Estas metodologías permiten priorizar activos críticos, identificar modos de falla y diseñar estrategias adecuadas para su control, según el impacto técnico, operacional, económico o ambiental.

En entornos industriales como el de Magotteaux Andino S.A., donde la disponibilidad de los equipos está directamente relacionada con la eficiencia del proceso de fundición y tratamiento térmico de bolas de molienda, es indispensable adoptar modelos de mantenimiento avanzados que combinen diagnóstico estructurado, gestión digital y mejora continua. La tabla 1-1 presenta la comparación entre estrategias de mantenimiento utilizadas en la industria. Se observa que el mantenimiento correctivo, aunque de bajo costo inicial, genera mayor riesgo operacional, mientras que el mantenimiento predictivo requiere mayor inversión tecnológica, pero permite anticiparse a las fallas.

Tabla 1-1: Comparación de estrategias de mantenimiento

Tipo de Mantenimiento	Características	Beneficios	Limitaciones
Preventivo	Programado regularmente para prevenir fallos.	Reduce fallos inesperados, extiende la vida útil del equipo.	Costes iniciales más altos, riesgo de exceso de mantenimiento.
Correctivo	Realizado después de que ocurre una falla.	Costes iniciales más bajos, menos planificación necesaria.	Mayor tiempo de inactividad, costes a largo plazo más altos.
Predictivo	Basado en el monitoreo continuo para anticipar fallos.	Intervenciones solo cuando es necesario, optimiza recursos.	Requiere inversión en tecnología y personal capacitado.

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Por ejemplo, en áreas como Acería y Tratamiento, se detectaron paradas no programadas que no estaban asociadas a un historial técnico analizado, evidenciando una débil planificación del mantenimiento preventivo.

1.3. PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO (PMM)

El Plan Maestro de Mantenimiento (PMM) es un instrumento estratégico que permite estructurar, programar y controlar todas las actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo dentro de una organización. Su objetivo es garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los activos físicos, asegurando una gestión eficiente y alineada con los objetivos operacionales y financieros de la empresa (Parra & Crespo, 2016).

El PMM se compone de un conjunto de tareas periódicas organizadas por equipo, sistema y subsistema, que incluyen rutinas de inspección, lubricación, calibración, reemplazo de componentes y verificaciones funcionales. Estas actividades deben estar respaldadas por análisis técnicos, históricos de fallas y criterios de criticidad, para optimizar el uso de los recursos técnicos y minimizar los tiempos de inactividad no planificados.

En empresas industriales de alta exigencia operativa, como Magotteaux Andino S.A., el PMM adquiere especial relevancia, ya que una planificación deficiente puede derivar en pérdidas productivas significativas. En este sentido, los principales desafíos detectados en la planta corresponden a:

- La no actualización de planes ante cambios en los modos de falla o condiciones operacionales.
- La falta de trazabilidad de actividades ejecutadas y de control de cumplimiento.
- La ausencia de retroalimentación desde producción y mantenimiento para ajustar frecuencias o tareas.
- El desalineamiento entre los planes y la realidad operativa, lo que genera fallas recurrentes no abordadas de manera sistemática.

Para resolver estas brechas, el PMM debe estructurarse en base a metodologías como el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de falla (FMECA), utilizando herramientas digitales como Fractal, que permiten digitalizar, calendarizar y monitorear la ejecución de actividades de mantenimiento con mayor precisión.

Además, según lo propuesto por la norma ISO 14224, es recomendable jerarquizar los activos mediante una descomposición funcional (equipo → sistema → subsistema → componente), permitiendo una mayor granularidad y precisión en la planificación y posterior análisis de confiabilidad.

En el presente trabajo, la actualización del PMM se sustenta en los resultados obtenidos mediante:

- Análisis de criticidad (modelo MCCR).
- Aplicación del FMECA en equipos críticos.
- Propuesta de tareas mejoradas para cada modo de falla.
- Formato compatible para implementación directa en el CMMS Fractal.

1.4. HERRAMIENTAS DE ANALISIS DEL MANTENIMIENTO

En el marco de la gestión del mantenimiento industrial, el uso de herramientas analíticas resulta esencial para optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los activos físicos. Estas herramientas permiten identificar modos de falla, evaluar su impacto, jerarquizar los equipos críticos y establecer acciones preventivas o correctivas basadas en criterios objetivos y técnicos.

Entre las herramientas más relevantes empleadas en este estudio se destacan:

1.4.1. Análisis de criticidad (MCCR)

El análisis de criticidad, específicamente el modelo de Matriz Cualitativa de Criticidad del Riesgo (MCCR), permite clasificar los activos según su nivel de riesgo operacional, combinando dos dimensiones fundamentales:

- Frecuencia de fallas (confiabilidad del equipo).
- Consecuencia de fallas, considerando impacto en producción, seguridad, costos y medio ambiente.

A través de escalas estandarizadas y ponderadas, se determina un índice de criticidad que ubica a cada activo en categorías como muy alta, alta, media o baja criticidad. Esta información es clave para asignar recursos de mantenimiento de forma prioritaria.

En el presente trabajo, el modelo MCCR se aplicó a 80 equipos de las áreas de Acería y Tratamiento Térmico de la planta Magotteaux Andino S.A., estableciendo una base técnica para seleccionar los activos que requerían un análisis más profundo.

1.4.2. Análisis FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis)

El FMECA es una herramienta sistemática orientada a identificar modos de falla potenciales, evaluar sus consecuencias en el sistema y establecer una priorización en función de la severidad (S), ocurrencia (O) y capacidad de detección (D), lo que permite calcular el Número de Prioridad de Riesgo (RPN) mediante la fórmula:

$$RPN = S \times O \times D$$

Diversos estándares internacionales, como el MIL-STD-1629A del Departamento de Defensa de EE.UU., describen la FMECA como una técnica de evaluación de la confiabilidad y del diseño que examina los modos de falla potenciales de un sistema y su equipamiento para determinar los efectos sobre el desempeño del equipo y del sistema. A diferencia de la FMEA, la FMECA incorpora la cuantificación de la criticidad mediante la clasificación y jerarquización de cada modo de falla según su severidad, su probabilidad de ocurrencia y la capacidad de detección de los controles existentes, permitiendo calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) y priorizar las acciones de mantenimiento. Aunque se aplica principalmente en las etapas tempranas de diseño, también puede utilizarse en fases posteriores del ciclo de vida de los activos para orientar la planificación del mantenimiento y la asignación de recursos.

Esta herramienta fue aplicada a los equipos clasificados como críticos en el análisis MCCR. Su implementación permitió identificar:

- Las funciones principales y fallas funcionales asociadas.
- Los modos de falla frecuentes y sus causas probables.
- Las consecuencias técnicas y operativas de cada falla.
- Las acciones propuestas de mejora y su priorización.

Los resultados del FMECA sirvieron como insumo técnico para la actualización del PMM en los activos más críticos.

1.4.3. Plataforma digital Fractal

Fractal es un software de tipo CMMS (Computerized Maintenance Management System) utilizado para digitalizar la gestión del mantenimiento. Esta plataforma permite estructurar jerárquicamente los activos, calendarizar tareas, registrar actividades ejecutadas, generar KPIs en tiempo real y asegurar trazabilidad documental.

Fractal fue seleccionado para este trabajo por su compatibilidad con los principios de la norma ISO 55001, su enfoque en la gestión de activos basada en riesgos y su facilidad de uso para los técnicos de campo.

En el capítulo 3, se detalla la implementación del nuevo PMM en esta plataforma, incluyendo el árbol de activos, las rutinas de mantenimiento propuestas, responsables, frecuencias, tiempos estándar y criticidad asociada.

1.5. REVISION CRITICA DEL ESTADO DE LOS PMM EN MAGOTTEAUX ANDINO S.A.

Los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) constituyen el pilar estructural para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los activos productivos en instalaciones industriales. En el caso de Magotteaux Andino S.A., se observó que, si bien existe una planificación formalizada en papel y parcialmente en sistemas digitales, su ejecución y actualización presenta importantes brechas operativas y de gestión.

1.5.1. Hallazgos principales

Mediante entrevistas técnicas con personal de mantenimiento y revisión de documentación operativa, se identificaron los siguientes puntos críticos:

- Falta de actualización en los PMM existentes: muchos planes no consideran fallas recientes, ni incorporan datos históricos que podrían alimentar rutinas predictivas.
- Bajo cumplimiento de las tareas planificadas: se estima que solo un 35% de las actividades preventivas se ejecutan dentro del plazo programado, según reportes internos.
- Ausencia de integración digital efectiva: aunque Fractal se encuentra implementado parcialmente, su uso no abarca la totalidad de los activos ni las tareas relevantes.
- Desvinculación entre análisis de fallas y el diseño del PMM: no se utilizan herramientas como FMECA o análisis de criticidad para estructurar las tareas de mantenimiento, lo que genera acciones genéricas y poco focalizadas.

1.5.2. Indicadores de desempeño actuales

Dado que la empresa no proporciona métricas formales de mantenimiento, se trabajó con datos recopilados durante visitas y entrevistas, a fin de construir una visión base del

estado del mantenimiento a continuación la tabla 1-2 muestra los indicadores de desempeño actuales:

Tabla 1-2 Indicadores de desempeño actuales

Indicador	Valor estimado	Observación
Porcentaje de fallas no planificadas	40%	Afectan principalmente a equipos de acería
Porcentaje de cumplimiento del PMM	35%	Alta desviación respecto al programa original
Horas perdidas por detenciones	> 600 horas/año	Equivale a pérdidas de más de 90 millones CLP/año
Uso de software de mantenimiento	Parcial	Fracttal no utilizado en toda la planta
Tareas con análisis FMECA	0%	Ausencia total antes del presente proyecto

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

1.5.3. Diagnostico final

Se concluye que la planta presenta una gestión de mantenimiento reactiva, con escasa trazabilidad, limitada proactividad y sin criterios técnicos de priorización. Esta situación no solo genera un desgaste innecesario de recursos, sino que compromete la continuidad operacional en una planta que trabaja 24/6 con procesos críticos.

El presente trabajo propone subsanar estas debilidades mediante:

- El análisis de criticidad de todos los activos principales.
- La aplicación de FMECA a los equipos más críticos.
- El rediseño completo del PMM incorporando dichos análisis.
- La implementación en Fracttal como plataforma unificadora y trazable.

Este diagnóstico, por tanto, constituye la base para estructurar la metodología de mejora que se presenta en el siguiente punto.

1.6. METODOLOGIA DE MEJORA PROPUESTA

La necesidad de optimizar la gestión del mantenimiento en Magotteaux Andino S.A. producto de la alta ocurrencia de fallas no planificadas, el bajo cumplimiento del plan preventivo y la escasa trazabilidad digital, motiva la implementación de una metodología estructurada que permita actualizar, rediseñar y digitalizar los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM).

La propuesta metodológica se desarrolla en tres fases progresivas, orientadas a generar una solución técnica sostenible:

Fase 1: Diagnóstico del estado actual.

- Levantamiento de información técnica y operacional de los equipos.
- Evaluación del cumplimiento y vigencia de los PMM existentes.
- Aplicación del modelo de Matriz Cualitativa de Criticidad del Riesgo (MCCR) a todos los equipos de las áreas de Acería y Tratamiento.
- Identificación de los activos con mayor nivel de riesgo operacional.

Fase 2: Rediseño técnico de los PMM.

- Selección de los equipos clasificados con *alta y muy alta criticidad*.
- Aplicación de la metodología FMECA a dichos equipos para identificar modos de falla prioritarios, sus causas y efectos.
- Generación de tareas de mantenimiento focalizadas y asignación de frecuencias en base a los resultados del análisis de criticidad y el NPR.
- Validación técnica de las acciones propuestas por el personal de mantenimiento.

Fase 3: Implementación digital en Fractal.

- Organización del árbol jerárquico de activos en Fractal conforme a la norma ISO 14224.
- Ingreso estructurado de los nuevos planes de mantenimiento por equipo y subsistema.
- Asignación de responsables, recursos y frecuencia de ejecución.

- Activación de alertas, trazabilidad y control a través del módulo de tareas programadas.

Esta metodología no solo se orienta a corregir los problemas actuales, sino también a establecer una cultura de mantenimiento basada en datos, alineada con los principios de la norma ISO 55001 de gestión de activos.

En el siguiente capítulo se detalla la aplicación de esta metodología, comenzando por el análisis de criticidad y su rol en la jerarquización técnica de los activos.

La tabla 1-3 presenta las metodologías aplicadas, las cuales fueron utilizadas a lo largo del desarrollo del análisis técnico y evaluación de los activos críticos.

Tabla 1-3: Metodologías aplicadas.

Etapa	Herramienta utilizada	Objetivo	Resultado esperado
Recolección de datos históricos	Planillas Excel – PMM	Identificar y clasificar modos de falla	Base de datos por subsistema y fallas relevantes
Jerarquización de equipos	Análisis de criticidad MCCR	Priorizar activos según impacto y frecuencia	Equipos críticos seleccionados
Análisis técnico de fallas	FMECA	Determinar efectos, causas, controles y NPR	Matrices FMECA para equipos seleccionados
Propuesta de mejoras	Matriz de riesgo / NPR	Identificar mejoras en mantenimiento preventivo	Plan de acción por subsistema crítico
Comparación base vs rediseño	Indicadores técnicos (MTBF, % fallas, cumplimiento PM)	Evaluar impacto de las mejoras propuestas	Resultados estimados de mejora operativa

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

CAPÍTULO 2: APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

2.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TECNICA Y OPERACIONAL

El proceso de levantamiento de información constituye la base del diagnóstico inicial y permite comprender en profundidad el contexto operacional de los equipos críticos de la planta Magotteaux Andino S.A., ubicada en Til-Til. Esta etapa se realizó a través de una combinación de observación directa en terreno, entrevistas al personal técnico, revisión de documentación histórica de mantenimiento y análisis de registros de detenciones.

El levantamiento técnico fue estructurado conforme a la norma ISO 14224, que establece una jerarquía de activos basada en el desglose funcional desde sistema → subsistema → componente. Esta clasificación permite mejorar la trazabilidad del mantenimiento y el análisis posterior de fallas (Organización Internacional de Normalización, 2016)

Se abordaron dos áreas funcionales claves:

- Acería: donde se identificaron 42 activos principales, entre ellos, la Correa Campbell, Desbarbadora, Rueda de Moldeo, Refrigeración HAE y Puente Grúa de Vaciado.
- Tratamiento térmico: donde se analizaron 38 activos, incluyendo el Laminador (subsistemas de rodillos y elevador), Temple de Bolas y sistema de Austenizado (corte y descarga).

Los parámetros recolectados incluyeron:

- Historial de fallas.
- Tiempos medios entre fallas (MTBF).
- Tiempos de reparación (MTTR).
- Costos asociados a detenciones.

- Información sobre tareas programadas, recursos disponibles y cumplimiento de actividades.

Este levantamiento permitió identificar brechas relevantes en la planificación actual, tales como:

- Planes maestros no actualizados con información real de fallas.
- Acciones preventivas genéricas o sin correspondencia al modo de falla real.
- Falta de indicadores clave (KPI) para la evaluación del rendimiento del plan.

La información recolectada fue consolidada en una base técnica que sirvió de insumo para las fases siguientes del proyecto, particularmente para el análisis de criticidad MCCR y la aplicación del FMECA. La tabla 2-1 muestra un extracto de la jerarquía de activos basada en la norma ISO 14224, utilizada como referencia para estructurar el levantamiento técnico por niveles funcionales.

Tabla 2-1: Jerarquía de activos según ISO 14224 (extracto)

Área	Equipo principal	Sistema	Subsistema	Componente
Acería	Correa Campbell	Transporte de arena	Sistema de arrastre	Motor eléctrico
Acería	Desbarbadora	Tratamiento térmico	Cuchillas	Eje de transmisión
Tratamiento	Laminador	Rodillos	Eje impulsor	Rodamiento principal
Tratamiento	Laminador	Rodillos	Elevador laminador	Caja reductora

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 2-2 resume el levantamiento técnico realizado en las áreas de Acería y Tratamiento Térmico, identificando los principales sistemas, subsistemas y equipos observados durante el diagnóstico.

Tabla 2-2: Resumen del levantamiento técnico (por área)

Área	Equipos evaluados	Fuente de información	Indicadores recolectados	Resultados destacados
Acería	42	Detenciones no planificadas	MTBF: 48 hrs, MTTR: 4,2 hrs, Costo falla crítica prom: USD 5.400	65% de fallas fueron no planificadas
Tratamiento	38	Ruptura de equipos clave	MTBF: 36 hrs, MTTR: 6,1 hrs, Costo falla crítica prom: USD 3.200	68% de fallas fueron no planificadas

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

2.2. FASE 1: DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL

La primera etapa metodológica consistió en la recopilación, análisis y evaluación del estado actual de los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) correspondientes a las áreas de Acería y Tratamiento térmico en la planta Magotteaux Andino S.A. Esta fase tuvo como objetivo identificar brechas, deficiencias y oportunidades de mejora en la gestión del mantenimiento, a través de una revisión documental, entrevistas técnicas y análisis de indicadores operacionales.

Se trabajó sobre una base de 80 equipos productivos, divididos en 42 equipos en Acería y 38 en Tratamiento, seleccionados por su criticidad operativa y frecuencia de detenciones.

Para el diagnóstico, se utilizaron como fuentes principales los siguientes documentos:

- Historial de fallas no planificadas.
- Informes técnicos de detenciones.
- PMM actuales en formato físico y digital.
- Reportes de producción y paradas.

- Plataforma Fractal (consulta de órdenes y cronogramas anteriores).

Debido a que la empresa Magotteaux Andino S.A. no facilitó datos económicos específicos relacionados con costos de producción o pérdidas por detenciones, se realizó una estimación basada en supuestos razonables y literatura de referencia. Para ello, se consideró una productividad anual hipotética acorde al tipo de industria, la cual fue dividida por la cantidad de horas operativas anuales (considerando régimen 24/6), para obtener un valor estimado por hora de operación. Este valor fue multiplicado por la duración promedio de las detenciones críticas observadas en los equipos analizados.

Si bien estas cifras no corresponden a datos reales proporcionados por la empresa, permiten dimensionar el impacto potencial de las fallas no planificadas, entregando una base válida para justificar la actualización de los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) desde un enfoque técnico y económico.

A continuación, en la tabla 2-3 se presenta los hallazgos principales obtenidos durante la evaluación de mantenimiento, reflejando las debilidades y oportunidades de mejora.

Tabla 2-3: Hallazgos principales obtenidos

Área	Nº de Equipos Evaluados	% de Fallas No Planificadas	Horas Anuales de Detención Estimada	Costo Promedio de Falla Crítica (USD)	MTBF (horas)
Acería	42	40%	420	\$3.500	160
Tratamiento	38	52%	500	\$2.300	140

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Los datos anteriores reflejan un alto nivel de reactivo en la operación, con más del 40% de fallas no planificadas en ambas áreas, lo que se traduce en un bajo cumplimiento de los planes de mantenimiento existentes. Esta condición compromete la confiabilidad operativa y encarece los costos por paradas críticas.

Asimismo, se evidenció que muchos de los PMM disponibles:

- No contemplaban acciones específicas para los modos de falla más recurrentes.
- No estaban vinculados a análisis de criticidad.

- No se encontraban actualizados en la plataforma digital Fractal.
- Mostraban escasa trazabilidad de ejecución y seguimiento.

Frente a este escenario, se determinó la necesidad de realizar una reclasificación crítica de activos, evaluar modos de falla representativos y rediseñar las rutinas de mantenimiento preventivo con soporte digital.

Distribución del Tiempo Operativo y Paradas (2024):

Las siguientes gráficas ilustran la distribución mensual del tiempo operativo, las paradas no planificadas y el tiempo asignado a mantenimiento planificado en los sectores de Acería (véase gráfico 2-1) y Tratamiento (véase gráfico 2-2) durante el año 2024.

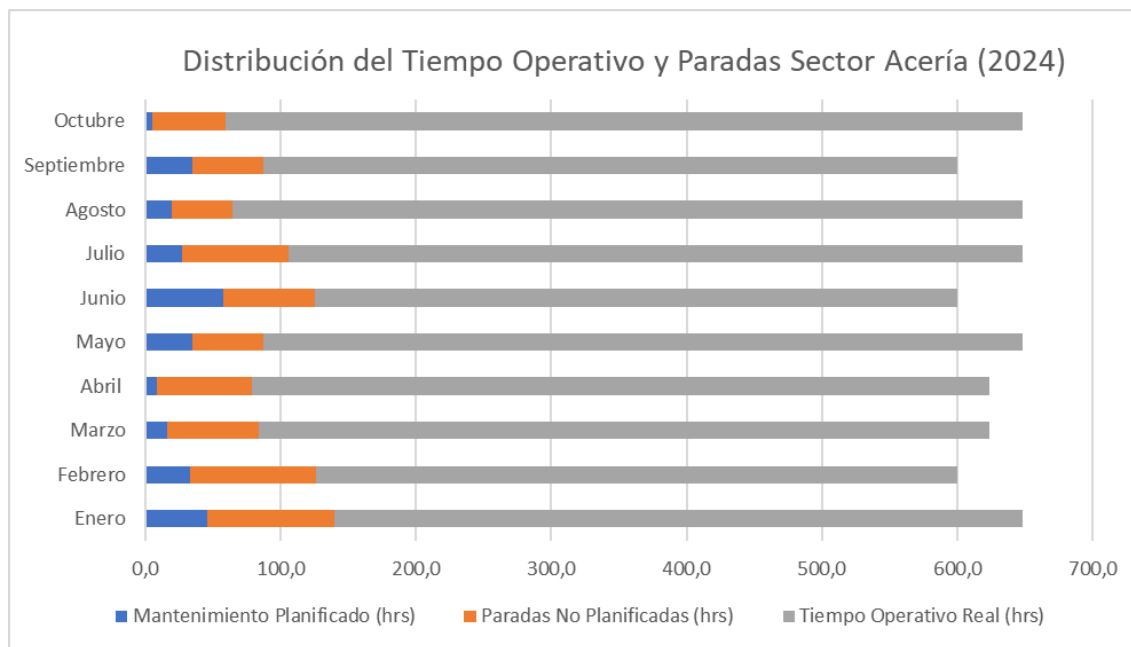


Gráfico 2-1: Distribución del tiempo operativo y paradas sector acería (2024)

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

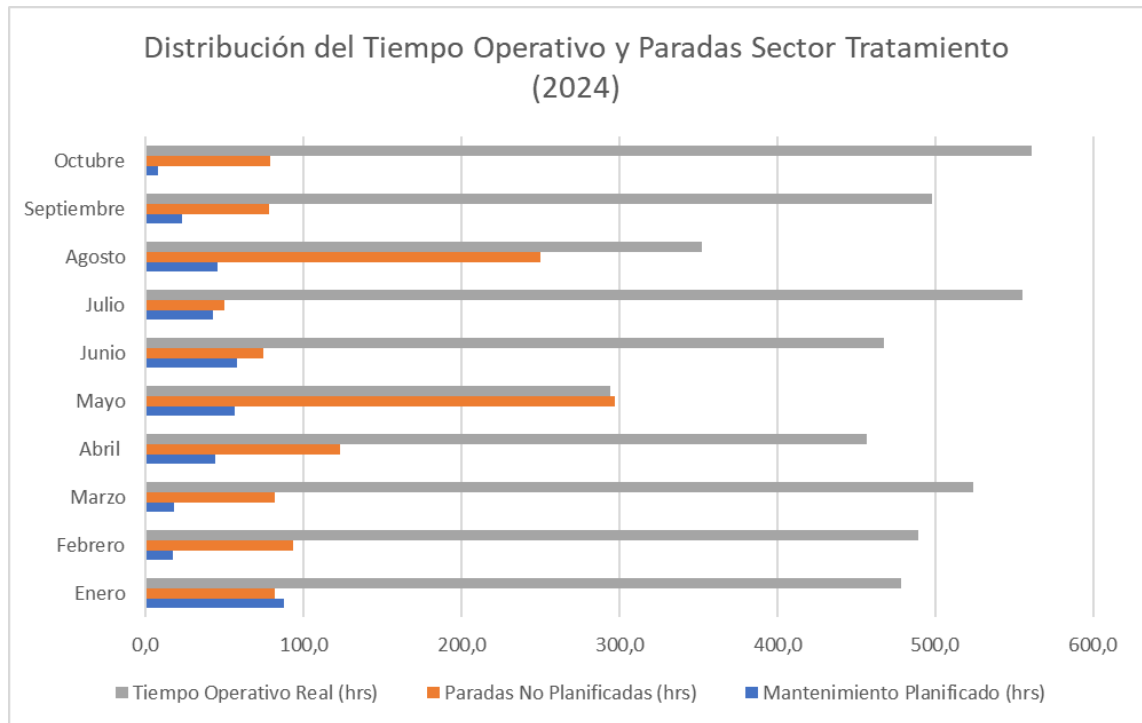


Gráfico 2-2: Distribución del tiempo operativo y paradas sector Tratamiento (2024)

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Se observa un desequilibrio evidente entre el mantenimiento planificado y las paradas no planificadas, lo que confirma los hallazgos preliminares: una alta tasa de fallas no previstas y una ejecución deficiente del plan de mantenimiento. En sectores como Tratamiento, las paradas no planificadas llegan a duplicar o triplicar las horas programadas para mantenimiento.

Esta información fundamenta la necesidad urgente de rediseñar los PMM mediante análisis de criticidad y digitalización con Fractal, como se abordará en los capítulos siguientes.

2.3. ANALISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad constituye una herramienta clave en la gestión del mantenimiento industrial, ya que permite identificar, clasificar y jerarquizar los equipos,

sistemas y subsistemas en función del impacto que tiene su falla sobre la operación, la seguridad, el medio ambiente y los costos.

Esta metodología busca determinar qué activos deben tener prioridad en recursos técnicos, humanos y económicos, con el objetivo de optimizar la planificación del mantenimiento, minimizar fallas no programadas y aumentar la disponibilidad operativa.

Existen enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos. En este caso, se aplicó una combinación de ambos, comenzando con una Matriz de Criticidad Cualitativa del Riesgo (MCCR) y avanzando hacia una evaluación FMECA para los activos más relevantes.

2.3.1. Metodología y aplicación del análisis de criticidad

El análisis elegido en primera instancia corresponde al modelo de criticidad MCCR: Matriz de Criticidad Cualitativa del Riesgo se trata de un instrumento empleado para la clasificación de activos, sistemas o procesos en instalaciones industriales, permitiendo identificar aquellos que requieren una mayor atención y recursos en función de su grado de riesgo. Este modelo está basado en la estimación del factor del riesgo la que corresponde a la probabilidad de que ocurra la falla con respecto a las consecuencias de estas.

Para lograr determinar el nivel de criticidad de un activo o equipo se utiliza una matriz de probabilidad de consecuencia de la falla.

Se presentan los factores de consecuencias y frecuencias de fallos propuestos. Es importante mencionar, que los factores y escalas de evaluación seleccionados, están alineados con los objetivos estratégicos del negocio y fueron aprobados por la dirección de la empresa en estudio. La tabla 2-4 presenta la frecuencia de falla asociada a los equipos críticos, permitiendo priorizar la atención técnica según historial de fallas.

Tabla 2-4: Frecuencia de falla (FF)

Frecuencia de Fallas	Ponderación
Mayor o igual a 12 fallas/mes	5
De 8 a 11 fallas/mes	4
De 4 a 7 fallas/mes	3
De 3 a 1 fallas/mes	2
Menor o igual a 1 falla/mes	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 2-5 muestra el impacto que genera cada falla en la producción, siendo clave para determinar la severidad operativa.

Tabla 2-5: Impacto en producción (IP)

Impacto en producción	Ponderación
> 40 horas de parada	5
20 a 40 horas de parada	4
5 a 20 horas de parada	3
1 a 5 horas de parada	2
< 1 horas de parada	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 2-6 detalla los costos directos generados por fallos no planificados, entregando un indicador económico para la toma de decisiones.

Tabla 2-6: Costo directo de fallos (CDF)

Costo directo de fallos	Ponderación
Más de US\$1000000	5
Entre US\$700000 y menos de US\$1000000	4
Entre US\$300000 y menos de US\$700000	3
Entre US\$100000 y menos de US\$300000	2
Menos de US\$100000	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 2-7 considera el impacto de las fallas desde el punto de vista de seguridad y medioambiente, alineado con normativa interna e ISO 45001.

Tabla 2-7: Impacto en seguridad y medioambiente (SHA)

Impacto en seguridad, higiene y ambiente	Ponderación
Evento catastrófico: muerte y/o Alto impacto ambiental)	5
Lesión incapacitante y/o afectación sensible al ambiente	4
Daños menores a la integridad física y/o afectación al ambiente controlable	3
Provoca impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	2
No provoca ningún tipo de daño a personas, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Los resultados de la evaluación de los factores anteriores se presentan en una matriz de criticidad 5 x 5 (ver tabla 2-8), donde el eje vertical está formado por cinco niveles de frecuencia de fallos, mientras que el eje horizontal está formado por cinco niveles de consecuencias de fallos.

Así se estableció un rango de criticidad que oscila entre 1 (riesgo mínimo) y 25 (riesgo extremo). Esta matriz facilita la visualización gráfica de los equipos con mayor riesgo, lo que simplifica la toma de decisiones en relación con los recursos de mantenimiento.

Tabla 2-8: Matriz de criticidad simplificada

Frecuencia	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
Consecuencias	1	2	3	4	5	

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Además, se implementó una guía de acción por categoría de riesgo, la cual define directrices de gestión en función del resultado obtenido (véase tabla 2-9):

Tabla 2-9: Categoría y nivel de riesgo de la matriz.

Categoría de Riesgo	Nivel de riesgo	Guías para la Matriz de Riesgo
21 a 25	A	Eliminar, evitar, implementar plan de acción
13 a 20	B	Administrar preventivamente
6 a 12	B	Administrar permanentemente
1 a 5	C	Monitorear y administrar apropiadamente

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Este método garantiza que los equipos con mayor impacto potencial sean tratados con prioridad en términos de mantenimiento, planificación y supervisión, lo que permite la optimización de recursos y la reducción del riesgo operacional general. A continuación, se analizan los equipos de producción de la parte de tratamiento y acería de la planta Magotteaux

Til-Til. El estudio se realizó en una población de 38 equipos para la parte de Tratamiento y una población de 42 equipos para la parte de Acería (el nivel de descomposición jerárquica de los equipos está basada en la norma ISO 14224, Parra y Crespo, 2020, Parra y Crespo, 2016)

2.3.2. Resultados del análisis de criticidad

Tras la evaluación de la frecuencia y las consecuencias de los fallos, el siguiente paso consistió en establecer la criticidad de cada equipo mediante el método propuesto de la Matriz Cualitativa de Riesgo en la planta Maggotteaux Til-Til. Los resultados prácticos derivados de la aplicación de la herramienta MCCR se presentan a continuación:

De la parte los 42 equipos evaluados en Acería (véase Tabla 2-10):

- 5 equipos en la zona de alta criticidad (23,81%)
- 6 equipos en la zona de media criticidad (33,33%)
- 10 equipos en la zona de baja criticidad (42,86%)

De la parte de los 38 equipos evaluados en Tratamiento (véase Tabla 2-12):

- 4 equipos en la zona de muy alta criticidad (23,81%)
- 10 equipos en la zona de alta criticidad (52,38%)
- 2 equipos en la zona de media criticidad (9,52%)
- 3 equipos en la zona de baja criticidad (14,29%)

Es importante destacar que los resultados de la evaluación de la criticidad de los equipos de acería y tratamiento de la planta Maggotteaux fueron determinantes para definir los activos que serían sometidos a un análisis FMECA posterior, con el objetivo de identificar sus modos de falla críticos y rediseñar los PMM con acciones específicas.

La aplicación del análisis de criticidad permitió:

- Priorizar recursos de mantenimiento hacia los activos más relevantes.
- Justificar técnica y estratégicamente el rediseño de PMM.
- Establecer una línea base de evaluación para futuras auditorías internas.

La tabla 2-10 resume los resultados obtenidos en el análisis de criticidad de los activos del área de Acería.

Tabla 2-10: Resultados de matriz de criticidad planta Magotteaux Til-til acería

Análisis de Criticidad Acería									
Organización	Magotteaux								
Planta	Til-Til								
Jerarquización por sistemas y subsistemas									
Sistema	Sub Sistema	HORAS	FF	SHA	CDF	IP	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Externa	Compresor	1	1	3	3	2	3	3	Media Criticidad
HAE	Bóveda	2	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
HAE	HAE	5	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
HAE	Proyeccion HAE	1	1	2	1	2	2	2	Baja Criticidad
HAE	Refrigeración	15	3	3	2	3	3	9	Alta Criticidad
HAE	Sistema Hidráulico	3	1	3	3	3	3	3	Media Criticidad
Puentes Grúas	Puente Carga	2	1	4	4	3	4	4	Media Criticidad
Puentes Grúas	Puente Vaciado	11	2	5	5	4	5	10	Alta Criticidad
Rueda Moldeo	Bandeja de Descarga	5	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
Rueda Moldeo	Horno Holding	4	1	4	4	3	4	4	Media Criticidad
Rueda Moldeo	Retiro chanco	2	1	3	3	2	3	3	Media Criticidad
Rueda Moldeo	Rueda Moldeo	11	2	4	3	3	4	8	Alta Criticidad
Rueda Moldeo	Separador Magnético	11	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
Rueda Moldeo	Torre enfriamiento	1	1	2	1	2	2	2	Baja Criticidad
Sist. Arena	Artisand	4	1	2	1	2	2	2	Baja Criticidad
Sist. Arena	Correa Campbel	24	4	3	3	3	3	12	Alta Criticidad
Sist. Arena	Falta Moldes	3	1	1	1	1	1	1	Baja Criticidad
Sist. Arena	Turbomix	8	1	2	3	3	3	3	Media Criticidad
Trat. Térmico	Desbarbadora	16	3	3	3	3	3	9	Alta Criticidad
Trat. Térmico	Mesa 1	4	1	2	1	2	2	2	Baja Criticidad
Trat. Térmico	Tran. Acumulador	2	1	2	1	2	2	2	Baja Criticidad

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 2-11 presenta los resultados del análisis de criticidad aplicado a los activos de Tratamiento Térmico.

Tabla 2-11: Resultados de matriz de criticidad planta Magotteaux Til-til tratamiento

Análisis de Criticidad Tratamiento									
Organización	Magotteaux								
Planta	Til-Til								
Jerarquización por sistemas y subsistemas									
Sistema	Sub Sistema	Horas	FF	SHA	CDF	IP	CONSECUENCIAS	TOTAL	JERARQUIZACION
Austenizado	Buzón Alimentación	4,3	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
Austenizado	Corte Energía	249,8	4	3	4	5	5	20	Muy Alta Criticidad
Austenizado	Descarga Bolas	41,9	3	2	3	5	5	15	Alta Criticidad
Austenizado	Resistencias	9,3	3	3	2	1	3	9	Alta Criticidad
Austenizado	Sistema Motriz	6,7	4	2	3	3	3	12	Alta Criticidad
Austenizado	Zona Cero	0,5	1	2	1	1	2	2	Baja Criticidad
Bolas Verdes	Polipasto	8,8	2	4	3	3	4	8	Alta Criticidad
Laminador	Bandeja Descarga	3,3	3	2	2	2	2	6	Alta Criticidad
Laminador	Bomba Refrigeración	2,1	3	2	3	2	3	9	Alta Criticidad
Laminador	Canaletas	9,4	5	2	2	3	3	15	Alta Criticidad
Laminador	Dosificador	14,8	5	3	3	3	3	15	Alta Criticidad
Laminador	Falla Elevador de laminador	107,2	5	4	4	5	5	25	Muy Alta Criticidad
Laminador	Rodillos Laminador	220,6	5	3	4	5	5	25	Muy Alta Criticidad
Temple Bolas	Bombas	8,6	1	3	3	3	3	3	Media Criticidad
Temple Bolas	Elevador QD	23,7	5	4	4	4	4	20	Muy Alta Criticidad
Temple Bolas	Mesa 2	1,4	1	2	2	2	2	2	Baja Criticidad
Temple Bolas	Pulidora	2,0	2	3	2	2	3	6	Alta Criticidad
Temple Bolas	Tornamesa	23,5	3	2	3	4	4	12	Alta Criticidad
Temple Bolas	Torre Enfriamiento	0,4	1	3	2	1	3	3	Media Criticidad

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

2.4. METODOLOGIA FMECA

Con el fin de profundizar en la identificación y priorización de fallas críticas, se implementó la metodología FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) sobre los equipos clasificados con niveles de riesgo “Muy Alto” y “Alto” según el análisis de criticidad realizado previamente.

El análisis FMECA aplicado en este estudio sigue las recomendaciones metodológicas propuestas por (Parra C. &, 2020) quienes detallan su implementación en sistemas industriales con base en la norma SAE J1739. Esta herramienta permite priorizar fallas en función de severidad, ocurrencia y capacidad de detección, facilitando la toma de decisiones en planes de mantenimiento optimizados. Véase Anexo 1 y Anexo 2 para ver FMECA de acería y tratamiento.

2.4.1. Elementos del FMECA aplicado

Para cada subsistema crítico seleccionado, se completó una ficha estructurada con los siguientes campos:

- Función del equipo: Especifica el objetivo primordial del componente en el proceso.
- Fallo funcional o parcial: Descripción de cómo la función del equipo no se cumple.
- Modo de falla: Forma específica en que se presenta la falla (mecánica, eléctrica, etc.).
- Causa probable: Origen o motivo que desencadena el modo de falla.
- Efecto de la falla: Consecuencias técnicas, de seguridad o productivas.
- Controles de detección: Mecanismos actuales que permiten anticipar o detectar el problema.
- Responsable asignado: Área o cargo responsable de la supervisión o resolución.
- La evaluación del riesgo (RPN): se establece en función de la severidad (S), la ocurrencia (O) y la capacidad de detección (D), mediante la fórmula siguiente:

$$RPN = S \times O \times D$$

Con respecto a la severidad se refiere al rango de gravedad asociado con el impacto más grave para un modo de falla asignados dentro de un FMECA individual, siendo evaluados en una escala que va del 1 al 10 en función de su orden de grados de gravedad que varían de menor a mayor. Cabe destacar que las escalas utilizadas fueron adaptadas de la bibliografía de Parra & Crespo (2020) y normativa SAE J1739. La tabla 2-12 detalla los criterios utilizados para valorar la severidad de las fallas en el análisis FMECA.

Tabla 2-12: Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla

SEVERIDAD(S)	
Impacto	Valor
Catastrofico. Parada total del proceso, accidente grave, daño ambiental severo	10
Muy alto. Parada crítica de línea, pérdida completa de funcionalidad	9
Alto. Detención prolongada, gran pérdida de producción	8
Significativo. Impacto parcial en el proceso o calidad del producto	7
Moderado. Reducción de eficiencia o calidad, requiere retrabajo	6
Bajo. Pequeña interrupción o defecto menor, sin impacto severo	5
Muy Bajo. Degradación leve, apenas perceptible	4
Leve. No afecta al proceso, pero requiere ajuste	3
Menor. Condición no crítica, casi imperceptible	2
Ninguno. Sin impacto alguno	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Cuando nos referimos a la ocurrencia esta corresponde a la probabilidad de que una causa específica de una falla se manifieste. El número o rango de probabilidad de ocurrencia posee un valor relativo que supera el valor absoluto.

La única estrategia para disminuir este valor consiste en prever o gestionar las causas o mecanismos de un fallo mediante modificaciones en el diseño o proceso. Similar a la severidad, se evalúa en una escala que abarca de 1 a 10. La tabla 2-13 muestra las categorías utilizadas para clasificar la frecuencia de ocurrencia de fallas en el FMECA.

Tabla 2-13: Criterios y categorías de ocurrencia

OCURRENCIA(O)	
Criterio	Valor Ocurrencia
Muy frecuente. Ocurre más de una vez por semana	10
Frecuente. Una vez por semana	9
Alta. 2-3 veces al mes	8
Moderadamente alta. Una vez al mes	7
Media. 6-10 veces al año	6
Ocasional. 2-5 veces al año	5
Baja. 1 vez al año	4
Muy baja. Menos de 1 vez al año	3
Rara. Una vez cada pocos años	2
Improbable. Prácticamente nunca ocurre	1

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

En el caso de la detección, el objetivo es asignar un valor a la capacidad de los controles descritos en la columna ‘Controles de detección’ para identificar el modo de falla o su causa antes de que se manifieste el efecto. Esta capacidad se representa mediante una escala inversa del 1 al 10, donde valores más bajos indican una mayor probabilidad de detección (es decir, sistemas más eficaces y preventivos), y valores más altos representan una menor capacidad de detección o ausencia de controles. La tabla 2-14 resume la capacidad de detección de fallas antes de que ocurran, fundamental para el cálculo del NPR.

Tabla 2-14: Criterios y categorías de detección.

DETECCIÓN(D)		
Criterio	Valor	Detección
Sin controles o alarmas	10	Imposible de detectar
Se detecta solo cuando ya ocurrió el daño	9	Muy difícil
Requiere inspección muy especializada	8	Difícil
Pocas posibilidades de detección	7	Baja
Solo se detecta mediante procedimientos complejos	6	Limitada
Revisión estándar lo detecta algunas veces	5	Moderada
Controles operacionales pueden detectarlo	4	Adecuada
Detección rutinaria por el operador	3	Buena
Alarma o sistema automático lo detecta	2	Muy buena
Detección automática confiable y continua	1	Casi certeza de detección

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

En el caso del NPR o el Numero de Prioridad de Riesgo este se refiere a una métrica cuantitativa utilizada en el análisis FMECA que permite priorizar los modos de falla según su riesgo relativo. Se calcula como el producto de tres factores: Severidad (S), Ocurrencia (O) y Detección (D), cada uno evaluado en una escala de 1 a 10 según criterios previamente establecidos.

$$RPN = S \times O \times D$$

Esta valoración proporciona una forma objetiva de clasificar fallas y enfocar recursos de mantenimiento donde más impacto puede tener su intervención. La tabla 2-15 presenta los rangos de criticidad asociados al NPR para priorización de fallas.

Tabla 2-15: Línea directriz para NPR

Rango NPR	Clasificación	Acción Requerida
>150	Riesgo Extremo	Acción inmediata. Revisión técnica urgente y rediseño.
100–150	Riesgo Alto	Intervención prioritaria. Revisión de diseño y planificación.
60–99	Riesgo Moderado	Optimizar control, ajustar mantenimiento.
<60	Riesgo Bajo	Mantener condiciones actuales. Monitoreo periódico.

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

2.4.2. Aplicación en la planta Magotteaux Til-til

Se identificaron más de 30 modos de falla significativos, de los cuales el 35% presentó un NPR superior a 200, lo que justifica intervenciones correctivas y rediseños en los planes actuales. Las medidas propuestas fueron organizadas en una tabla priorizada y se integraron como base para el rediseño de los PMM, detallado en el capítulo 3.

Las tablas completas del FMECA se incluyen como anexo tabla 1 y tabla 2 del presente documento, mientras que las mejoras seleccionadas se describen en detalle en la propuesta final. A continuación, en el gráfico 2-3 se muestra la distribución de NPR promedio por cada sistema.

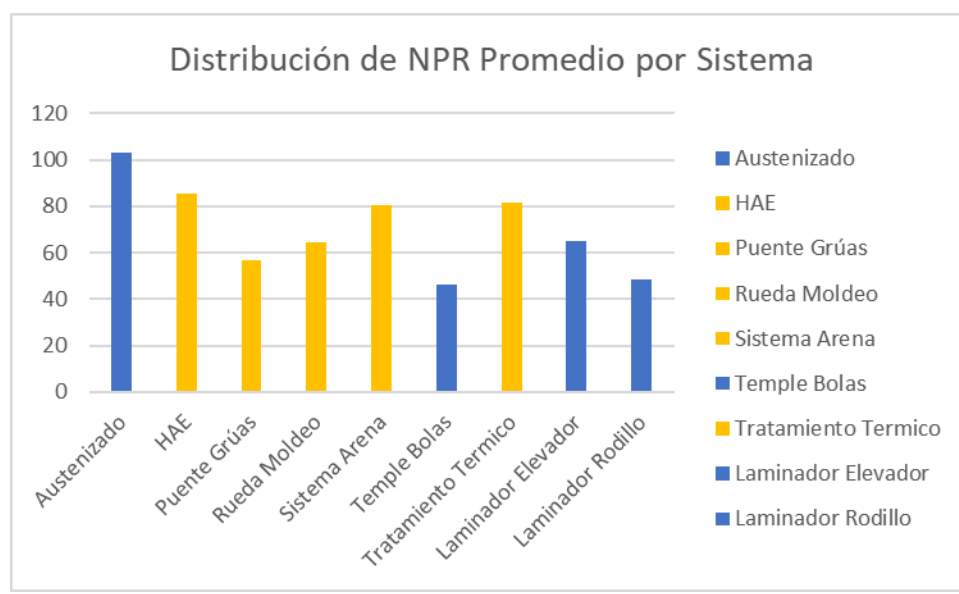


Gráfico 2-3: Distribución de NPR Promedio por Sistema

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

2.4.3. Mejoras propuestas según resultados del FMECA

Como resultado del análisis FMECA aplicado a los equipos críticos de Acería y Tratamiento, se identificaron oportunidades clave de mejora para mitigar los modos de falla de mayor criticidad. Las acciones propuestas buscan reducir la severidad de las consecuencias, disminuir la frecuencia de ocurrencia y mejorar los mecanismos de detección temprana.

Área Acería:

1. Correa Campbell (Sistema Arena)
 - Problema: Desalineación de rodillos / poleas, y fallas en motor reductor.
 - Mejoras propuestas:
 - Implementación de ajustes periódicos y control de alineación de rodillos.
 - Instalación de sensores térmicos y de vibración para monitoreo en línea.
 - Capacitación del personal en análisis de causas y procedimientos de reacción rápida.
2. Desbarbadora (Tratamiento térmico)
 - Problema: Obstrucción y desgaste del motor por acumulación de rebabas.
 - Mejoras propuestas:
 - Programa de limpieza post-turno con Check List operacional.
 - Plan de revisión eléctrica mensual y lubricación preventiva.
 - Optimización del sistema de extracción de rebabas.
3. HAE (Refrigeración)
 - Problema: Fallas en bombas y fugas en uniones.
 - Mejoras propuestas:
 - Revisión estructural de válvulas y sellos.
 - Reemplazo programado de bombas de recirculación con historial de fallas.
 - Instalación de sistema de detección de fugas.
4. Puente Grúas
 - Problema: Falla del sistema de izaje.
 - Mejoras propuestas:
 - Pruebas de freno y verificación de sensores semanales.
 - Mejora de rutinas de mantenimiento preventivo estructural y eléctrico.
 - Reforzamiento del sistema de alineación de rieles.
5. Rueda de Moldeo
 - Problema: Fallas en sincronización del PLC.
 - Mejoras propuestas:
 - Reprogramación de ciclos del PLC.

- Inspección y cambio preventivo de bases de moldeo.
- Mejora en rutinas de verificación de tiempos de ciclo.

Área Tratamiento

1. Laminador (Elevador y Rodillos)

- Problema: Fallas en motor de elevación y desgaste de poleas.
- Mejoras propuestas:
 - Plan de cambio preventivo de motor de elevación.
 - Revisión de tensores y alineadores ópticos semanal.
 - Ajuste de parámetros de alimentación.

2. Austenizado

- Problema: No se detecta sobrecarga, daño en contactores.
- Mejoras propuestas:
 - Implementación de sensores de sobrecarga.
 - Chequeo térmico programado de breakers.
 - Recambio de sellos y protección eléctrica.

3. Templado de Bolas

- Problema: Error en el encoder de posicionamiento.
- Mejoras propuestas:
 - Recalibración mensual del encoder.
 - Supervisión de señales de control.
 - Mejora de la detección de desalineación.

4. Descarga de Bolas

- Problema: Acumulación de bolas y desincronización del PLC.
- Mejoras propuestas:
 - Reprogramación y sincronización de compuertas controladas por PLC.
 - Mantenimiento correctivo del sistema de apertura de compuertas.
 - Sustitución del PLC con fallos reiterados.

Impacto esperado

Estas acciones están diseñadas para:

- Reducir el índice NPR promedio en los equipos más críticos.
- Disminuir la frecuencia de paradas no planificadas.
- Aumentar el MTBF y la disponibilidad operativa.
- Mejorar la trazabilidad y gestión del mantenimiento mediante su posterior integración en Fractal.

2.5. JUSTIFICACION DEL USO FRACTAL COMO PLATAFORMA DE GESTION

Fractal es una plataforma digital de tipo CMMS (Computerized Maintenance Management System) diseñada para facilitar la gestión integral del mantenimiento industrial. Su adopción en este trabajo responde a la necesidad de sistematizar los nuevos Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) propuestos, aprovechando sus capacidades de trazabilidad, planificación automatizada, generación de indicadores y jerarquización de activos según ISO 14224.

Ventajas técnicas

- Permite estructurar el árbol jerárquico de activos de forma gráfica y funcional.
- Se vincula directamente con tareas asociadas a modos de falla identificados en el análisis FMECA.
- Cuenta con paneles de indicadores clave como MTBF, MTTR, % cumplimiento del PM.
- Facilita la programación de mantenimientos en función de tiempo, uso u otras condiciones.
- Integra funcionalidades móviles (app) para gestión en terreno.

Ventajas económicas

- Modelo de suscripción flexible, adaptado a medianas empresas.
- Reducción de horas hombre en tareas administrativas y mejora en la asignación de recursos.
- Aumenta la disponibilidad operativa al reducir paradas no planificadas.

La tabla 2-16 compara la solución propuesta con otras alternativas posibles, evaluando sus ventajas y desventajas.

Tabla 2-16: Comparación con otras soluciones

Criterio	Fractal	SAP PM	Excel / Manual
Jerarquía de activos (ISO 14224)	✓ Nativa, editable y trazable	✓ Requiere configuración compleja	✗ No estructurado, dependiente del usuario
Análisis de criticidad / FMECA	✓ Integrable con tareas y activos	✓ Pero requiere módulos externos	✗ Manual y propenso a errores
Accesibilidad y uso en terreno	✓ App móvil integrada	✗ Limitado a módulos adicionales	✗ No disponible
Costos	Bajo (modelo SaaS)	Alto (licencias, infraestructura, soporte)	Bajo, pero con alta carga operativa
Indicadores de mantenimiento	✓ Integrados (MTBF, MTTR, etc.)	✓ Altamente personalizables	✗ Requiere fórmulas y hojas de cálculo
Facilidad de implementación	✓ Rápida, interfaz intuitiva	✗ Compleja y costosa	✓ Inmediata, pero poco escalable

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Fractal representa una solución óptima para el alcance y recursos de Magotteaux Andino S.A., ya que permite implementar de forma estructurada y sostenible los nuevos planes de mantenimiento definidos, con una curva de aprendizaje reducida y un alto retorno en confiabilidad operativa. Su selección sobre Excel o sistemas más complejos como SAP PM responde a un equilibrio entre funcionalidad, escalabilidad, costo y facilidad de uso.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA TECNICA Y VALIDACION DE MEJORAS

3.1. PLANIFICACION Y PROGRAMACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO

Una vez realizado el análisis de criticidad (MCCA) y el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (FMECA) para los equipos más críticos de las áreas de Acería y Tratamiento Térmico de la planta Magotteaux Andino S.A., se procedió a rediseñar los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM). El objetivo fue generar un plan detallado de mantenimiento que permitiera mitigar los riesgos operativos, mejorar la confiabilidad de los activos y optimizar la gestión preventiva mediante tareas bien definidas, programadas y asignadas a responsables.

La siguiente tabla 3-1 resume los 10 activos más críticos seleccionados para el desarrollo del nuevo PMM, indicando su ubicación, código, grupo funcional, tipo, clasificaciones, prioridad y responsable asignado:

Tabla 3-1: Nuevo PMM

Código	Nombre del Activo	Ubicación	Grupo	Tipo	Clasificación 1	Clasificación 2	Prioridad	Responsable
CCAMP-001	Correa Campbell	Acería - Transporte	Correas	Mecanismo	Transporte	Crítico	Alta	Supervisor Acería
DESB-001	Desbarbadora	Acería - Desbarbado	Maquinaria	Estacionaria	Preparación	Crítico	Alta	Supervisor Acería
REFR-HAE-001	Sistema de Refrigeración HAE	Acería - HAE	Sistema	Térmico	Enfriamiento	Crítico	Alta	Supervisor Acería
PUV-001	Puente de Vaciado	Acería - Vaciado	Equipos Pesados	Manipulación	Puente Grúa	Crítico	Alta	Supervisor Acería
RMOL-001	Rueda de Moldeo	Acería - Moldeo	Maquinaria	Rotativo	Formación	Crítico	Media	Supervisor Acería
LAM-ELEV-001	Elevador Laminador	Tratamiento - Laminado	Elevadores	Vertical	Elevación	Crítico	Alta	Sup. Tratamiento
LAM-ROD-001	Rodillos Laminador	Tratamiento - Laminado	Rodillos	Cilíndrico	Movimiento	Crítico	Alta	Sup. Tratamiento
AUS-CEN-001	Corte Energía Austenizado	Tratamiento - Austenizado	Control	Eléctrico	Seguridad	Crítico	Alta	Sup. Tratamiento
TEMP-QD-001	Elevador QD Temple Bolas	Tratamiento - Temple	Elevadores	Vertical	Movimiento	Crítico	Alta	Sup. Tratamiento
AUS-DESC-001	Descarga Bolas Austenizado	Tratamiento - Austenizado	Descarga	Mecánico	Finalización	Crítico	Media	Sup. Tratamiento

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Posteriormente, se diseñó un cronograma trimestral, donde se indica la frecuencia con que deben ejecutarse las principales tareas asociadas a estos activos. Se agruparon las tareas

por tipo de mantenimiento (preventivo o predictivo) y se distribuyeron en los tres meses del trimestre, a continuación, en la tabla 3-2 se muestra el cronograma trimestral

Tabla 3-2: Ejemplo de Cronograma Trimestral de Tareas Preventivas (Resumen por activos clave):

Mes	Activo	Tarea principal	Tipo Mantenimiento	Frecuencia	Responsable
Enero	Correa Campbell	Verificación alineación y tensión	Preventivo	Mensual	Supervisor Acería
Enero	Rodillos Laminador	Lubricación de rodamientos	Preventivo	Mensual	Sup. Tratamiento
Febrero	Sistema Refrigeración HAE	Inspección presión y flujo	Predictivo	Mensual	Supervisor Acería
Febrero	Elevador Laminador	Revisión de cadenas	Preventivo	Trimestral	Sup. Tratamiento
Marzo	Puente de Vaciado	Prueba de carga	Predictivo	Trimestral	Supervisor Acería
Marzo	Descarga Bolas Austenizado	Chequeo frenos	Preventivo	Bimestral	Sup. Tratamiento

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Este cronograma está sujeto a ajustes según el comportamiento real de los activos y su registro en plataforma. En los siguientes apartados se detallará cómo se justificó cada tarea a partir del análisis FMECA y cómo se proyectan los beneficios en disponibilidad y confiabilidad del sistema.

La Tabla 3-3 presenta la carta Gantt de la planificación de tareas preventivas y predictivas resultantes del análisis FMECA. En las filas se listan las actividades, con su prioridad y tipo (preventiva o predictiva), así como la fecha de inicio y la duración estimada. Las columnas representan los días del trimestre considerado (abril-junio de 2025), de modo que las barras coloreadas permiten visualizar cuándo se llevará a cabo cada trabajo. La leyenda en la parte superior indica qué significado tiene cada color: “Según lo previsto” identifica las tareas programadas de acuerdo con el calendario, mientras que “Bajo”, “Medio” y “Alto” clasifican la urgencia o criticidad de la intervención, de acuerdo con el NPR calculado. El color “Sin asignar” se emplea para actividades que aún no se han calendarizado.

La distribución de las actividades se realizó en función de los valores de criticidad obtenidos en la matriz de riesgo y en el FMECA. De este modo, las tareas con prioridad alta (NPR elevado) —como el mantenimiento de la correa Campbell— aparecen al inicio del periodo, ya que es fundamental abordarlas pronto para reducir la probabilidad de fallas y minimizar el tiempo de detención. Las tareas de prioridad media y baja se intercalan a lo largo del trimestre, evitando solapamientos que puedan saturar los recursos y permitiendo una carga de trabajo equilibrada. Esta programación se actualizará de manera dinámica en la plataforma Fractal según el avance real de las actividades y el comportamiento de los activos.

3.2. EVALUACION TECNICA DE LAS PROPUESTAS

Para evaluar técnicamente la propuesta de actualización del Plan Maestro de Mantenimiento (PMM), se aplicó el análisis FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis) a 10 equipos críticos seleccionados de las áreas de Acería y Tratamiento Térmico. Esta herramienta permitió priorizar modos de falla según su gravedad (S), frecuencia de ocurrencia (O) y capacidad de detección (D), obteniendo como resultado el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

A continuación, en la tabla 3-3 se presenta el NPR promedio por sistema:

Tabla 3-4: Resumen de resultados del FMECA

Área	Sistema	NPR Promedio
Acería	Sistema Arena	80,8
Acería	Tratamiento Termico	81,8
Acería	HAE	85,5
Acería	Puente Grúas	56,5
Acería	Rueda Moldeo	64,5
Tratamiento	Laminador Elevador	65,3
Tratamiento	Laminador Rodillo	48,5
Tratamiento	Austenizado	55
Tratamiento	Temple Bolas	46,5
Tratamiento	Austenizado	48

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Se adjunta el siguiente gráfico 3-1 de columnas comparativas, que permite visualizar rápidamente qué equipos presentan mayor riesgo operativo:

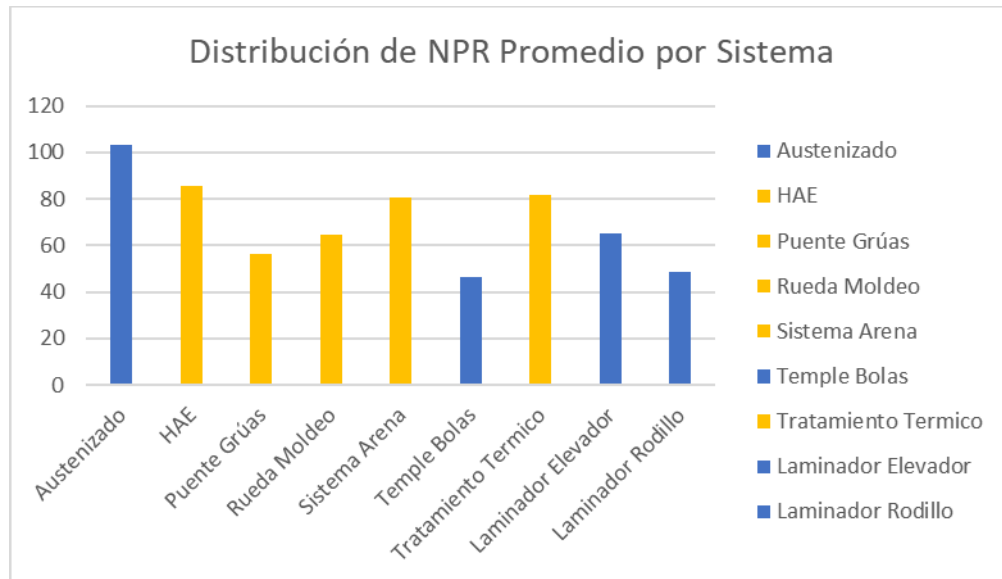


Gráfico 3-1: Gráfico de distribución del NPR promedio por sistema

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La tabla 3-5 compara los indicadores antes y después de la implementación del nuevo plan, evidenciando la mejora esperada.

Tabla 3-5: Comparación: situación actual vs proyección posterior a la mejora

Indicador	Situación Actual	Proyección Post PMM Actualizado
% de fallas no planificadas (Acería)	40%	15%
MTBF promedio (Tratamiento)	50 horas	90 horas
% de cumplimiento PMM (planta total)	35%	85%

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Estas mejoras estimadas se basan en:

- La implementación de tareas específicas dirigidas a los modos de falla de mayor criticidad.
- La estructuración jerárquica según ISO 14224.
- La futura integración de los planes en Fractal, lo que asegurará mejor trazabilidad y control.

3.2.1. Justificación técnica

Los modos de falla con mayor NPR fueron abordados con tareas preventivas específicas, como:

- Revisión semanal de acoplamientos en elevadores.
- Lubricación controlada de rodamientos críticos.
- Ajuste de sensores de proximidad en transportadores de bolas.

Estas medidas, extraídas directamente del análisis FMECA, permitirán reducir tanto la ocurrencia como las consecuencias de fallas recurrentes.

3.3. EVALUACION ECONOMICA DE LA PROPUESTA DE MEJORA

La evaluación económica tiene por objetivo estimar el impacto financiero de las fallas no planificadas actuales y proyectar el ahorro potencial que implicaría una mejora en la gestión del mantenimiento, a través de la aplicación del análisis de criticidad (MCCA), FMECA y la implementación estructurada en Fractal.

Nota: Los valores presentados en este apartado son referenciales, basados en estimaciones técnicas y no corresponden a datos financieros reales de la empresa.

Con base en la información proporcionada por la empresa, se identificó un total aproximado de 600 horas anuales de detención no planificada en equipos críticos, principalmente en las áreas de Acería y Tratamiento Térmico.

Dado que no se facilitaron datos de costos reales por hora detenida, se realizó una estimación referencial tomando como base el rendimiento anual estimado de la planta. Este valor fue utilizado para calcular un costo promedio por hora de detención. La tabla 3-6 muestra los costos actuales asociados a fallas no planificadas en áreas clave.

Es importante señalar que todas las cifras de costo y ahorro que se exponen en este apartado son referenciales, derivadas de supuestos razonables y de la aplicación de métodos de estimación. Estas cifras no corresponden a datos reales entregados por Magotteaux Andino S.A. y deben ser interpretadas únicamente como estimaciones preliminares, cuya finalidad es ilustrar el orden de magnitud del impacto económico de la propuesta.

Tabla 3-6: Costos por fallas no planificadas (situación actual)

Concepto	Valor estimado
Producción estimada anual (USD)	18.000.000 USD
Horas operativas al año (24/6)	6 días × 24 h × 52 = 7.488 h
Costo estimado por hora de producción	2.403 USD/hora
Horas perdidas por fallas no planificadas	600 h
Pérdidas estimadas anuales	≈ 1.442.000 USD

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Con la actualización del PMM y la gestión digital de activos, se proyecta una reducción de las fallas no planificadas de un 40% a un 15% en Acería, lo que representa una reducción del 62,5% en horas de detención no planificada. La tabla 3-7 estima los ahorros obtenibles al implementar el nuevo PMM, tanto por reducción de fallas como mayor disponibilidad.

3.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA

Nota: Los valores presentados en este apartado son referenciales, basados en estimaciones técnicas y no corresponden a datos financieros reales de la empresa.

Para dar mayor solidez al análisis económico se desarrolló un análisis de sensibilidad con tres escenarios: pesimista, neutro y optimista. El escenario neutro corresponde a los supuestos utilizados en la evaluación base. El escenario pesimista considera una reducción de un 20 % en el ahorro proyectado (por ejemplo, menor reducción de fallas o un valor de costo por hora más bajo), mientras que el escenario optimista considera un incremento del 20 % en el ahorro (mayor reducción de fallas o un mayor costo por hora).

Tabla 3-7: Ahorros potenciales tras implementación del nuevo PMM

Escenario	Horas de detención evitadas	Ahorro estimado	Observaciones
Pesimista	300 h	USD \$1.153.600	20 % menos de ahorro (reducción de fallas y/o costo por hora menor)
Neutro	375 h	USD \$1.442.000	Escenario base (ahorro estimado original)
Optimista	450 h	USD \$1.730.400	20 % más de ahorro (mayor reducción de fallas y/o costo por hora mayor)

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Tabla 3-8: Proyección estimada

Concepto	Valor proyectado
Horas perdidas tras implementación (proyectadas)	225 h
Ahorro en horas respecto a situación actual	375 h
Ahorro estimado en USD	≈ 900.000 USD

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

3.4.1. Impacto económico adicional

Además de la reducción directa de costos por detenciones, se proyectan los siguientes beneficios económicos indirectos:

- Disminución de costos correctivos por intervenciones de emergencia.
- Menor consumo de repuestos críticos, al reducir las fallas reiterativas.
- Optimización del uso de mano de obra, al planificar con anticipación.
- Mejor trazabilidad para auditorías y control presupuestario.

3.5. INTEGRACION CON PLATAFORMA DIGITAL FRACTAL ONE

Como parte fundamental del proceso de mejora, se integró el nuevo Plan Maestro de Mantenimiento (PMM) en la plataforma de gestión Fractal One, herramienta ya utilizada

por Magotteaux Andino S.A., pero con bajo grado de implementación y actualización en las áreas de Acería y Tratamiento Térmico.

El plan de trabajo optimizado fue diseñado para su carga directa en Fracttal. Esto facilita:

- Administrar órdenes de trabajo de manera digital.
- Carga masiva de planes desde planilla Excel.
- Supervisar la realización de actividades en tiempo real.
- Elaborar indicadores clave de rendimiento automáticos (MTBF, MTTR, cumplimiento PM).
- Examinar el registro de mantenimientos.
- Acceso remoto y trazabilidad de la información histórica.
- Registro digital de actividades realizadas, observaciones de los técnicos y adjunto de evidencia fotográfica.

Además, Fracttal permite vincular tareas a condiciones operativas específicas mediante sensores IoT, potenciando el mantenimiento basado en condición (CBM).

3.5.1. Estructura jerárquica de activos

Se construyó un árbol jerárquico de activos basado en la norma ISO 14224, considerando los 10 equipos más críticos analizados mediante FMECA. Esta jerarquía se estructuró de la siguiente forma:

- Ubicación principal: Planta Magotteaux Til-Til
 - Sububicaciones paralelas: Área Acería / Área Tratamiento Térmico
 - Equipos críticos: Correa Campbell, Desbarbadora, Sistema Refrigeración HAE, etc.

3.5.2. Definición de campos personalizados

Con el objetivo de incorporar criterios técnicos relevantes para la gestión de mantenimiento, se definieron dos campos personalizados en Fracttal (aunque aún no habilitados por falta de permisos):

- Nivel de Criticidad MCCA: Según clasificación Muy Alta / Alta / Media / Baja, con base en matriz de criticidad.
- NPR FMECA: Valor obtenido del análisis de modos y efectos de falla.

Estos campos permitirán en el futuro aplicar filtros para priorización, planificación de recursos y análisis de riesgos operacionales.

3.5.3. Planes de mantenimiento en Fractal

Se diseñó una planilla estandarizada con los planes de mantenimiento para cada uno de los 10 equipos, donde se definió:

- Actividades específicas por componente
- Frecuencia (diaria, semanal, mensual, semestral, anual)
- Tipo de mantenimiento (preventivo)
- Responsable
- Indicador asociado
- Duración estimada de la tarea

Esta información fue estructurada en el archivo “PMM para Fractal.xlsx”, el cual queda adjunto a este trabajo como anexo técnico. Adicional a esto se encuentran los catálogos de plan de tareas de mantenimiento realizados en fractal con mas detalle en el “Anexo 3”

3.5.4. Evidencia documental y operativa

Dado que el autor no cuenta con permisos administrativos para la carga total de datos en Fractal, se dejó preparada y validada la planilla favor véase anexo 2 y 3 que incluye todos los elementos listos para su integración:

- Equipos críticos y códigos
- Árbol jerárquico por ubicación
- Planes y tareas asociadas
- Campos personalizados sugeridos
- Indicadores y responsables

Se incluyen en este documento capturas de pantalla del entorno actual de Fractal, validando el ingreso parcial de información, como también evidencia de intentos de configuración.

3.6. VALIDACION DE LA PROPUESTA

La propuesta de actualización de los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) fue validada a partir de la aplicación sistemática de metodologías reconocidas en la industria como el análisis de criticidad MCCA y la técnica FMECA, integradas dentro de un enfoque digital en la plataforma Fractal One. Esta validación se sustenta en tres ejes principales: priorización técnica, rediseño estructurado e impacto proyectado en indicadores operacionales clave.

En primer lugar, el análisis de criticidad permitió jerarquizar los activos de Acería y Tratamiento Térmico, identificando los equipos más relevantes según su impacto en seguridad, medioambiente, producción y mantenimiento. Esta jerarquización fue luego contrastada con los resultados del análisis FMECA, el cual permitió identificar los modos de falla más recurrentes, sus efectos y causas, así como calcular el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) promedio por sistema. Este cruce metodológico permitió asegurar una selección objetiva y fundamentada de los 10 equipos más críticos de la planta.

En segundo lugar, el rediseño de los PMM se estructuró incorporando tareas específicas para cada activo, justificadas en sus modos de falla, frecuencia adecuada (basada en datos técnicos y experiencia operativa), tipo de mantenimiento (correctivo, preventivo o predictivo), y responsables asignados. Este rediseño se consolidó en una plantilla estandarizada que fue cargada parcialmente en la plataforma Fractal One, dejando además todos los registros preparados para futura integración completa.

Por último, se observó una mejora proyectada en los indicadores operacionales claves, como se resume en la siguiente tabla 3-9:

Tabla 3-9: Comparación: situación actual vs proyección posterior a la mejora

Indicador	Situación Actual	Proyección Post PMM Actualizado
% de fallas no planificadas (Acería)	40%	15%
MTBF promedio (Tratamiento)	50 horas	90 horas
% de cumplimiento PMM (planta total)	35%	85%

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

La integración de las herramientas de análisis con una plataforma digital permitió no solo rediseñar el PMM, sino también fortalecer la trazabilidad, mejorar la planificación operativa y proyectar beneficios medibles en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Esta validación permite concluir que la propuesta es viable técnica y operacionalmente, y establece una base sólida para su implementación total en la planta Magotteaux Andino S.A.

3.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Durante el desarrollo del presente trabajo de título, se identificaron diversas limitaciones que influyeron en el alcance de la implementación y la profundidad del análisis:

- Acceso restringido a la plataforma Fracttal One: Si bien se diseñó y dejó preparado el plan de mantenimiento para su carga en el software, no fue posible realizar la implementación directa debido a limitaciones de permisos de usuario. Esto impidió realizar pruebas reales de integración, validación en línea de datos y seguimiento de ejecución.
- Falta de datos económicos reales: La empresa no proporcionó información detallada sobre costos asociados a fallas, producción o pérdidas económicas específicas. Por lo tanto, los cálculos de impacto económico y de horas perdidas fueron estimados en base a supuestos razonables y referencias generales del mercado, lo cual puede generar desviaciones con respecto a la realidad.
- Cobertura parcial de activos: Si bien se abordaron los 10 equipos más críticos de las áreas de Acería y Tratamiento Térmico, no se analizó el conjunto completo de activos de planta. Esto limita la generalización de las mejoras a toda la operación.
- Horizonte de análisis limitado: La evaluación de resultados proyectados (mejoras en MTBF, % de cumplimiento, reducción de fallas) se basa en estimaciones y buenas prácticas. La validación empírica de estos beneficios solo será posible luego de un periodo de operación con el nuevo PMM implementado.
- Restricciones de tiempo del proyecto: Dado que el trabajo se enmarca en una duración semestral, no fue posible ejecutar un seguimiento longitudinal posterior a la implementación del plan. Esto restringe la posibilidad de evaluar el impacto en indicadores reales como el MTTR, disponibilidad o cumplimiento efectivo del plan.

A pesar de estas limitaciones, el estudio permitió sentar las bases para una mejora sustantiva en la gestión del mantenimiento, estructurando una propuesta técnica robusta, adaptable e integrable al sistema digital de la empresa.

3.8. BENEFICIOS ESPERADOS

La implementación del nuevo Plan Maestro de Mantenimiento, junto con la digitalización de las actividades mediante la plataforma Fracttal, generará una serie de beneficios técnicos, operativos y estratégicos para la planta. Estos beneficios se proyectan tanto en la mejora de la disponibilidad de activos como en la eficiencia de la gestión del mantenimiento. La tabla 3-8 presenta los beneficios esperados tras la implementación del plan, en términos de eficiencia, seguridad y costos

Tabla 3-10: Beneficios técnicos y operativos

Categoría	Situación Actual	Con PMM Optimizado	Impacto Esperado
Fallas no planificadas	40%	15%	Reducción de imprevistos y menor tiempo muerto
Cumplimiento del PMM	35%	85%	Mayor adherencia al mantenimiento planificado
MTBF promedio (Tratamiento)	50 horas	90 horas	Aumento en la confiabilidad de equipos
Tiempo medio de reparación (MTTR)	12 horas (estimado)	6-8 horas	Reparaciones más rápidas y eficaces
Trazabilidad de órdenes de trabajo	Baja	Completa en Fracttal	Mejora en la auditoría y seguimiento

Fuente: Elaboración propia / Magotteaux Andino S.A.

Otros beneficios relevantes:

- Mayor control de indicadores de mantenimiento, permitiendo reportes automáticos y en tiempo real (MTBF, MTTR, cumplimiento, backlog).
- Optimización de recursos humanos y materiales, al priorizar tareas según criticidad.
- Visibilidad y planificación proactiva, gracias al uso de calendarios, alertas y programación de tareas.

- Base para análisis predictivos futuros, al contar con historial digitalizado de fallas y mantenimientos.

CONCLUSIÓN GENERAL

Nota: Todos los valores económicos reportados en este trabajo son de carácter referencial y estimativo, con fines académicos, y no representan cifras oficiales de la empresa

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar los Planes Maestros de Mantenimiento (PMM) de las áreas de Acería y Tratamiento Térmico de la planta Magotteaux Andino S.A., mediante la aplicación de metodologías analíticas como el MCCA y el FMECA, e integrando los resultados en una plataforma digital especializada como Fractal One, logrando así mejorar la eficiencia operativa de manera cuantificable.

A través del análisis de criticidad, se logró priorizar los activos más relevantes para el proceso productivo, y mediante el FMECA se identificaron los modos de falla más críticos, permitiendo diseñar tareas preventivas específicas para mitigar riesgos operacionales.

La propuesta se consolidó con la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento estructurado por activo, con tareas asociadas, frecuencias definidas, responsables asignados y su respectiva codificación para ser integrada digitalmente. A pesar de las limitaciones en cuanto al acceso total a la plataforma Fractal y la falta de datos económicos reales por parte de la empresa, fue posible estimar un ahorro significativo de hasta 1.442.000 USD anuales por reducción de detenciones no planificadas.

La validación de esta propuesta se realizó a partir del cruce metodológico de herramientas técnicas y proyecciones cuantitativas, lo que permitió demostrar su viabilidad operacional. La implementación total del PMM actualizado, sumado al uso completo de Fractal, permitirá mejorar la trazabilidad, reducir fallas, aumentar la disponibilidad de equipos críticos y potenciar el control sobre indicadores clave como MTBF, MTTR y cumplimiento.

Este trabajo sienta una base sólida para que la organización continúe avanzando hacia una gestión del mantenimiento moderna, digitalizada y orientada a la confiabilidad, representando un avance significativo en términos de eficiencia y sostenibilidad operativa.

Bibliografía

- Aprimin. (s.f.). *www.aprimin.cl*. Obtenido de <https://aprimin.cl/site/ultimos-asociados/aprimin-da-la-bienvenida-a-su-nuevo-asociado-magotteaux-andino/>
- Carlos Parra, A. C. (s.f.). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/342534500_Serie_tecnica_Reliability_Maintenance_and_Asset_Management_Nota_tecnica_1_MGMC-GA-INT-001-19_Introduccion_al_Modelo_Integral_de_Gestion_del_Mantenimiento_y_de_la_Confiabilidad_alineado_con_el_enfoque_cha
- Drew. (s.f.). *www.blog.wearedrew.co*. Obtenido de <https://blog.wearedrew.co/mantenimiento/cual-es-la-importancia-de-un-plan-de-mantenimiento>
- Engeman. (s.f.). *www.blog.engeman.com*. Obtenido de <https://blog.engeman.com/es/plan-de-mantenimiento/>
- Escuelaeuropeaexcelencia. (s.f.). *www.escuelaeuropeaexcelencia.com*. Obtenido de <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2018/10/como-integrar-iso-45001-con-iso-9001-e-iso-14001/>
- González, C. (s.f.). *www.software.aeromarine.es*. Obtenido de <https://software.aeromarine.es/que-es-un-plan-de-mantenimiento-industrial/>
- grupooesia. (s.f.). *www.grupooesia.com*. Obtenido de <https://grupooesia.com/areas/ciberseguridad/normativa-iso-22301/>
- GuiaMinera. (s.f.). *www.guiaminera.cl*. Obtenido de <https://www.guiaminera.cl/tendencias-mineras-2024-descarbonizacion-eficiencia-de-costos-y-continuidad-operacional/>
- Kimobox. (s.f.). *www.kimobox.com*. Obtenido de <https://www.kimobox.com/iso-9001-7-apoyo-plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- Magotteaux. (s.f.). *www.magotteaux.com*. Obtenido de <https://www.magotteaux.com/es/donde-encontrarnos/>
- Nexusintegra. (s.f.). *www.nexusintegra.io*. Obtenido de <https://nexusintegra.io/es/la-importancia-del-mantenimiento-industrial-en-las-fabricas-inteligentes/>
- Normalización, Organización Internacional de. (15 de Enero de 2014). *Gestión de activos – Requisitos*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/55088.html>
- okparking. (s.f.). *www.okparking.cl*. Obtenido de <https://www.okparking.cl/chile-la-importancia-de-la-mineria/>

- Organización Internacional de Normalización. (1 de agosto de 2016). *Recopilación de datos de confiabilidad y mantenimiento*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/68075.html>
- Parra, C. &. (2020). *ResearchGate*. Obtenido de Serie técnica: Reliability, Maintenance and Asset Management.: <https://www.researchgate.net/publication/342534500>
- Parra, C. &. (s.f.). ota técnica: Introducción a un modelo integral de Gestión del Mantenimiento. *INGEMAN*.
- Predictiva21. (s.f.). *www.predictiva21.com*. Obtenido de <https://predictiva21.com/plan-maestro-mantenimiento/>
- RumboMinero. (s.f.). *www.rumbominero.com*. Obtenido de <https://www.rumbominero.com/revista/informes/chancado-y-molienda-en-mineria-paso-previo-hacia-el-material-fino/>
- Sedisaservicios. (s.f.). *www.sedisaservicios.com*. Obtenido de <https://sedisaservicios.com/activos-industria/normas-iso-y-su-relacion-con-el-mantenimiento-industrial/>
- www.kimobox.com*. (s.f.). *www.kimobox.com*. Obtenido de <https://www.kimobox.com/iso-14001-7-apoyo-plan-mantenimiento-preventivo/>
- Zárate, D. (s.f.). *www.xepelin.com*. Obtenido de <https://xepelin.com/blog/corporativos/desafios-y-oportunidades-para-la-industria-minera-en-chile>

ANEXOS

Anexo 1: FMECA aceria

Análisis de Modo de Falla y Efectos Críticos (FMECA)										
Equipo:		Gerencia:			Operaciones			Elaborado por:		
Localización:		Departamento:			Mantenimiento			Fecha:		
Equipo:	Localización:	Planta Aceria Magotteaux TIL-Til	Departamento:	Causa(s) de la Falla	Ocurrencia	Controles de detención	Fecha:	NPR	Acciones recomendadas	Responsabilidad
Subsistema	Falla Funcional	Modos de Fallas	Efectos de falla	Severidad						
Sistema	Transportar arena al proceso de moldeo	Ruptura de la banda	Detención inmediata del proceso de moldeo	8	Desgaste por abrasión / acumulación de carga	Inspección visual en terreno	3	96	Implementar plan de recambio preventivo y revisar tensión	Mecánico
		Desalineación de rodillos o poleas	Caja de arena, daño en estructura	6	Alineación deficiente / falta de tensión	Monitoreo diario y ajuste	3	90	Ajuste periódico y revisión con plantilla	Mecánico
Sistema Arena	Interrupción del transporte de arena	Falla del motor o reductor	Paro total del equipo, acumulación de arena	9	Sobrecalentamiento / falta de lubricación / fatiga	Control térmico / mantenimiento	3	81	Control de temperatura y análisis de vibraciones	Eléctrico
		Atascamiento por material extraño	Daños en banda y poleas / detención inesperada	7	Presencia de objetos metálicos, residuos, humedad	Revisión con detector / erchado previo	2	56	Erchado previo y capacitación en manejo de material	Mecánico
Sistema	Eliminar rebabas y defectos superficiales	Desgaste de disco abrasivo	Defecto superficial, pérdida de calidad del producto	6	Uso prolongado sin inspección	Inspección visual diaria	3	90	Plan de recambio programado según ciclos de uso	Mecánico
		Desajuste de soporte o fijación	Rebaba mal removida, posible daño en el producto	7	Vibraciones, golpes, falta de ajuste	Revisión estructural semanal	3	84	Ajuste y torque de fijaciones en PM preventivo	Mecánico
Tratamiento Térmico	Eliminar rebabas y defectos superficiales	Obstrucción por acumulación de material	Paro intermitente, sobreesfuerzo del motor	6	Mala evacuación de residuos, limpieza deficiente	Limpieza post-turno	3	72	Capacitación operativa y procedimiento de limpieza	Mecánico
		Falla del motor	Detención total de la desbarbadora	9	Sobrecalentamiento, falla eléctrica o del arranque	Control térmico / amperimétrico	3	81	Revisión eléctrica mensual y lubricación	Eléctrico
HAF	Refrigerar componentes térmicamente activos	Obstrucción en tuberías de agua	Sobrecalentamiento de equipos	8	Acumulación de sarro o impurezas	Inspección visual y limpieza semanal	3	96	Implementar purga programada y filtro	Mecánico
		Falla de bomba de recirculación	Paro del sistema de refrigeración	9	Falla eléctrica o mecánica de la bomba	Revisión de presión / amperímetro	3	108	Revisión preventiva cada 15 días	Eléctrico
Subsistema Rueda	Moldeo continuo de piezas fundidas	Fuga en uniones o válvulas	Pérdida de eficiencia térmica	7	Aflojamiento por vibración, desgaste	Control de fugas / sello	3	84	Retriete y cambio de sellos	Mecánico
		Pérdida de presión por aire	Cavitación, daño en componentes	6	Diseño inadecuado o mal purgado	Purgado automático / visor	3	54	Instalación de purgador automático	Mecánico
Subsistema Puente	Elevar y vaciar contenedor con metal fundido	Falla del sistema de izaje	Derrame de metal fundido	10	Sobrecarga, mantenimiento deficiente	Inspección diaria por operador	2	60	Implementar purga programada y filtro	Mecánico
		Rotura de cable de acero	Accidente grave o caída de carga	10	Fatiga por ciclos y falta de inspección	Control de tensión y desgaste	2	40	Revisión preventiva cada 15 días	Mecánico
Puente Grúas	Vacado	Falla del freno de seguridad	Falla en detención de emergencia	9	Desgaste del sistema de frenos	Prueba de freno semanal	2	54	Retriete y cambio de sellos	Mecánico
		Desalineación de rieles o ruedas	Vibración y desplazamiento	8	Impacto repetido, falta de ajuste	Inspección de rieles / alineación	3	72	Instalación de purgador automático	Mecánico
Subsistema Rueda	Moldeo continuo de piezas fundidas	Fallo en distribución de	Defecto en piezas fundidas	7	Obstrucción o mala calibración	Verificación de dosificación	3	84	Ajuste del sistema de alimentación	Mecánico
		Desgaste de rodillos	Desviaciones dimensionales	6	Desgaste por uso continuo	Revisión diaria de desgaste	3	72	Cambio de rodillos y ajuste	Mecánico
Subsistema Rueda	Moldeo	Desajuste en sincronización del	Fallas de forma en la pieza	6	Desajuste de tiempos o sensores	Control del PLC y sensores	3	54	Reprogramación de tiempos del PLC	Eléctrico
		Rotura de molde o placa base	Pérdida completa del ciclo de moldeo	8	Falla estructural por fatiga	Inspección de moldes por turno	3	48	Reforzar base y cambiar moldes	Mecánico

Anexo 2: FMECA Tratamiento

Análisis de Modo de Falla y Efectos Críticos (FMECA)											
Equipo:		Gerencia:			Operaciones		Elaborado por:				
Ubicación:		Departamento:			Mantenimiento		Fecha:				
Sistema	Función Principal	Falla Funcional	Modos de Fallas	Efectos de falla	Causa(s) de la Falla	Ocurrida	Controles de detención	Existencia	NPR	Acciones recomendadas	Responsabilidad
Laminador	Eleva y comprimir las barras duras en el laminador	No posiciona correctamente las barras	Falla de sensor de altura	Golpes y daños por mala elevación	8	Mal ajuste o daño electrónico	3	Verificación por operador / sensor	3	Reemplazo o recalibración de sensor	Eléctrico
			Desalineación de rieles	Interferencia en alimentación	7	Desgaste mecánico o impactos	3	Inspección visual diaria	3	63	Ajuste de guías y topes
Laminador			Falla de motor de elevación	Detención del proceso	9	Falla eléctrica interna	4	Revisión de torque / arranque	2	Cambio preventivo del motor	Eléctrico
			Desgaste de poleas o cadenas	Caída o atascos de barra	6	Falta de mantenimiento preventivo	3	Lubricación y tensión semanal	3	54	Engrase y revisión de tensores
Laminador	Guiar y comprimir las barras duras en el laminador	Falla en la laminación continua	Rodillo desgastado	Desviación del producto final	6	Impacto o vibración continua	3	Calibración láser	3	Reajuste con almeador óptico	Mecánico
			Rodillo desgastado	Calidad deficiente en laminado	7	Falla de recambio periódico	4	Control de desgaste programado	2	56	Cambio de rodillos
Laminador			Falla del sistema hidráulico	Pérdida de fuerza de laminado	8	Fugas hidráulicas o presión baja	3	Chequeo presión y fugas	2	Mantenimiento del sistema hidráulico	Mecánico
			Fricción por falta de lubricación	Sobrealentamiento o vibración	6	Lubricación deficiente	3	Ruina de engrase semanal	2	36	Engrase automatizado
Ajuste de Energía	Permitir el corte automático de energía ante falla	No corta energía ante falla	Relé térmico averiado	No se corta energía a tiempo	10	Sobrecarga continua	3	Prueba funcional diaria	3	Implementar purga programada y filtro	Mecánico
			Sensor de sobrecarga	No se detecta sobrecarga	9	Falso contacto o suciedad	2	Inspección mensual del tablero	2	36	Revisión preventiva cada 15 días
Ajuste de Energía	Transportar bolas templadas hacia el proceso final	Interrumpe el transporte de bolas	Fallo en breaker principal	Quema de componentes eléctricos	10	Corto circuito o sobrecalentamiento	2	Chequeo térmico del breaker	2	Reapriete y cambio de sellos	Mecánico
			Retardo en corte por PLC	Daños en motores y periféricos	9	Fallo en lógica de control	2	Verificación de parámetros	3	54	Instalación de pagador automático
Temple Bolas			Falla del variador de velocidad	Velocidad incorrecta o errática	8	Programación incorrecta	3	Supervisión de señal	3	Ajuste de parámetros de control	Eléctrico
			Bloqueo por acumulación de rodadura	Falla en posicionamiento	6	Falta de limpieza	3	Limpieza por turno diaria	2	36	Limpieza profunda diaria
Ajuste de Energía	Liberar y desplazar bolas hacia siguiente etapa	No realiza descarga controlada de bolas	Falla en rodamiento	Parada total del equipo	9	Fatiga estructural	2	Inspección estructural mensual	2	Refuerzo de estructura	Mecánico
			Fallo del encoder de posición	Error en posicionamiento de liberación de aire	7	Pérdida de señal digital	2	Revisión señal encoder	3	42	Cambio o recalibración del encoder
Ajuste de Energía			Desajuste del sistema neumático	Liberación de aire irregular	6	Fuga o pérdida de presión	3	Revisión de válvulas y presión	3	Revisión neumática completa	Mecánico
			Obstrucción de compuertas	Acumulación interna de bolas	7	Mala programación de apertura	3	Verificación compuertas	2	42	Reprogramación del PLC
Ajuste de Energía			Fallo en el PLC de descarga	No se inicia descarga	8	Fallo electrónico	2	Prueba manual de descarga	3	Sustitución del PLC	Eléctrico
			Acumulación de bolas por retardo	Paro del flujo de producción	8	Falta de sincronización	3	Control de secuencia PLC	2	48	Sincronización y control de flujo

Anexo 3: Catálogo Plan de Tareas Mantenimiento

Mantenimiento Correa Campbell (FRACTTAL)

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Correa Campbell

TAREA: ALINEACIÓN DE RODILLOS Y POLEAS

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 02H 30mins

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE TRANSPORTE / CORREA

DURACIÓN ESTIMADA: 02H 30mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 60 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Reunión de seguridad y control de bloqueo del sistema	Texto
PROTOCOLO	Verificación de herramientas de medición y calibración	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección de la alineación de rodillos y poleas con regla y nivel	Texto
ACCIÓN LABORAL	Corrección de posición mediante ajustes en base y soportes	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de tensado posterior al ajuste	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reajuste fino de los pernos de fijación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Registro en bitácora del mantenimiento	Texto
PROTOCOLO	Validación operativa al energizar sistema	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Nivel de burbuja { NIV-MEC-003 }	1	Inventario
Escuadra y regla metálica { ESC-MEC-006 }	1	Inventario

Tarugos de alineación o galgas { TAG-MEC-007 }	1	Inventario
Linterna recargable { LIN-MEC-004 }	1	Inventario
Bitácora digital o física { BIT-MEC-008 }	1	Inventario

TAREA: INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE SISTEMA DE CRIBADO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 30mins

CLASIFICACIÓN 2: SISTEMA DE PROTECCIÓN / CRIBADO

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 30mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 60 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Verificación de seguridad y colocación de candado en zona cribado	Texto
PROTOCOLO	Revisión visual de presencia de residuos, piedras, metales u objetos extraños	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retiro manual de elementos atascados y limpieza del área	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación del estado de malla y estructura de soporte del cribado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste o reemplazo de fijaciones flojas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aplicación de aire comprimido para eliminar restos finos	Texto
PROTOCOLO	Informe de inspección y fotografías de evidencia	Texto
PROTOCOLO	Retiro de candado, marcha controlada y validación operativa	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Cámara digital / Celular de inspección { CAM-MEC-005 }	1	Inventario
Compresor portátil / Aire comprimido { AIR-MEC-009 }	1	Inventario
Pala o cepillo industrial { PAL-MEC-008 }	1	Inventario

Llaves manuales { LLM-MEC-007 }	1	Inventario
Linterna recargable { LIN-MEC-004 }	1	Inventario

TAREA: MONITOREO DE TEMPERATURA Y VIBRACIONES

TIPO DE TAREA: PREDICTIVA

PRIORIDAD: Muy Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 02H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO MOTRIZ / MOTOR ELÉCTRICO

DURACIÓN ESTIMADA: 02H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y verificación de bloqueo eléctrico	Texto
PROTOCOLO	Revisión de calibración de cámara térmica y analizador de vibraciones	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de temperatura de carcasa del motor con cámara infrarroja	Texto
ACCIÓN LABORAL	Análisis espectral de vibraciones en cojinetes	Texto
ACCIÓN LABORAL	Comparación con valores históricos y tendencias	Texto
ACCIÓN LABORAL	Identificación de desviaciones o alarmas tempranas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Registro de datos y generación de informe técnico	Texto
PROTOCOLO	Validación operativa y liberación del equipo	Texto

TAREA: REVISIÓN Y AJUSTE DE BANDA TRANSPORTADORA

TIPO DE TAREA: PREVENTIVO

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 03H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: EQUIPO DE TRANSPORTE / CORREA

DURACIÓN ESTIMADA: 03H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 90 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad, uso de EPP y bloqueo del sistema	Texto
PROTOCOLO	Verificación de herramientas y revisión de plano de tensado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del estado físico de la banda	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de tensión con tensiómetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de tensión mediante pernos de ajuste	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de poleas y rodillos por desgaste	Texto
ACCIÓN LABORAL	Registro fotográfico del estado final	Texto
PROTOCOLO	Liberación de bloqueo y puesta en marcha del sistema	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Tensiómetro de correa { TEN-MEC-002 }	1	Inventario
Nivel de burbuja { NIV-MEC-003 }	1	Inventario
Linterna recargable { LIN-MEC-004 }	1	Inventario
Cámara digital / Celular de inspección { CAM-MEC-005 }	1	Inventario

Mantenimiento Corte de Energía

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Corte de Energía

TAREA: FALLO EN BREAKER PRINCIPAL

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Corte de energía automatizado

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Paro inesperado

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Desconexión total y señalización del área	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retiro del breaker defectuoso	Texto
ACCIÓN LABORAL	Instalación del nuevo breaker	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de funcionamiento y pruebas	Texto
PROTOCOLO	Cierre, etiquetado y firma en bitácora	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Destornilladores aislados	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Llave inglesa	1	Inventario
Limpiador electrónico en spray	1	Inventario

TAREA: RELÉ TÉRMICO AVERIADO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Corte de energía automatizado

DURACIÓN ESTIMADA: 30mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Fecha	Cada 60 Día(s)	
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad eléctrica y desconexión del tablero	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del relé térmico	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de continuidad con multimetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo del relé térmico	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto
RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
Destornilladores aislados	1	Inventario
Kit Llave Allen KLLA-01 Force (KLLA)	1	Inventario
Multimetro	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: RETARDO EN CORTE POR PLC

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Automatización y control

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Fecha	Cada 90 Día(s)	
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Validación de condiciones seguras de trabajo	Texto

ACCIÓN LABORAL	Acceso a interfaz de PLC	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de lógica de corte y tiempos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste o reprogramación de secuencia	Texto
PROTOCOLO	Guardado y respaldo de cambios	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Laptop con software de programación	1	Inventario
Cables de conexión al PLC	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Manual del sistema	1	Inventario

TAREA: SENSOR DE SOBRECARGA

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Corte de energía automatizado

DURACIÓN ESTIMADA: 30mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad eléctrica y desconexión de sistema	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de fijación del sensor	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de respuesta con carga simulada	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo en caso de falla	Texto
PROTOCOLO	Cierre y registro	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Kit de calibración de sensores	1	Inventario
Destornilladores aislados	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

Mantenimiento Desbarbadora

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-30

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Desbarbadora

TAREA: AJUSTE Y TORQUE DE SOPORTES Y FIJACIONES

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Estructura / Fijaciones

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 90 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y planificación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión estructural de fijaciones	Texto
ACCIÓN LABORAL	Torque de fijaciones	Texto
ACCIÓN LABORAL	Asegurar fijaciones críticas	Texto
PROTOCOLO	Registro de torque y observaciones	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Llave de torque 1/4 LLT-01 Jonesway { LLTD }	1	Inventario
Linterna recargable { LIN-MEC-004 }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario

TAREA: LIMPIEZA OPERATIVA DE LA DESBASTADORA

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Limpieza / Control de Obstrucciones

DURACIÓN ESTIMADA: 30mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Evento	Diario (post-turno)	

SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y entrega de turno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Apagado seguro del equipo	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de cámara de desbaste	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aspirado o cepillado de residuos externos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de paso libre de material	Texto
PROTOCOLO	Registro de limpieza en bitácora	Texto

RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
Cepillo industrial o escobilla metálica { HERR-DESB-001 }	1	Inventario
Aspiradora industrial o sopladora { HERR-DESB-002 }	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario

TAREA: REVISIÓN ELÉCTRICA Y LUBRICACIÓN DE MOTOR

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Potencia / Motor

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?	
Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 60 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad eléctrica	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección de conexiones y terminales	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de aislamiento	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de amperaje y temperatura	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aplicación de lubricante en rodamientos	Texto
PROTOCOLO	Registro en bitácora digital de mantenimiento	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Cámara termográfica { CAM-ELC-001 }	1	Inventario
Multímetro digital { MUL-ELC-003 }	1	Inventario
Kit Llaves punta corona KPC-01 Bahco { KITPC }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario
Lubricante dieléctrico (spray) { LUB-DIE-001 }	1	Inventario

TAREA: REVISIÓN Y REEMPLAZO DE DISCO ABRASIVO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema Rotativo / Abrasivo

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 15 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión de uso	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del disco	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retiro del disco desgastado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Instalación del nuevo disco abrasivo	Texto
PROTOCOLO	Verificación de apriete y prueba	Texto
PROTOCOLO	Registro en bitácora digital	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves manuales { LLM-MEC-007 }	1	Inventario
Linterna recargable { LIN-MEC-004 }	1	Inventario
Llave de torque 1/4 LLT-01 Jonesway { LLTD }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario

Mantenimiento Descarga Bolas

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Descarga de Bolas

TAREA: ACUMULACIÓN DE BOLAS POR RETARDO

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Automatización – Secuencia de control

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Acumulación en descarga

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de tiempos de apertura en el PLC	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de parámetros de temporización	Texto
ACCIÓN LABORAL	Simulación de apertura y cierre	Texto
PROTOCOLO	Registro de cambios en sistema	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Laptop con software de programación PLC	1	Inventario
Manual del sistema de descarga	1	Inventario
Destornilladores dieléctricos	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Limpiador electrónico en spray	1	Inventario

TAREA: DESAJUSTE DEL SISTEMA NEUMÁTICO

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de descarga neumática

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Evento	Falla en operación	
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificar presión y fugas en sistema neumático	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de válvulas y filtros	Texto
ACCIÓN LABORAL	Prueba de descarga	Texto
PROTOCOLO	Cierre y registro	Texto
RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
Juego de llaves	1	Inventario
Destornilladores y alicates { DEST-MANT-001 }	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Manómetro portátil	1	Inventario

TAREA: FALLO EN EL PLC DE DESCARGA

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Automatización – Control descarga

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Evento	Fallo en apertura automática	
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Bloqueo y charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lectura de fallas en pantalla HMI o software	Texto

ACCIÓN LABORAL	Revisión de entradas y salidas digitales	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reseteo, reprogramación o sustitución del PLC	Texto
PROTOCOLO	Prueba funcional y registro	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Laptop con software de programación PLC	1	Inventario
Cable de comunicación PLC	1	Inventario
Destornilladores aislados	1	Inventario

TAREA: OBSTRUCCIÓN DE COMPUERTAS

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Compuertas de descarga

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Descarga Irregular

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retirar tapas de inspección	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza y extracción de material atascado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricar mecanismos de apertura	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Juego de dados	1	Inventario
Escobilla metálica	1	Inventario
Llaves Allen	1	Inventario
Lubricante industrial	1	Inventario

Mantenimiento Elevador Laminador

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Elevador Laminador

TAREA: DESALINEACIÓN DE RIELES

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 03mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Traslación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 03mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual de los rieles	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición con regla calibrada o láser	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de guías y topes	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Regla calibrada / Láser de alineación	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Nivel de burbuja	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: DESGASTE DE POLEAS O CADENAS

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 54mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Transmisión

DURACIÓN ESTIMADA: 54mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 7 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual de poleas y cadenas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de tensión y alineación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Engrase de tensores o rodajes	Texto
PROTOCOLO	Registro de actividad	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Engrasadora manual	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Flexómetro o calibrador	1	Inventario

TAREA: FALLA DE MOTOR DE ELEVACIÓN

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 12mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Potencia

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 12mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad eléctrica	Texto

ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del motor	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de torque y arranque	Texto
ACCIÓN LABORAL	Evaluación de temperatura y vibración	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Pinza amperimétrica	1	Inventario
Analizador de vibraciones portátil { ANV-MEC-002 }	1	Inventario
Termómetro infrarrojo	1	Inventario
Tablet o laptop para registro	1	Inventario

TAREA: FALLA DE SENSOR DE ALTURA

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 12mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Control

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 12mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual y limpieza del sensor	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de calibración	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo o recalibración del sensor	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Destornilladores de precisión	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

Mantenimiento Elevador QD

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Elevador QD

TAREA: BLOQUEO POR ACUMULACIÓN DE BOLA

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Transporte

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	POR CONDICION

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad, bloqueo del sistema y liberación de presión si aplica	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual de la zona obstruida	Texto
ACCIÓN LABORAL	Desbloqueo manual con barra o herramienta de empuje	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpeza de canal con escobilla metálica y aspiradora industrial	Texto
PROTOCOLO	Prueba de funcionamiento del elevador	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Linterna frontal	1	Inventario
Escobilla metálica	1	Inventario
Aspiradora industrial o sopladora { HERR-DESB-002 }	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario

TAREA: FALLA DEL VARIADOR DE VELOCIDAD

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Control

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	POR CONDICION

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y bloqueo de energia	Texto
ACCIÓN LABORAL	Diagnóstico con multimetro y revisión de variador	Texto
ACCIÓN LABORAL	Sustitución del variador de velocidad	Texto
PROTOCOLO	Registro de actividad y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multimetro	1	Inventario
Destornilladores de precisión	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos (TAB-ADM-005)	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: FALLA EN RODAMIENTO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Transmisión / Rodamientos

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y verificación de entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del alojamiento y rodamiento	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación manual del juego axial o radial	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricación del rodamiento con grasa específica	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo del rodamiento si es necesario	Texto
PROTOCOLO	Registro de tarea y actualización de historial	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Extractor de rodillos	1	Inventario
Engrasadora manual	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Micrómetro	1	Inventario

TAREA: FALLO DEL ENCODER DE POSICIÓN

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Control y Automatización

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 60 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad eléctrica y verificación de energía	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación visual de instalación del encoder	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de señal de salida con multimetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de conexiones eléctricas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo o calibración del encoder si está dañado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Registro en sistema de mantenimiento	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro	1	Inventario
Destornilladores aislados	1	Inventario
Kit de calibración de sensores	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Limpiador electrónico en spray	1	Inventario
Laptop o Tablet para validación de señal en PLC	1	Inventario

Mantenimiento Puente Vaciado

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Puente Vaciado

TAREA: DESALINEACIÓN DE RIELES O RUEDAS

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Traslación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de separación de rieles con regla calibrada	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual de ruedas y guiado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste o alineación de ruedas sobre guía	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricación de eje y rodamiento	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Engrasadora manual { }	1	Inventario
Regla calibrada o flexómetro { }	1	Inventario

TAREA: FALLA DEL FRENO DE SEGURIDAD

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de frenado de elevación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?	
Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 7 Día(s)

SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión de procedimiento	Texto
PROTOCOLO	Revisión de herramientas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de zapatas y muelles del freno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de sistema mecánico de freno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de sistema eléctrico de activación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Simulación de frenado en vacío	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados con carraca	1	Inventario
Multímetro	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Destornilladores de precisión	1	Inventario

TAREA: FALLA DEL SISTEMA DE IZAJE

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Muy Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Elevación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 30mins

¿HACER CUANDO?	
Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
PROTOCOLO	Preparación de herramientas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión visual de cables, gancho y poleas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de carga máxima con dinamómetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricación de poleas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de pernos y fijaciones	Texto
PROTOCOLO	Informe y cierre	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables	1	Inventario
Juego de dados 1/4 KJD-01 Force (KJD)	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Engrasadora manual { }	1	Inventario

TAREA: ROTURA DE CABLE DE ACERO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Muy Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Elevación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 90 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y procedimiento	Texto
PROTOCOLO	Revisión de historial de uso y carga	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual del cable por desgaste	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición del diámetro del cable	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación del tambor y enrollado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aplicación de lubricante	Texto
PROTOCOLO	Informe y registro en sistema	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Calibrador o pie de metro	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario
Lubricante de cables (spray o aceite)	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Escobilla metálica	1	Inventario

Mantenimiento Refrigeración

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Refrigeración

TAREA: INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBA DE RECIRCULACIÓN

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Muy Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 15mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Bombeo / Refrigeración

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 15mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 15 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y verificación de desconexión	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de conexiones eléctricas y bornes	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de consumo con amperímetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de funcionamiento con caudal	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de impulsor o filtro de succión	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricación de eje o revisión de sellos (si aplica)	Texto
PROTOCOLO	Registro y firma del mantenimiento	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Multímetro digital { MUL-ELC-003 }	1	Inventario
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario
Kit de limpieza { KIT-LIMP-001 }	1	Inventario
Destornilladores y alicates { DEST-MANT-001 }	1	Inventario

TAREA: LIMPIEZA Y PURGA DE TUBERÍAS DE AGUA

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema Hidráulico / Enfriamiento

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Programa semanal de limpieza de línea de agua

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y verificación de caudal	Texto
ACCIÓN LABORAL	Cierre de válvulas de entrada y salida	Texto
ACCIÓN LABORAL	Desarme de uniones y acceso a tramos críticos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza con cepillo metálico/flexible o presión	Texto
ACCIÓN LABORAL	Instalación de filtro de malla fina (si aplica)	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reensamblado y reapertura de línea	Texto
PROTOCOLO	Prueba de presión y registro	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Cepillo industrial o escobilla metálica { HERR-DESB-001 }	1	Inventario

TAREA: REVISIÓN Y SELLADO DE UNIONES Y VÁLVULAS

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 50mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema Hidráulico / Refrigeración

DURACIÓN ESTIMADA: 50mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y verificación del área de trabajo	Texto
ACCIÓN LABORAL	Identificación de uniones, codos y válvulas críticas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reapriete de conexiones con llave según torque indicado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aplicación de sellante o teflón donde se requiera	Texto
ACCIÓN LABORAL	Prueba de presión hidráulica	Texto
PROTOCOLO	Registro en sistema y liberación del equipo	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Linterna frontal { HERR-DESB-003 }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario
Sellante o cinta teflón { SELL-MEC-001 }	1	Inventario

TAREA: VERIFICACIÓN DE PRESIÓN Y PURGADO AUTOMÁTICO

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 10mins

CLASIFICACIÓN 2: Neumática / Refrigeración

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 10mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Diagnóstico de presión deficiente o aire atrapado

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y bloqueo de línea	Texto

ACCIÓN LABORAL	Identificación del tramo afectado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retiro de unión o válvula existente	Texto
ACCIÓN LABORAL	Instalación de purgador automático con conexión	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de presión y purga funcional	Texto
ACCIÓN LABORAL	Conexión eléctrica si corresponde	Texto
PROTOCOLO	Prueba en vacío / presión y registro en sistema	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves fijas y ajustables Bahco { LH-MEC-001 }	1	Inventario
Sellante o cinta teflón { SELL-MEC-001 }	1	Inventario
Multímetro digital { MUL-ELC-003 }	1	Inventario
Tablet o laptop para ingreso de datos { TAB-ADM-005 }	1	Inventario
Purgador automático nuevo { PUR-MNT-001 }	1	Inventario

Mantenimiento Rodillos Laminador

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Rodillos Laminador

TAREA: FALLA DEL SISTEMA HIDRÁULICO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Alta

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 45mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema Hidráulico

DURACIÓN ESTIMADA: 45mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 60 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de conexiones y mangueras	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición de presión con manómetro portátil	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de filtro y revisión de nivel de aceite	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Manómetro portátil	1	Inventario
Juego de llaves	1	Inventario
Embudo	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: FRICCIÓN POR FALTA DE LUBRICACIÓN

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Rodillos

DURACIÓN ESTIMADA: 30mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla y revisión de plan de engrase	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de puntos de engrase	Texto
ACCIÓN LABORAL	Aplicación de grasa	Texto
ACCIÓN LABORAL	Revisión de exceso y limpieza	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Engrasadora manual	1	Inventario
Llave de purgador	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: RODILLO DESALINEADO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Laminación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 90 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Calibración láser de rodillos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de desviación axial con calibrador	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de fijaciones y testeo	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea en Fractal	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Alineador óptico	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Torquimetro	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: RODILLO DESGASTADO

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Laminación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 90 Día(s)

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y validación de herramientas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual y palpado del rodillo	Texto
ACCIÓN LABORAL	Medición con micrómetro	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo del rodillo (si aplica)	Texto
PROTOCOLO	Registro de mantenimiento en Fractal	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Micrómetro	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Extractor de rodillos	1	Inventario
Llaves combinadas	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

Mantenimiento Rueda Moldeo

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA
MARÍA

Fecha: 2025-07-26

Catálogo de Plan de Tareas

Plan de Tareas Mantenimiento Rueda Moldeo

TAREA: DESAJUSTE EN SINCRONIZACIÓN DEL PLC

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Eléctrico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Automatización / Control

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Errores de tiempo o fallos de forma en la pieza

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Conexión de laptop a PLC	Texto
ACCIÓN LABORAL	Diagnóstico del error de sincronización	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reprogramación de tiempos o rutinas	Texto
ACCIÓN LABORAL	Prueba funcional del sistema	Texto
PROTOCOLO	Registro de intervención	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Laptop con software de programación	1	Inventario
Cable de comunicación (USB-RS232 o similar)	1	Inventario
Manual del PLC	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario

TAREA: DESGASTE DE RODILLOS

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 30mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Moldeo

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 30mins

¿HACER CUANDO?		
Activada Por	Descripción	
Fecha	Cada 30 Día(s)	
SUBTAREAS		
Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Inspección visual de rodillos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de holguras	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo o ajuste de rodillos	Texto
ACCIÓN LABORAL	Lubricación de ejes	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de actividad	Texto
RECURSOS A UTILIZAR		
Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Llaves Allen	1	Inventario
Lubricante industrial	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Gata hidráulica o soporte para levantar elementos	1	Inventario

TAREA: FALLO EN DISTRIBUCIÓN DE DOSIFICACIÓN

TIPO DE TAREA: PREVENTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 01H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Alimentación

DURACIÓN ESTIMADA: 01H 00mins

¿HACER CUANDO?	
Activada Por	Descripción
Fecha	Cada 30 Día(s)
SUBTAREAS	

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad y revisión del entorno	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de dosificación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de tolvas y sensores	Texto
ACCIÓN LABORAL	Ajuste de sistema de dosificación	Texto
ACCIÓN LABORAL	Prueba de funcionamiento con material	Texto
PROTOCOLO	Registro y cierre de tarea	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Destornilladores de precisión	1	Inventario
Cepillo industrial o escobilla metálica { HERR-DESB-001 }	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Aspiradora industrial o sopladora { HERR-DESB-002 }	1	Inventario

TAREA: ROTURA DE MOLDE O PLACA BASE

TIPO DE TAREA: CORRECTIVA

PRIORIDAD: Media

CLASIFICACIÓN 1: Mantenedor Mecánico

TIEMPO DE PARO POR MANTENIMIENTO: 02H 00mins

CLASIFICACIÓN 2: Sistema de Moldeo

DURACIÓN ESTIMADA: 02H 00mins

¿HACER CUANDO?

Activada Por	Descripción
Evento	Rotura visible

SUBTAREAS

Grupo/Parte	Procedimiento	Resultado
PROTOCOLO	Charla de seguridad	Texto
ACCIÓN LABORAL	Retiro del molde dañado	Texto
ACCIÓN LABORAL	Limpieza de área y fijaciones	Texto
ACCIÓN LABORAL	Reemplazo del molde o placa base	Texto
ACCIÓN LABORAL	Verificación de nivel y ajuste	Texto
PROTOCOLO	Registro de intervención y validación final	Texto

RECURSOS A UTILIZAR

Descripción	Cantidad	Tipo
Llaves combinadas	1	Inventario
Gata hidráulica o soporte para levantar elementos	1	Inventario
Juego de dados	1	Inventario
Calibrador o pie de metro	1	Inventario
Linterna frontal	1	Inventario
Escobilla metálica	1	Inventario