

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA ESTRATÉGICA PARA AUMENTAR DISPONIBILIDAD DE LOS  
EQUIPOS MÓVILES EN ISOLA MAQUINARIAS LTDA EN FAENA NUEVA  
ALDEA.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:

Martín Alonso Carrasco Mora.

Profesor Guía:

Marcelo Enrique Quiroz Neira.

**2026**



## 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: PROPUESTA ESTRATÉGICA PARA AUMENTAR DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MÓVILES EN ISOLA MAQUINARIAS LTDA EN FAENA NUEVA ALDEA.

Nombre del candidato(a): MARTÍN ALONSO CARRASO MORA

Carrera / Grado: INGENIERIA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Campus: SEDE CONCEPCIÓN Departamento: MECÁNICA

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, MARCELO ENRIQUE QUIROZ NEIRA, 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 (marcar una opción)

\* 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 (marcar una opción):

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:

9/3/26

Firma:

Marcelo Quiroz

Estudiante o Candidato(a):

Fecha:

9/3/26

Firma:

Martín Carraso Mora

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 PRISMA de Biblioteca USM.



***Dedicatoria:** A mis padres, por su incondicional apoyo, amor, esfuerzo y compañía a lo largo de este camino. A mi Tata. Y Lala que desde el cielo sé que han acompañado y están orgullosos de cada uno de mis logros. A mi Toyita por recibirme cada fin de semana al comenzar este proceso de formación profesional.*

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios por entregarme la fuerza necesaria para mantenerme enfocado en mis objetivos y la fé para seguir adelante cuando creí que no podría.

A mis padres por impulsarme y permitirme estudiar, por formar a la persona que soy hoy y por todo el esfuerzo puesto detrás de estos procesos, la compañía, el apoyo y por creer en mí.

A mi polola Paola, quien me ha acompañado y me ha brindado todo su apoyo en este proceso, escuchándome y motivándome a seguir adelante.

A mi amigo Leonardo quien ha sido una gran compañía durante este proceso, al punto de ser amigos, compañeros y colegas; a mi amigo Rodrigo con quien compartí conversaciones y viajes durante este proceso, por escuchar y aconsejarme desde sus vivencias.

Por último, agradecer a Gianfranco Isola por permitir el desarrollo de mi proyecto de título con la información de su empresa, además del apoyo y la cercanía.

A todos ustedes y a las personas que fueron parte de mi vida, crecimiento y formación profesional, muchas gracias.



## RESUMEN

Isola Maquinarias Ltda., es una empresa prestadora de servicios de maquinaria pesada, que desarrolla sus labores en el rubro forestal, siderúrgico e industrial. Dentro del rubro forestal, se encuentra la faena Nueva Aldea ARAUCO, donde se presta el servicio de maquinaria con cargadores frontales y grúas horquillas, junto con un equipo humano de mantenimiento, permitiendo la operación del área de aserradero de la planta.

El equipo de mantenimiento conformado por 11 personas está dedicado a la reparación y mantención de los equipos presentes en la faena, asegurando su operatividad; dentro de los procesos de reparación de equipo se han presentado altos tiempos de diagnóstico, asociados a la falta de conocimientos técnicos específicos de los equipos, dificultando el reemplazo de los equipos para generar la rotación necesaria para realizar el mantenimiento preventivo, generando un alto costo asociado a pagos de terceros por servicios mecánicos. Identificado el problema, se plantea como objetivo proponer una estrategia que permita aumentar la disponibilidad de los equipos móviles en faena Nueva Aldea.

Se procedió al análisis de las fallas más recurrentes de los equipos móviles y aquellas que generaron más detenciones, detectando que los sistemas que más paros generaban eran: el sistema de inyección, sistema hidráulico y transmisión. Junto con esto se calculó la disponibilidad para los casos más representativos de fallas en la faena, concluyendo que los equipos con más costos asociados a reparaciones y tiempos fuera de servicio son los cargadores frontales, desestimando las grúas horquillas, ya que el equipo con menor disponibilidad presentaba cerca del 93%.

Además, se aplica una encuesta dirigida a los trabajadores del área de mantención con la finalidad de entender el nivel de conocimiento técnico relacionado con los equipos en los que desempeñan sus labores, obteniendo como resultado que un bajo porcentaje de los encuestados (27.3%) ha sido capacitado en áreas relacionadas a los sistemas de los equipos móviles en cuestión.

A partir de la información obtenida se determina la utilización de métodos como: el análisis causa- raíz y el de los 5 por qué; para dilucidar las causas asociadas a la baja disponibilidad y determinar la mejor estrategia aplicable al caso planteado. Se concluyó que las bajas competencias técnicas de los trabajadores y la ausencia de una metodología de diagnóstico estandarizada serían las causas principales del problema planteado. Con base en los resultados anteriores se propone una estrategia, dentro de la cual se considera como primer escalón la capacitación del personal tanto en conocimiento técnico específico como también en metodologías de diagnóstico (ACR), esperando como resultado una disminución de los tiempos de diagnóstico y reparación de los equipos, así como una baja de los costos asociados a servicios tercerizados.

Por último, se realiza el análisis económico para determinar el beneficio para la organización, considerando la proyección de gastos para el año 2026 y el ahorro asociado al mismo período; que se espera que sea de un 60%, obteniendo como resultado un ROI del 0.058% y un Payback asociado de 0.94 años o 11 meses, si bien el ROI obtenido es bajo, el ahorro generado en años posteriores mejoraría el indicador.

La posible implementación con buenos resultados traerá consigo, una mejora en la imagen de Isola dentro del mercado laboral y la posicionará como una entidad pionera con un enfoque en el desarrollo profesional de sus trabajadores, diferenciándola de otras empresas del rubro, y con ello la posibilidad de acceder a nuevas oportunidades de negocio.

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1	Objetivo general:.....	3
2.2	Objetivos específicos: .....	3
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
3.1	ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....	5
3.1.1	Isola Maquinarias Ltda. ....	5
3.1.2	Estructura organizacional .....	5
3.1.3	Estructura organizacional faena Nueva Aldea.....	5
3.1.4	Proceso productivo maderas ARAUCO.....	6
3.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
3.3	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	8
3.4	BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	8
3.5	ALCANCE .....	9
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
4.1	DESCRIPCION DE EQUIPOS.....	12
4.2	MANTENIMIENTO.....	18
4.3	HISTORIA Y TIPOS DEL MANTENIMIENTO .....	18
4.3.1	Mantenimiento Correctivo.....	18
4.3.2	Mantenimiento Preventivo .....	18
4.3.3	Mantenimiento Predictivo .....	19
4.3.4	Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	19
4.4	MTBF .....	20
4.5	MTTR.....	20
4.6	DISPONIBILIDAD .....	20
4.7	ANALISIS AMEF .....	20
4.8	PARETO.....	21
4.9	ISHIKAWA/CAUSA-RAIZ.....	21
4.10	METODOLOGÍA 5 POR QUÉ.....	21
4.11	BRAINSTORMING .....	21
4.12	MAPA ESTRATÉGICO .....	22

<b>5</b>	<b>CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE SITUACIÓN EN FAENA .....</b>	<b>23</b>
5.1	ANALISIS MODO Y EFECTO DE FALLA(AMEF).....	24
5.2	ANALISIS DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.....	29
5.3	ENCUESTA A PERSONAL DE MANTENCIÓN .....	32
5.4	ANALISIS CAUSA-RAIZ.....	37
5.5	IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS-RAÍCES.....	38
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO Y SOLUCIÓN .....</b>	<b>40</b>
6.1	PROPUESTA SOLUCIÓN. ....	41
6.2	DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN .....	41
<b>7</b>	<b>CAPÍTULO V: ANALISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>48</b>
7.1	ANALISIS DE COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS TERCERIZADOS	49
7.2	COSTOS ASOCIADOS A CAPACITACIÓN EN METODOLOGIAS DEL DIAGNOSTICO (ACR). ....	51
7.3	COSTOS ASOCIADOS A CAPACITACIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO ENFOCADA EN CARGADORES FRONTALES .....	52
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>56</b>

### INDICE DE FIGURAS

<i>Ilustración 3-1:Layout taller LOG .....</i>	<i>6</i>
<i>Ilustración 3-2:Layout taller AASA. ....</i>	<i>6</i>
<i>Ilustración 4-1: Ejemplo grafico de Pareto (Significados, 2023).....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 4-2: Ejemplo diagrama causa-raíz, Ishikawa (Tools, 2025). ....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 5-1:Gráfico de Pareto fallas sistema de inyección CF. ....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 5-2:Gráfico Pareto fallas sistema hidráulico CF.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 5-3:Gráfico Pareto fallas sistema de transmisión CF.....</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 5-4:Gráfico Pareto fallas en sistema Hidráulico GH.....</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 5-5:Distribución de personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 5-6:Resultado pregunta N°1 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea .....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 5-7:Resultados respuesta N°2 del personal que ha recibido capacitación dentro de la organización.....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 5-8:Resultado pregunta N°3 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea .....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 5-9:Resultado pregunta N°4 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea .....</i>	<i>34</i>

<i>Ilustración 5-10: Encabezado pregunta N°5.....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 5-11: Resultado pregunta N°6 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 5-12: Resultado pregunta N°7 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 5-13: Resultado pregunta N°8 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 5-14: Resultado pregunta N°9 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 5-15: Resultado pregunta N°10 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea.....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 5-16:Análisis causa-raíz por baja disponibilidad de equipos rodantes. .....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 5-17: Esquema de disponibilidad. (Pistarelli, 2010).....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 6-1: Mapa estratégico.....</i>	<i>42</i>

### **INDICE DE TABLAS.**

<i>Tabla 4-1: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L90F.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 4-2: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L120F.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 4-3: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L120H.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 4-4: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L150H.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4-5: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L180G.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 4-6: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L180H.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4-7: Ficha técnica cargador frontal CATERPILLAR 950M.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 4-8: Ficha técnica grúa horquilla LINDE H70D.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4-9:Ficha técnica grúa horquilla LINDE H30D.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4-10: Ficha técnica grúa horquilla HYSTER H155FT.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 5-1: Fallas críticas y tiempos de reparación de equipos rodantes CF. ....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5-2: Análisis AMEF en equipos rodantes CF.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5-3:Frecuencia de falla en sistema de inyección CF. ....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5-4: Frecuencia de falla en sistema hidráulico CF.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5-5: Frecuencia de falla en sistema de transmisión CF.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5-6: Frecuencia acumulada de fallas de inyección CF. ....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5-7: Frecuencia acumulada de fallas de sistema hidráulico CF. ....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 5-8: Frecuencia acumulada de fallas de transmisión CF. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 5-9: Análisis AMEF en equipos rodantes GH. ....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5-10: Frecuencia de fallas en sistema general GH.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5-11: Frecuencia acumulada de fallas en sistema general GH.....</i>	<i>29</i>

<i>Tabla 5-12: Aplicación de metodología 5 por qué frente a resultados en análisis causa-raíz</i> .....	38
<i>Tabla 6-1: Balanced scorecard</i> .....	45
<i>Tabla 7-1: Tabla de costos de diagnóstico y reparación</i> .....	49
<i>Tabla 7-2: Proyección de costos de mantenimiento</i> .....	50
<i>Tabla 7-3: Cotización curso análisis causa-raíz</i> .....	51

## **SIGLA Y SIMBOLOGÍA**

- EQM: Equipo móvil.
- MMPP: Materias Primas.
- ISO: Organización Internacional de Normalización
- SAE: Sociedad de Ingenieros de Automoción.
- RPM: Revoluciones por minuto.
- HP: Caballos de fuerza.
- Nm: Newton metro.
- CC: Centímetros cúbicos.
- Kg: Kilogramo.
- L: Litro.
- LPG: Gas Licuado de Petróleo
- CF: Cargador frontal.
- GH: Grúa horquilla.
- UNE: Asociación Española de Normalización.
- Cco: Centro de costo.
- ACR: Análisis causa raíz.
- F/S: Fuera de servicio.

## 1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el hombre se ha visto enfrentado a la necesidad de crear procesos que prolonguen la vida útil de las herramientas que le han permitido subsistir y realizar tareas de forma más asequible. Todas las acciones que se realizan con el fin de preservar o restaurar el estado de un activo, y que cumpla con la función para la que fue creada, es considerado mantenimiento.

Con el paso de los años, los procesos de mantenimiento han sufrido cambios relevantes respecto al cuándo y al cómo se realizan, es por esto, que existen distintas etapas o tipos, tales como: mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo, entre otros. Estos cambios se relacionan con las necesidades surgidas en la industria, en distintos momentos de su desarrollo.

Las industrias buscan optimizar sus procesos productivos y el mantenimiento no escapa a ello, es por esto, que han ido desarrollando indicadores que les permiten medir y realizar evaluaciones de eficiencia de distintos aspectos en sus operaciones. Es así como en el área de mantenimiento destacan los siguientes indicadores: Tiempo promedio antes de la falla (MTBF), Tiempo promedio para reparación (MTTR), disponibilidad, confiabilidad, entre otros.

Los nuevos desafíos que ha enfrentado el desarrollo industrial han implicado una mejora constante, orientada a la implementación de nuevas estrategias para mantener y elevar los estándares productivos integrando nuevos conceptos como la confiabilidad humana.

Isola Maquinarias es una empresa con 50 años de trayectoria, dedicada a operaciones logísticas para el sector industrial, otorgando servicios que abarcan diversos sectores, incluyendo el forestal, industrial, siderúrgico y maderero en todo el país. Sus servicios se basan en logística operacional, arriendo de maquinaria y mantención.

Como se mencionó en el párrafo anterior uno de los servicios de Isola Maquinarias Ltda., es el de mantenimiento; en esta área se ha observado en el período comprendido de enero a la fecha, dificultades en el desarrollo de sus funciones debido a múltiples fallas de los equipos móviles pertenecientes a la organización, esto ha generado retrasos en las tareas preventivas y correctivas planificadas. Estas fallas han sido un desafío para el equipo, puesto que, en la mayoría de las ocasiones, no se cuenta con el conocimiento específico suficiente para comprender el funcionamiento de los equipos y así desarrollar un correcto análisis causa- raíz del problema, para una solución asertiva.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, esta investigación está dirigida a identificar las causas de las dificultades observadas, para proponer y desarrollarán estrategias

enfocadas en aumentar la disponibilidad de los equipos móviles y con ello disminuir los tiempos de diagnóstico y reparación, mejorando la eficiencia de los procesos.

## 2 **OBJETIVOS**

### 2.1 **Objetivo general:**

- Proponer una estrategia que permita aumentar la disponibilidad de los equipos móviles de Isola Maquinarias Ltda. en línea de producción aserradero en faena Nueva Aldea.

### 2.2 **Objetivos específicos:**

- Evaluar la percepción de los trabajadores con respecto a las necesidades del área de mantención y datos estadísticos de fallas en equipos móviles levantados en Isola Maquinarias Ltda., Faena Nueva Aldea.
- Determinar mediante herramientas de gestión de la producción métodos aplicables para optimizar los tiempos de diagnóstico y reparación de equipos móviles.
- Crear estrategia para la aplicación de los métodos determinados en el área de mantenimiento de faena Nueva Aldea.
- Realizar análisis económico de la implementación de métodos de diagnóstico y reparación determinados para el área de mantenimiento de la organización.

**3 CAPÍTULO I:**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **3.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

#### **3.1.1 Isola Maquinarias Ltda.**

Isola Maquinarias Ltda. empresa prestadora de servicios de maquinaria pesada, con 50 años de experiencia en el rubro maderero, siderúrgico e industrial, asentada en la octava región con su casa matriz ubicada en Jaime Repullo N°1574, Talcahuano, cuenta con faenas ubicadas en Cabrero, Nueva Aldea, Panguipulli, San Pedro y Hualpén, presentando servicios a empresas como ARAUCO, CMPC, MASISA y siderúrgica HUACHIPATO.

#### **3.1.2 Estructura organizacional**

La empresa cuenta con un Gerente General a cargo de la operación y logística de la organización, cuenta con un equipo de personas compuestas por cinco jefes de operaciones, uno por cada una de las faenas en las que Isola Maquinarias está presente, a cargo de supervisores de turno quienes coordinan junto con el mandante las actividades realizadas por los operadores dentro de la faena, un jefe de mantenimiento quien controla toda el área de mantenimiento, tanto del taller central como las faenas. Una jefa de seguridad y medio ambiente a cargo del personal del área de prevención de riesgo, un jefe de abastecimiento encargado de la adquisición de repuestos y logística de transporte, un gerente de proyectos encargado del análisis y negociaciones de nuevos proyectos para la organización. Un jefe de personas encargado del área dedicada a la contratación y la gestión de personas y un subgerente de desarrollo y gestión comercial, encargado de la mejora continua de la organización y optimización de procesos.

Por otra parte, cuenta con una directora de finanzas a cargo de una encargada de tesorería, una jefa de contabilidad, estos cargos enfocados en el control de los gastos y consumos de la organización y un encargado de T.I.

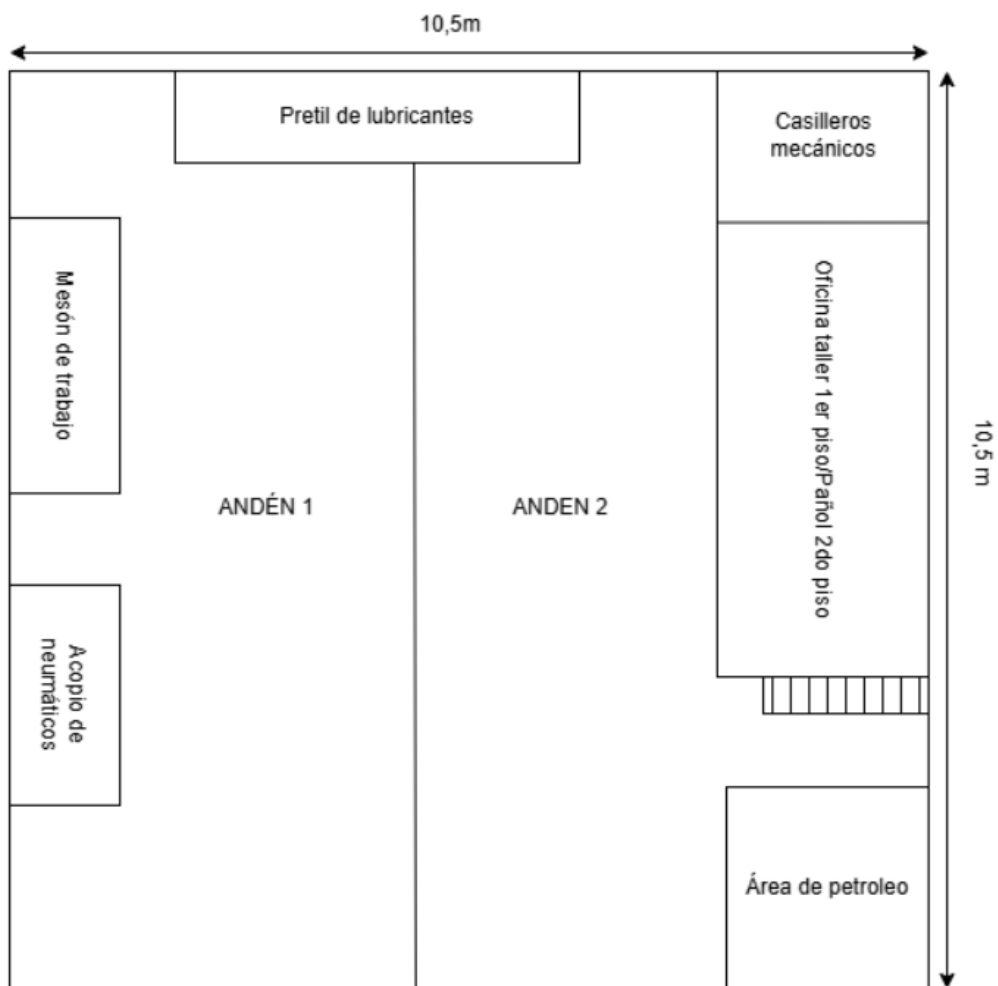
#### **3.1.3 Estructura organizacional faena Nueva Aldea**

En faena Nueva Aldea la estructura está dividida en el área operacional y el área de mantenimiento. Las operaciones están a cargo de un jefe de operaciones quien toma las decisiones estratégicas en base a las necesidades del mandante ARAUCO, bajo su mando

se encuentran cinco supervisores de los cuales uno cumple funciones como supervisor líder y cuatro desempeñan sus labores en sistemas de }



*Ilustración 3-1: Layout taller LOG*



*Ilustración 3-2: Layout taller AASA.*

### 3.1.4 Proceso productivo maderas ARAUCO.

El proceso de Aserradero Arauco comienza en el área de materias primas, en la cual se utilizan dos cargadores frontales Volvo L180, estos cargadores cumplen la función de descargar camiones con madera de diversas dimensiones para alimentar las mesas que distribuyen a las distintas líneas que componen el proceso, en línea 3 trabaja un cargador Caterpillar 950H con balde doble volteo para despacho de corteza y dos cargadores Volvo L120.

En este sector es seleccionada la madera que pasa al área de paneles en la cual trabajan dos cargadores L120 alimentando los túneles donde la madera recibe un tratamiento especial para luego ser despachados

En línea 2 y 1 se selecciona la madera que será procesada en el aserradero, en esta sección de la producción trabajan 2 cargadores de las mismas características que las otras líneas, una vez seleccionada la madera, esta se traslada a la mesa de alimentación del aserradero, donde es utilizado un cargador Volvo L150, esta sección es crítica ya que es necesario mantener un volumen de madera constante, por lo que se requiere un cargador de mayor capacidad. En cada una de las áreas se cuenta con un cargador frontal stand-by.

En la mayoría de las áreas se utilizan garras buzoneras, la diferencia entre ellas está en la compatibilidad con los equipos, considerando que existe una diferencia de tamaño entre los cargadores Caterpillar 950 H-M y Volvo L120 F-H con los cargadores Volvo L150H y L180G-H, y también una diferencia de medida que influye en la capacidad de traslado volumétrico de madera.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En los primeros años de la faena los diagnósticos que requerían un mayor conocimiento técnico de los equipos fueron tercerizados, esta forma de trabajo funcionaba considerando que los equipos móviles eran nuevos y que los tiempos de respuesta del servicio técnico era rápida.

En la actualidad se cuenta con equipos que se encuentran en una etapa avanzada de uso, por lo que, las fallas son más recurrentes. Además, los tiempos de respuesta de los servicios técnicos se han extendido, pasando de una respuesta oportuna y razonable (1 a 2 días) a tiempos prolongados de espera (2 a 4 semanas), esto ha impactado directamente en la disponibilidad de los equipos y ha dificultado la respuesta operacional ante la necesidad de reemplazo de estos para mantenimiento, como también, para la sustitución de equipos con fallas, afectando directamente el proceso productivo del mandante.

Con el fin de mitigar las problemáticas presentadas se buscarán estrategias aplicables al área de mantenimiento. Uno de los métodos utilizados para orientar la elaboración de estrategias adecuadas es una encuesta aplicada al equipo de trabajo de faena con la finalidad de realizar un catastro de la situación actual en cuanto al conocimiento y nivel

de capacitación técnica de los mecánicos, esta información tabulada se considera para un mejor entendimiento de las necesidades técnicas de la faena, también se considera la información registrada en aplicación de control de gestión del mantenimiento FRACTTAL como base para la obtención de datos de las fallas más recurrentes de los equipos, junto con esto se analiza tabulación de los tiempos de espera de servicio técnico.

La información analizada permite crear y plantear estrategias enfocadas a disminuir los tiempos de diagnóstico, entre las cuales se incluye: plan de capacitación técnica, implementación de herramientas de diagnóstico, implementación de proceso de mejora continua.

### **3.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Se decide elaborar estrategias orientadas a la disminución del tiempo de diagnósticos de fallas, teniendo en cuenta la necesidad de actualizar los procesos y metodologías empleadas, favoreciendo la actualización profesional y reduciendo errores asociados a la falta de conocimiento técnico.

Lo anterior es una contribución al crecimiento de la organización y a la mejora de los estándares de calidad de los procesos, considerando que el mantenimiento es un pilar fundamental dentro de los servicios de arriendo de maquinaria.

### **3.4 BENEFICIOS DEL PROYECTO**

Al ser implementadas las estrategias mencionadas anteriormente se verán beneficiados los procesos, mejorando los estándares dentro de la organización, disminuyendo los tiempos fuera de servicio de los equipos y la consecuente disminución de los costos asociados a la reparación.

#### **Beneficios organizacionales.**

- Incremento del sentido de pertenencia de los colaboradores con la empresa, mejorando la productividad del área y del equipo técnico.
- Beneficia el proceso de mejoramiento continuo de la organización, manteniendo actualizados los procesos del área de mantenimiento.
  - Realza el compromiso de la organización con el desarrollo profesional de los integrantes del área, lo que trae consigo una mejor imagen y posicionamiento de la organización dentro del mercado, tributando positivamente a la posibilidad de nuevas oportunidades de proyectos.

#### **Beneficios económicos.**

- Disminución del tiempo de diagnóstico y reparación de los equipos, lo que minimiza las pérdidas económicas asociadas al incumplimiento por falta de un equipo en el área de producción.
- Reducción de costos asociados al pago de servicios tercerizados y transporte de equipos a reparación, así como también por gastos asociados a la rectificación de trabajos anteriores de diagnóstico.
- Las estrategias implementadas minimizan errores en los trabajos, desperdicios de recursos, y reducen los costos asociados a accidentes laborales.

### **3.5 ALCANCE**

El alcance del proyecto comprende las actividades exclusivamente en la faena Nueva Aldea, incluyendo la revisión de procesos existentes, la elaboración de estrategias de mejora y la estimación de beneficios económicos derivados de su implementación. Queda excluido del alcance la intervención en otros centros de operación de la organización, así como la realización de mantenimientos de tipo correctivo o preventivo sin relación directa con los problemas de disponibilidad de los equipos móviles en dicha faena.



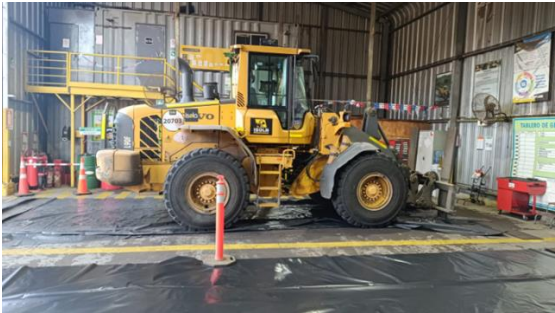
**4 CAPÍTULO II:**  
**MARCO TEÓRICO**

#### 4.1 **DESCRIPCION DE EQUIPOS.**


En la operación de la faena se utilizan distintos equipos, al dividirlos por áreas tenemos que en MMPP trabajan dos VOLVO L180 de la serie G y H, línea 3 en la cual trabajan dos equipos, un CATERPILLAR 950M y un VOLVO L120H. En línea dos y línea uno trabaja con equipos VOLVO L120H, en el área de paneles trabajan dos equipos VOLVO L120F. En despacho trabaja un equipo VOLVO L90F y en el área de secado un cargador VOLVO L120H.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos mencionados:


***Tabla 4-1: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L90F.***

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D6E LA E3	
Potencia máxima a	1700 RPM	
SAE J1995 bruta	175 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	174 HP	
Par máximo a	1600 RPM	
SAE J1995 bruta	770 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	736 Nm	
Régimen de trabajo económico	1100-1600 RPM	
Cilindrada	5700 CC	


**Tabla 4-2: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L120F**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D7E LA E3	
Potencia máxima a	1700 RPM	
SAE J1995 bruta	245 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	243 HP	
Par máximo a	1500 RPM	
SAE J1995 bruta	1065 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	1059 Nm	
Régimen de trabajo económico	800-1600 RPM	
Cilindrada	7100 CC	


**Tabla 4-3: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L120H.**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D8J	
Potencia máxima a	1700 - 2240 RPM	
ISO 14396 bruta	255 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	255 HP	
Par máximo a	1600 RPM	
SAE J1995 bruta	1125 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	1125 Nm	
Régimen de trabajo económico	800-1600 RPM	
Cilindrada	7800 CC	

**Tabla 4-4: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L150H**


Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D13E	
Potencia máxima a	1300 RPM	
ISO J1995 bruta	299 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	299 HP	
Par máximo a	1000 RPM	
SAE J1995 bruta	1960 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	1957 Nm	
Régimen de trabajo económico	800-1600 RPM	
Cilindrada	12800 CC	

**Tabla 4-5: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L180G**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D13H-F	
Potencia máxima a	1300 - 1400 RPM	
ISO J1995 bruta	334 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	333 HP	
Par máximo a	1000 RPM	
SAE J1995 bruta	2030 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	2024 Nm	
Régimen de trabajo económico	800-1600 RPM	

Cilindrada	12800 CC	
------------	----------	--

**Tabla 4-6: Ficha técnica cargador frontal VOLVO L180H**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Volvo D13E	
Potencia máxima a	1300 - 1400 RPM	
ISO J1995 bruta	334 HP	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	332 HP	
Par máximo a	1000 RPM	
SAE J1995 bruta	2030 Nm	
ISO 9249, SAE J1349 NETA	2024 Nm	
Régimen de trabajo económico	800-1600 RPM	
Cilindrada	12800CC	

**Tabla 4-7: Ficha técnica cargador frontal CATERPILLAR 950M**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Cat C7.1	
Potencia máxima a	2000 RPM	
ISO 14396 bruta	265 HP	
SAE J1995	263 HP	
Par máximo a	1400 RPM	
SAE J1995 bruta	1053 Nm	

SAE J1349 NETA	984 Nm	
Cilindrada	7010 CC	


Por otra parte, dentro del proceso de aserradero, debido al espacio en el que se realizan las tareas, se realizan los trabajos con grúas horquillas. Los equipos utilizados son LINDE H70D, LINDE H30D y HYSTER H155FT, a continuación, se detalla información técnica relevante con respecto a estos equipos:

**Tabla 4-8: Ficha técnica grúa horquilla LINDE H70D**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Serie	396-03	
Sistema de tracción	Diesel	
Conducción	Conductor sentado	
Capacidad de carga/ carga nominal	7000 Kg	
Peso propio	11381 Kg	
Peso sobre ejes con carga, delante/ atrás	15995/2386 Kg	
Peso sobre ejes sin carga, delante/ atrás	5050/6331 Kg	

**Tabla 4-9: Ficha técnica grúa horquilla LINDE H30D**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Serie	393-02	
Sistema de tracción	Diesel	
Conducción	Conductor sentado	

Capacidad de carga/ carga nominal	3000 Kg	
Peso propio	4220 Kg	
Peso sobre ejes con carga, delante/ atrás	6419/801 Kg	
Peso sobre ejes sin carga, delante/ atrás	1950/2270 Kg	

**Tabla 4-10: Ficha técnica grúa horquilla HYSTER H155FT**

Especificación técnica		Imagen del equipo de la flota
Motor	Kubota 3.8L	
Sistema de tracción	LPG	
Conducción	Conductor sentado	
Capacidad de carga/ carga nominal	7000 Kg	
Peso propio	9531 Kg	
Peso sobre ejes con carga, delante/ atrás	15065/1512 Kg	
Peso sobre ejes sin carga, delante/ atrás	14204/5327 Kg	

## **4.2 MANTENIMIENTO**

La definición de mantenimiento según la real academia española corresponde al “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”.

## **4.3 HISTORIA Y TIPOS DEL MANTENIMIENTO**

### **4.3.1 Mantenimiento Correctivo**

Con la llegada de la revolución industrial entre el siglo XVIII y XIX, nace la necesidad de preservar los equipos que formaban parte de esta industria que crecía con fuerza para esas fechas.

El mantenimiento en la primera etapa se veía limitado a la reparación de equipos frente a una falla inesperada, esto originaba la disminución de la producción o bien la detención total de las líneas productivas, es por esto por lo que es llamado mantenimiento correctivo o reactivo.

En ese entonces la totalidad de las reparaciones no requerían de herramientas e instrumentos especializados, debido a la rusticidad de las máquinas. La complejidad para diagnosticar la falla era baja ya que los equipos eran robustos con componentes de tamaños considerable y de baja complejidad de funcionamiento.

En conclusión, esta etapa del mantenimiento fue la más básica, ya que no requería planificación debido a su reactividad frente a las fallas, tampoco se necesitaba de herramientas específicas para desarrollar las reparaciones por la simplicidad de los equipos a intervenir. Consistía en reparar y reemplazar componentes frente a una falla inevitable. (Melanie, 2020)

### **4.3.2 Mantenimiento Preventivo**

Para mediados del siglo XX las máquinas utilizadas en los procesos industriales eran parte de una cadena productiva compleja.

La producción a gran escala y el formato de línea de producción intensificó el trabajo de las máquinas y el rendimiento de las cadenas productivas dependía cada vez más de su buen funcionamiento.

La falla de un equipo en la línea productiva generaba un retraso en la producción que podía generar pérdidas considerables a la empresa.

La idea principal del mantenimiento preventivo era preservar la vida útil de los equipos, para evitar reparaciones correctivas que significaran un perjuicio para la producción. De igual manera se buscaba reducir los costos asociados a fallas inesperadas y sus consecuencias. (Melanie, 2020)

#### **4.3.3 Mantenimiento Predictivo**

En base a la necesidad de reducir los costos invertidos en el método de mantenimiento utilizado, nace el mantenimiento predictivo, el cual se basa en monitorear de forma continua los equipos para detectar cualquier anomalía que se presente durante el funcionamiento.

Es en base a los datos obtenidos de los equipos que se comienzan a tomar las decisiones sobre qué acciones son convenientes realizar y planificar para el adecuado mantenimiento de cada equipo.

Finalmente, los datos obtenidos por el control de los equipos eran almacenados para generar registros del comportamiento de los equipos y analizar tendencias que advirtieran de las posibles fallas que pudiesen ocurrir. (Melanie, 2020)

#### **4.3.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un concepto de gestión integral que se implementó por primera vez en la empresa Nippondenso en 1960. Esta metodología fue adoptada en otras partes del mundo entre 1970–1980.

La filosofía TPM integra el concepto del operador mantenedor, con el objetivo de disminuir aún más los costos de mantenimiento, teniendo operadores capacitados para realizar tareas de mantenimiento básicas, con el beneficio que el operador es quien entiende mejor la máquina debido a la constante interacción que tiene con ella.

La automatización fue un pilar importante en esta etapa del mantenimiento ya que permite que los operadores puedan controlar los equipos mediante indicadores.

“TPM no es solo una práctica para integrar al operario en tareas de mantenimiento, se trata de una verdadera filosofía de trabajo y en la idea de que ningún plan de mantenimiento puede ser efectivo si otros procesos generan pérdidas y fallas”. (Melanie, 2020)

El mantenimiento TPM se considera una metodología integral dentro del mantenimiento ya que toma cada una de las etapas de este para generar el mejor método. (Melanie, 2020)

#### 4.4 MTBF

Corresponde al promedio del tiempo que transcurre entre dos fallas en un mismo activo. Cuanto más alto sea el valor de este indicador, más confiable es el equipo en cuestión, por ende, su tiempo de inactividad es menor. (Infraspeak, 2023)

Este indicador se calcula de la siguiente forma:

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

#### 4.5 MTTR

Este indicador mide el tiempo promedio de las labores de mantenimiento y reparación de un equipo, hasta que este vuelve a estar disponible. (Order, 2024)

La forma de obtener este indicador es:

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

#### 4.6 DISPONIBILIDAD

Indica la probabilidad de que un sistema, equipo o componente realice la tarea para la que fue diseñado o instalado, cuando sea requerido. Se expresa en porcentaje y tiene en cuenta tanto la confiabilidad como la mantenibilidad del sistema, como se ve expresado a continuación: (Rosales, 2023)

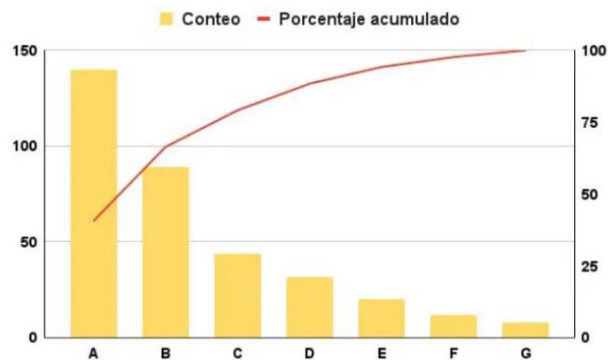
$$\textit{Disponibilidad} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100$$

#### 4.7 ANALISIS AMEF

Se utiliza para comprobar y optimizar la fiabilidad de máquinas y equipos. El objetivo es identificar lo antes posible los puntos críticos y analizar las posibles consecuencias en el proceso de producción y en el entorno de trabajo. (Gonzalez, 2024)

#### 4.8 PARETO

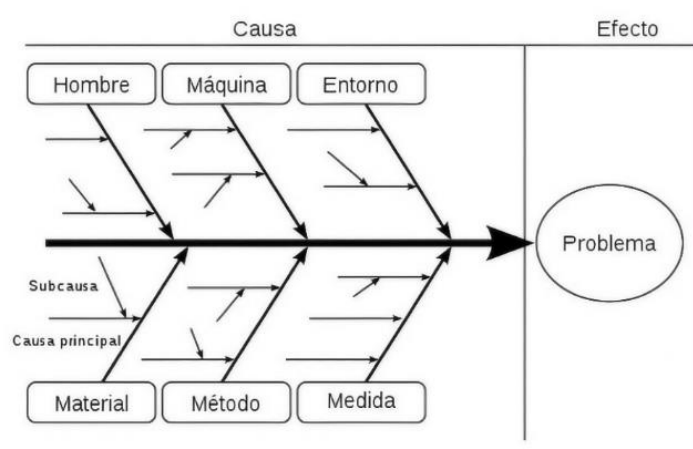
El diagrama de Pareto está compuesto por columnas las cuales indican la frecuencia o el valor de puntos referentes a un mismo tema. Este sistema a través de la conocida regla 80/20 permite determinar el pequeño porcentaje de causas tiene un gran porcentaje de los problemas. (Laoyan, 2025)



*Ilustración 4-1: Ejemplo grafico de Pareto (Significados, 2023).*

#### 4.9 ISHIKAWA/CAUSA-RAIZ

Un diagrama de Ishikawa, también conocido como diagrama de espina de pescado es una herramienta eficaz para la resolución de problemas. El método consiste en realizar una lluvia de ideas e identificar la causa raíz de un problema para encontrar una solución a largo plazo. (miro, s.f.)



*Ilustración 4-2: Ejemplo diagrama causa-raíz, Ishikawa (Tools, 2025).*

#### 4.10 METODOLOGÍA 5 POR QUÉ

La metodología de los 5 por qué es utilizada como complemento para lograr identificar la o las causas raíz asociadas al problema planteado, consiste normalmente como su nombre lo dice en 5 cuestionamiento utilizando las preguntas por qué, ahora bien, este proceso se puede llevar hasta dilucidar el problema raíz. (Comite, 2015)

#### 4.11 BRAINSTORMING

El brainstorming es una técnica con el fin de aportar nuevas ideas para resolver problemas. Este método permite involucrar a todo el equipo en el proceso de generar soluciones.

#### **4.12 MAPA ESTRATÉGICO**

Herramienta visual en la cual se describen los objetivos, las estrategias y las iniciativas de una organización para describir el proceso de cómo se lograrán alcanzar estos objetivos y cuáles serán los resultados dentro de la organización. (TEAM, 2025)

**5 CAPÍTULO III:**  
**ANÁLISIS DE SITUACIÓN EN FAENA**

## 5.1 ANALISIS MODO Y EFECTO DE FALLA(AMEF)

En faena, las fallas más recurrentes tienen relación con problemas en el sistema de inyección y problemas hidráulicos relacionados con fallas en el sistema de frenos, refrigeración del motor, suspensión, entre otros componentes que se ven afectados por este aspecto.

A continuación, se presentan algunas fallas relacionadas al modelo del equipo y el tiempo que ha tomado diagnosticar y acertar la falla, así como también el tiempo que ha tomado reparar el equipo.

**Tabla 5-1: Fallas críticas y tiempos de reparación de equipos rodantes CF.**

Equipos	Falla	Tiempo detenido para diagnóstico	Tiempo en reparación
L180H	Falla en transmisión e inyectores	3 semanas	8 meses
L150H	Fallo en bomba P1	2 semanas	15 días
L120H	Fallo en emulador	1 semana	4 días
L120H	Fallo en motor	2 semanas	2 meses
L120F	Fallo inyección y carga de frenos	2 días	3 semanas
L110F	Fallo carga de frenos	3 semanas	2 meses, sigue con la falla
L110F	Tº elevada de ejes	2 días	1 mes
L110F	Tº elevada de motor	1 semana	2 semanas
950M	Falla de transmisión	1 semana	1 1/2 mes
950M	Falla transmisión	2 semanas	1 mes
950M	Falla de inyección	1 1/2 mes	1 mes + 30 días de importación de repuestos.
950H	Falla de joystick de funciones	1mes	15 días de espera repuesto + 3 semanas por error de conexión de bobinas
L120F	Falla en carga de frenos	3 semanas	1 semana

Se realiza el análisis modo y efecto de falla para buscar la o las causas más recurrentes de las detenciones de los equipos móviles, para buscar oportunidades de mejora que influyan positivamente en el funcionamiento del área de mantenimiento de la faena.

**Tabla 5-2: Análisis AMEF en equipos rodantes CF.**

EQUIPO	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
VOLVO L120F	Disminución de potencia	Falla en inyectores
		Combustible con presencia de agua
	Pérdida de capacidad de refrigeración	Falla en v/v del riel
		Falla en carga de bomba
		Falla en bloque de v/v
VOLVO 120H	Inestabilidad de ralenti	Falla en electroventilador
		Falla en sistema de postratamiento de gases
	Presencia de refrigerante en el combustible	
VOLVO 180H	Disminución de capacidad de frenado	Falla en cuerpo de aceleración
		Falla en acumuladores de freno
	Irregularidad en el paso de marcha	Falla en pedalera de freno
		Desgaste en discos húmedos de freno
VOLVO 180H	Exceso de humo de escape	Falla en discos de transmisión
		Falla en convertidor de par
	Pérdida de potencia	Falla en crucetas
		Falla en sistema de inyección
CATEPILLAR 950M	Exceso de humo de escape	Falla en sistema de postratamiento de gases
		Falla en turbocompresor
	Irregularidad en el paso de marcha	Falla de inyectores
		Falla en v/v de bomba de combustible
		Contrapresión hidráulica
CATEPILLAR 950M	Irregularidad en el paso de marcha	Operación inadecuada
		Desgaste en discos de transmisión
		Aceite degradado por partículas metálicas

En base a la tabla anterior se concluye que la mayoría de las fallas que presentan los equipos están relacionadas al sistema de inyección (40.32%), sistema hidráulico (38.71%) o al sistema de transmisión (20.96%).

De lo anterior se debe desestimar algunas fallas que no requieren mayor conocimiento técnico, como, por ejemplo, presencia de agua en combustible, falla en crucetas y la degradación de aceite por partículas metálicas.

Se dividirá las fallas por grupo cuantificando cada una, para generar una gráfica que permita determinar las fallas que están produciendo la mayor cantidad de paradas de los equipos.

***Tabla 5-3: Frecuencia de falla en sistema de inyección CF.***

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
Falla en inyectores	7
Falla en v/v del riel	5
Presencia de refrigerante en el combustible	1
Falla en v/v bomba de combustible	1

***Tabla 5-4: Frecuencia de falla en sistema hidráulico CF.***

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
Falla en acumuladores de freno	6
Fallo en electroventilador	6
Fallo en carga de bomba	5
Falla en bloque de v/v	3
Falla en pedalera de freno	3
Contrapresión hidráulica	1

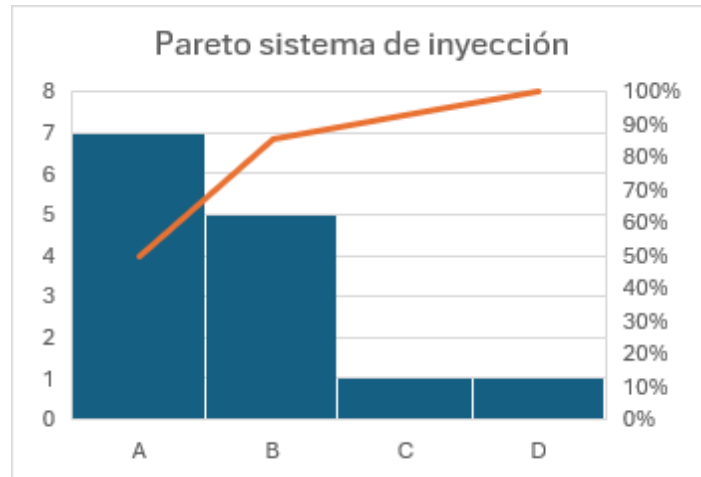
***Tabla 5-5: Frecuencia de falla en sistema de transmisión CF.***

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
Falla en convertidor de par	1
Desgaste en discos de transmisión	4
Aceite degradado por partículas metálicas	2

Se generan tablas de frecuencia de falla acumulada para cada uno de los apartados.

**Tabla 5-6: Frecuencia acumulada de fallas de inyección CF.**

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA	FR DE FALLA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
Falla en inyectores	7	7	50%
Falla en v/v del riel	5	12	36%
Presencia de refrigerante en el combustible	1	13	7%
Falla en v/v bomba de combustible	1	14	7%
Total Acumulado		14	100%

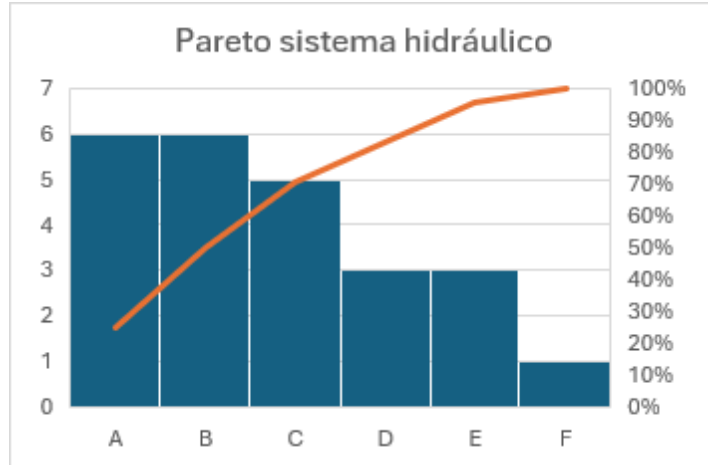
**Ilustración 5-1: Gráfico de Pareto fallas sistema de inyección CF.**

Modo de falla A: Falla en inyectores; Modo de falla B: Falla en v/v del riel; Modo de falla C: Presencia de refrigerante en el combustible; Modo de falla D: Falla en v/v de bomba de combustible.

En el gráfico anterior queda expuesto que la mayor cantidad de detenciones de equipos móviles por falla en el sistema de inyección está asociada a los desperfectos de los inyectores.

**Tabla 5-7: Frecuencia acumulada de fallas de sistema hidráulico CF.**

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA	FR DE FALLA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
Falla en acumuladores de freno	6	6	25%
Fallo en electroventilador	6	12	50%
Fallo en carga de bomba	5	17	71%
Falla en bloque de v/v	3	20	83%
Falla en pedalera de freno	3	23	96%
Contrapresión hidráulica	1	24	100%
Total Acumulado		24	



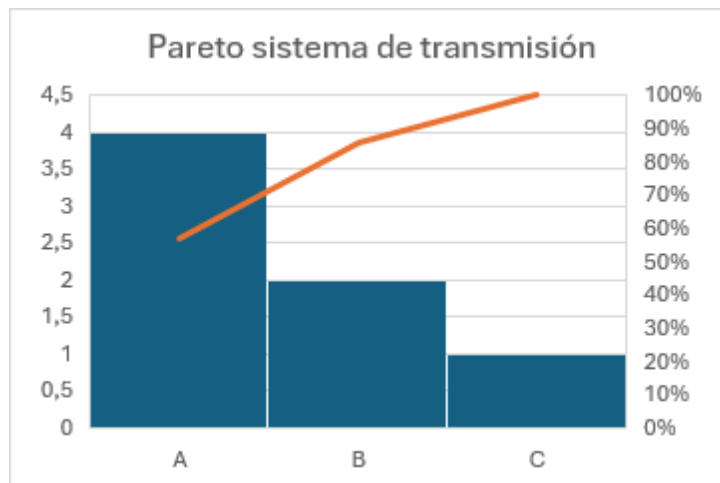
**Ilustración 5-2: Gráfico Pareto fallas sistema hidráulico CF.**

Modo de falla A: Falla en acumuladores; Modo de falla B: Falla en electroventilador; Modo de falla C: Falla en carga de bomba; Modo de falla D: Falla en bloque de v/v; Modo de falla E: Falla en pedalera de freno; Modo de falla F: Contrapresión hidráulica.

En la ilustración anterior queda evidenciado que la mayor cantidad de paros asociados al sistema hidráulico corresponde a fallas en los acumuladores de freno o bien fallos en el electroventilador, que por lo demás originan problemas de temperatura en el equipo en general

**Tabla 5-8: Frecuencia acumulada de fallas de transmisión CF.**

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA	FR DE FALLA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
Desgaste en discos de transmisión	4	4	57%
Aceite degradado por partículas metálicas	2	6	29%
Fallo en convertidor de par	1	7	14%
<b>Total Acumulado</b>		<b>7</b>	<b>100%</b>



**Ilustración 5-3: Gráfico Pareto fallas sistema de transmisión CF.**

Modo de falla A: Desgaste en discos de transmisión; Modo de falla B: Aceite degradado por partículas metálicas; Modo de falla C: Fallo en convertidor de par.

En cuanto a los desperfectos en la transmisión de los equipos rodantes se concluye que la mayoría de las detenciones tienen relación con el desgaste en los discos de fricción.

Se consideran las fallas que generan más detenciones de equipos móviles y los tiempos de diagnóstico y reparación asociados. Esto permite orientar diversas estrategias enfocadas a disminuir los desperfectos, o bien, minimizar el tiempo destinado al diagnóstico y reparación de estos.

A continuación, se realiza el análisis AMEF correspondiente a las grúas horquillas.

**Tabla 5-9: Análisis AMEF en equipos rodantes GH.**

EQUIPO	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
LINDE H70D	Baja velocidad al levantar carga	Falla en mandos
		Perdida de presión hidráulica
	Equipo doble paleta traba	Bomba descalibrada
		Daño en cuerpo de válvulas
LINDE H30D	Lentitud en volteo de horquillas	Válvulas de seguridad abiertas
		Cabezal hidráulico con desgaste
	Insuficiente capacidad de inclinación	Agripamiento del equipo
		Falla en joystick
		Válvulas hidráulicas obstruidas
		Cuerpo de válvulas desgastado
		Bomba descalibrada
		Obstrucción en sistema hidráulico

Se concluye que las fallas más frecuentes en estos equipos están relacionadas con el sistema hidráulico, a partir de esto se tabula la frecuencia de falla para cada modo de falla antes expuesto:

**Tabla 5-10: Frecuencia de fallas en sistema general GH.**

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
Falla en Joystick	8
Bomba descalibrada	3
Válvulas hidráulicas obstruidas	3
Cuerpo de válvulas desgastado	2
Válvulas de seguridad abiertas	1
Cabezal hidráulico con desgaste	1
Agripamiento del equipo	1

Para poder generar el gráfico de Pareto es necesario realizar el mismo procedimiento utilizado anteriormente con las fallas de los cargadores frontales, una tabla con las frecuencias de fallas acumuladas y el acumulado porcentual.

**Tabla 5-11: Frecuencia acumulada de fallas en sistema general GH.**

MODO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA	FR DE FALLA ACUMULADA	PORCENTAJE ACUMULADO
Falla en Joystick	8	8	42%
Bomba descalibrada	3	11	58%
Válvulas hidráulicas obstruidas	3	14	74%
Cuerpo de válvulas desgastado	2	16	84%
Válvulas de seguridad abiertas	1	17	89%
Cabezal hidráulico con desgaste	1	18	95%
Agripamiento del equipo	1	19	100%



**Ilustración 5-4: Gráfico Pareto fallas en sistema Hidráulico GH.**

Modo de falla A: Falla en Joystick; Modo de falla B: Bomba descalibrada; Modo de falla C: Válvulas hidráulicas obstruidas; Modo de falla D: Cuerpo de válvulas desgastado; Modo de falla E: Válvulas de seguridad abiertas; Modo de falla F: Cabezal hidráulico con desgaste; Modo de falla G: Agripamiento del equipo

Se desprende del gráfico presentado anteriormente, que en el caso de las grúas horquillas, las fallas que han producido detenciones considerables durante el periodo de estudio están asociadas al sistema hidráulico, específicamente, joysticks, bombas y válvulas hidráulicas.

## **5.2 ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS.**

Es necesario realizar un análisis cuantitativo de las fallas considerando el tiempo asociadas a ellas y que han tenido lugar durante el período expuesto, con el fin de generar una imagen

sobre la situación general que enfrenta el equipo de mantención, considerando indicadores relevantes dentro del área de mantenimiento.

Se realiza el análisis tomando algunos de los casos más relevantes dentro del período en cuestión.

En primera instancia se calculó los indicadores para el caso más representativo dentro del estimado de tiempo, que corresponde al diagnóstico y reparación de equipo VOLVO L180H.

El activo de Cco 22002 mencionado sufrió un desperfecto tanto en su sistema de inyección y también en la transmisión, esto asociado a los platos de fricción. Por otra parte, el tiempo de espera para el diagnóstico por parte del servicio técnico fue de 3 semanas, una vez realizado el diagnóstico, por razones como la espera de repuestos, se mantuvo en reparación por 32 semanas.

El activo presentó fallas nuevamente a principios de septiembre del año 2025, relacionadas con el sistema de combustible, para luego a fines del mismo mes presentar fallas relacionadas con el postratamiento de gases.

$$MTTR = \frac{5736h + 20h}{4} = 1439h$$

Se observa que el tiempo asociado a la reparación de la primera falla es alto, es este período de tiempo la causa de que los indicadores asociados a la reparación de este equipo sean tan altos.

Se calcula el tiempo medio antes de la falla, considerando para esto el tiempo disponible después de recibido el equipo de la reparación, lo que tiene por resultado lo siguiente:

$$MTBF = \frac{2164h - 12h - 8h}{2} = 1072h$$

$$Disponibilidad = \frac{1072h}{1072h + 1439h} * 100 = 42.69\%$$

Repetimos los cálculos para otro equipo, en este caso para un equipo VOLVO L150H, obteniendo lo siguiente:

$$MTTR = \frac{466h}{2} = 233h$$

$$MTBF = \frac{3444h - 394h - 72h}{2} = 1489h$$

$$Disponibilidad = \frac{1489}{1489 + 233} * 100 = 86,46\%$$

Por último, se realizan los mismos cálculos para equipo VOLVO L120H, obteniendo los siguientes valores:

$$MTTR = \frac{723h}{2} = 361,5h$$

$$MTBF = \frac{3157h - 3h - 720h}{2} = 1217h$$

$$Disponibilidad = \frac{1217}{1217 + 361,5} * 100 = 77,09\%$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que se encuentra debajo del estándar (90%) de disponibilidad para cada equipo, alcanzando un 77%, que se estima remontable, pudiéndose revertir, comprendiendo y mejorando el entorno donde se desarrollan las actividades del mantenimiento y las herramientas disponibles para lo mismo.

Ahora realizamos análisis en equipo LINDE H70D, resultando lo siguiente:

$$MTTR = \frac{69h}{1} = 69h$$

$$MTBF = \frac{1038h - 69h}{1} = 969h$$

$$Disponibilidad = \frac{969h}{969h + 69h} * 100 = 93.35\%$$

El caso anterior es el más representativo del área de grúas horquillas ya que es el equipo que más tiempo ha estado fuera de servicio durante el año, pese a esto el activo en particular

presenta una alta disponibilidad a diferencia de los ejemplos expuestos en el área de los cargadores.

Se concluye de lo anterior que la desviación mayor en las grúas no es significativa, lo que implica que esta área no afecta en gran medida a la operatividad de la faena.

### 5.3 ENCUESTA A PERSONAL DE MANTENCIÓN

En base a los resultados obtenidos del análisis de fallas de los equipos, se realiza encuesta dirigida al equipo de mantenimiento con el fin de entender la situación actual del equipo en cuanto a años de experiencia, niveles de conocimiento y capacitación técnica, de igual manera se busca entender la percepción del personal en cuanto al impacto de la capacitación técnica en sus labores diarias y la disponibilidad de los equipos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la encuesta dirigida a el equipo de mantenimiento:

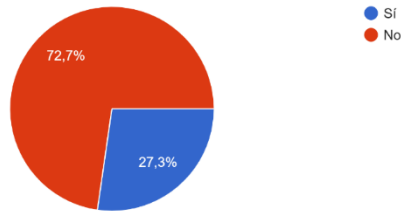
En el siguiente grafico se muestra la distribución porcentual del equipo de mantención correspondiente a su área de trabajo.



***Ilustración 5-5: Distribución de personal de mantención Isola Nueva Aldea***

La información presentada anteriormente muestra que la mayoría del personal desempeña labores de mantención enfocadas en cargadores frontales (Taller LOG).

1. Durante los años que ha sido parte de Isola Maquinarias, ¿Ha recibido capacitación técnica relacionada con los equipos que interviene?  
11 respuestas



***Ilustración 5-6: Resultado pregunta N°1 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea***

La primera pregunta es orientada a conocer la cantidad de personas que han sido capacitadas, así también relacionarlo con la cantidad de años de servicio a la empresa. El resultado indica que la mayoría del personal no ha recibido capacitación acorde con el trabajo que desarrolla, considerando que este gran porcentaje está compuesto principalmente por personal que forma parte de la organización hace no más de 4 años; por otra parte, el 67% de las personas que si han recibido capacitación forman parte del equipo hace más de 15 años. En la siguiente imagen quedan expuestos los temas tratados en las capacitaciones que recibió esta parte del equipo.

2. Si su respuesta fue SI, ¿en qué aspectos fue capacitado?

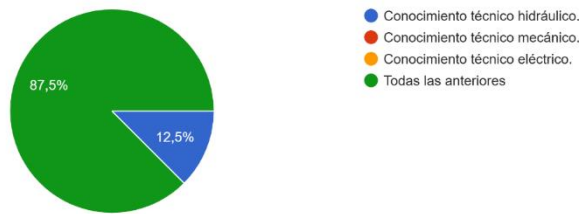
3 respuestas

Mantenimiento preventivo
Mecánica, hidráulica, eléctrico y programas de detección de fallas
Curso de LINDE

***Ilustración 5-7: Resultados respuesta N°2 del personal que ha recibido capacitación dentro de la organización***

Se concluye en base a las respuestas que las capacitaciones recibidas fueron variadas, desde conocimientos específicos de una marca en concreto a conocimiento general de mantenimiento preventivo.

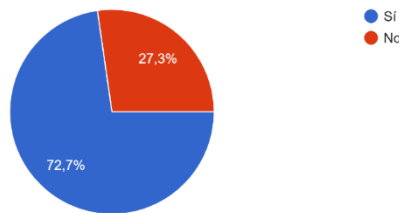
3. Si su respuesta fue NO, ¿Que tipo de conocimientos le gustaría adquirir?  
8 respuestas



***Ilustración 5-8: Resultado pregunta N°3 encuesta aplicada a personal de mantenimiento Isola Nueva Aldea***

En base a la tercera pregunta de la encuesta, orientada al personal que no ha recibido capacitación, podemos observar que a un 87.5% de los encuestados le gustaría adquirir conocimiento técnico hidráulico, mecánico y eléctrico.

4. ¿Considera usted que cuenta con los recursos (herramientas, información técnica) necesarios para realizar un diagnóstico ante una falla de un equipo móvil?  
11 respuestas



***Ilustración 5-9: Resultado pregunta N°4 encuesta aplicada a personal de mantenimiento Isola Nueva Aldea***

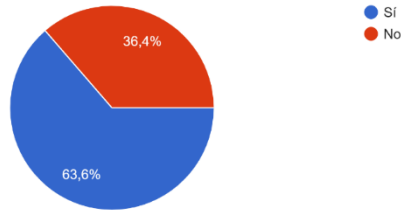
Pese a la gran cantidad de personas que no cuentan con capacitación técnica, la mayor cantidad expresa que si cuenta con las herramientas e información técnica para desarrollar un diagnóstico ante la falla de un equipo rodante.

5. ¿Qué recursos (herramientas, información técnica) considera necesarias para el desarrollo de sus tareas diarias?  
11 respuestas

***Ilustración 5-10: Encabezado pregunta N°5***

Frente a la quinta respuesta expuesta en la imagen anterior las respuestas más destacan son: escáner de marca, manuales de equipos móviles, herramientas más sofisticadas para realizar pruebas y más conocimientos técnicos de los nuevos equipos que tenemos en faena.

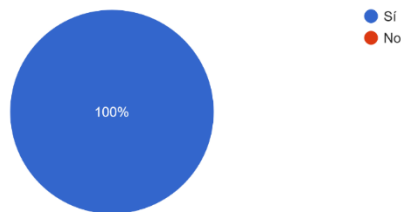
6. ¿Cuenta con la capacitación y las habilidades necesarias para el uso de las herramientas mencionadas anteriormente?  
11 respuestas



***Ilustración 5-11: Resultado pregunta N°6 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea***

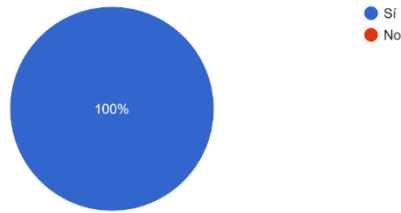
A partir de las respuestas dadas a la pregunta número 6, un 63,6 % de los encuestados mencionan que cuentan con capacitación y habilidades necesarias para el uso de las herramientas. Por otro lado, un 36,4%, no cuenta con la capacitación y habilidades necesarias para utilizar los equipos que ellos proponen, esto podría dificultar el trabajo de diagnóstico.

7. ¿Considera que la capacitación técnica sería un aporte para el desarrollo de sus tareas diarias de mantención y reparación?  
11 respuestas



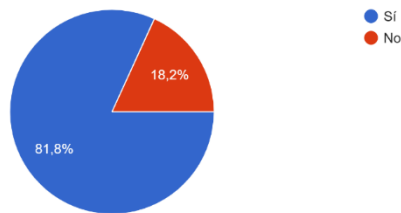
***Ilustración 5-12: Resultado pregunta N°7 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea***

8. ¿Cree que la capacitación técnica incidiría positivamente en su motivación al desempeñar su trabajo?  
11 respuestas



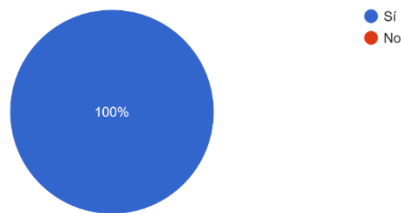
**Ilustración 5-13: Resultado pregunta N°8 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea**

9. ¿Considera que el concimiento técnico adquirido influiría en el cuidado y la disminución de los tiempos fuera de servicio de los equipos móviles?  
11 respuestas



**Ilustración 5-14: Resultado pregunta N°9 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea**

10. Al contar con capacitación técnica ¿cree que su desempeño se vería beneficiado al realizar labores de diagnóstico y reparación de equipos?  
11 respuestas



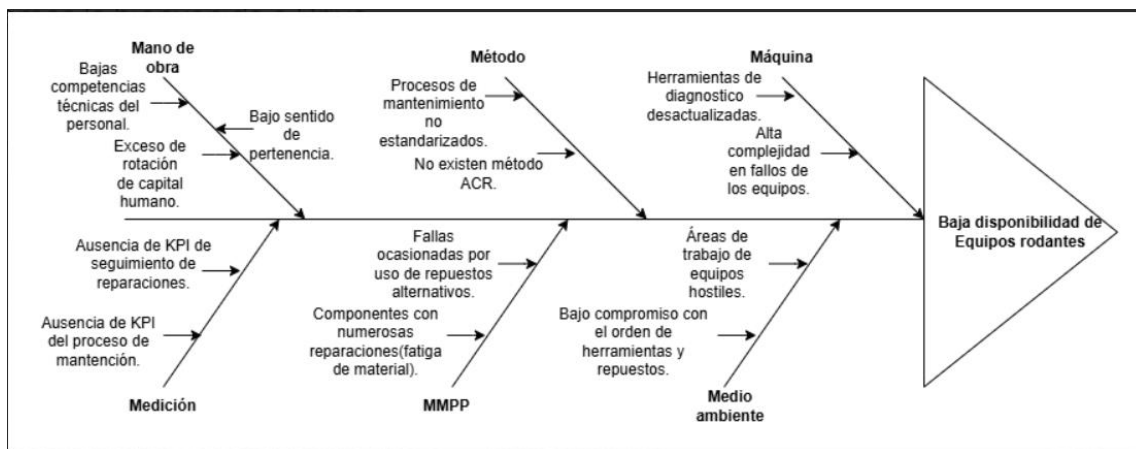
**Ilustración 5-15: Resultado pregunta N°10 encuesta aplicada a personal de mantención Isola Nueva Aldea**

Las últimas cuatro preguntas están orientadas a entender la percepción del equipo en si influiría el contar con capacitación técnica en su desempeño, tiempos de diagnóstico, cuidado

de los equipos y disponibilidad de los equipos. Los resultados reflejan que la mayoría del equipo de mantenimiento considera que el contar con conocimientos técnicos asociados a sus labores mejorará el desempeño, la motivación y el cuidado de los equipos móviles.

#### 5.4 ANÁLISIS CAUSA-RAIZ

Ahora analizaremos las principales causas que influyen en la disponibilidad de los equipos.



*Ilustración 5-16: Análisis causa-raíz por baja disponibilidad de equipos rodantes.*

La baja disponibilidad de los equipos rodantes es atribuible a múltiples razones, al realizar el análisis causa-raíz presentado anteriormente las posibles causas se acotan, ahora bien, no todas ellas tienen la misma influencia dentro del problema, por lo que es posible discriminar y determinar dentro del árbol de causas, las que aportan significativamente a la baja disponibilidad de equipos rodantes.

El análisis anterior identifica dentro de las causas más importantes o bien que mayor influencia en el problema tienen son las *bajas competencias técnicas del personal* y la *inexistencia de métodos ACR frente una falla*.

## 5.5 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS-RAÍCES

Frente a lo expuesto, se considera necesario la utilización de la metodología de los 5 por qué, para llegar a la raíz de las causas que generan la baja disponibilidad de equipos móviles y ofrecer una solución fundamentada en los trasfondos de las causas visibles.

**Tabla 5-12: Aplicación de metodología 5 por qué frente a resultados en análisis causa-raíz**

	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5
Causa 1	Bajas competencias técnicas del personal de mantenimiento	No existe plan de capacitación técnica establecido	Alta rotación de personal de mantenimiento	Oferta laboral atractiva en el entorno ocupacional en cuanto a herramientas entregadas.	Baja destinación de recursos al proceso de capacitación de personal.
Causa 2	No se aplica metodología ACR para solución de problemas	Personal no realiza análisis complejo al realizar diagnósticos	Por desconocimiento de herramientas aplicables al mantenimiento	Formación recibida durante su desarrollo profesional	

Realizado el análisis de las dos causas más importantes involucradas en nuestro problema, es posible señalar las *bajas competencias técnicas del personal de mantenimiento*, ya que este aspecto tiene directa incidencia en los tiempos de diagnóstico y reparación de los equipos. Por otro lado, se considera que la falta de un proceso estandarizado de diagnóstico aporta

negativamente en estos factores, es por esto que la metodología ACR es importante para la primera causa.

La ausencia de competencias técnicas y la inexistencia de un proceso estandarizado de diagnóstico en el equipo de mantenimiento, afecta directamente a la mantenibilidad de los móviles y confiabilidad de los procesos y servicios.



**Ilustración 5-17: Esquema de disponibilidad. (Pistarelli, 2010)**

La mantenibilidad y confiabilidad constituyen dos grandes pilares de la disponibilidad en el mantenimiento, considerando esto, podemos concluir que ambos factores influyen directamente en el objetivo principal de esta investigación, que corresponde a la implementación de estrategias con el fin de aumentar la disponibilidad de los equipos rodantes, por esta razón se plantea un método que ofrece una solución viable permitiendo mejorar la situación actual en el personal de mantenimiento de Faena Nueva Aldea

**6 CAPÍTULO IV:**  
**DISEÑO Y SOLUCIÓN**

## **6.1 PROPUESTA SOLUCIÓN.**

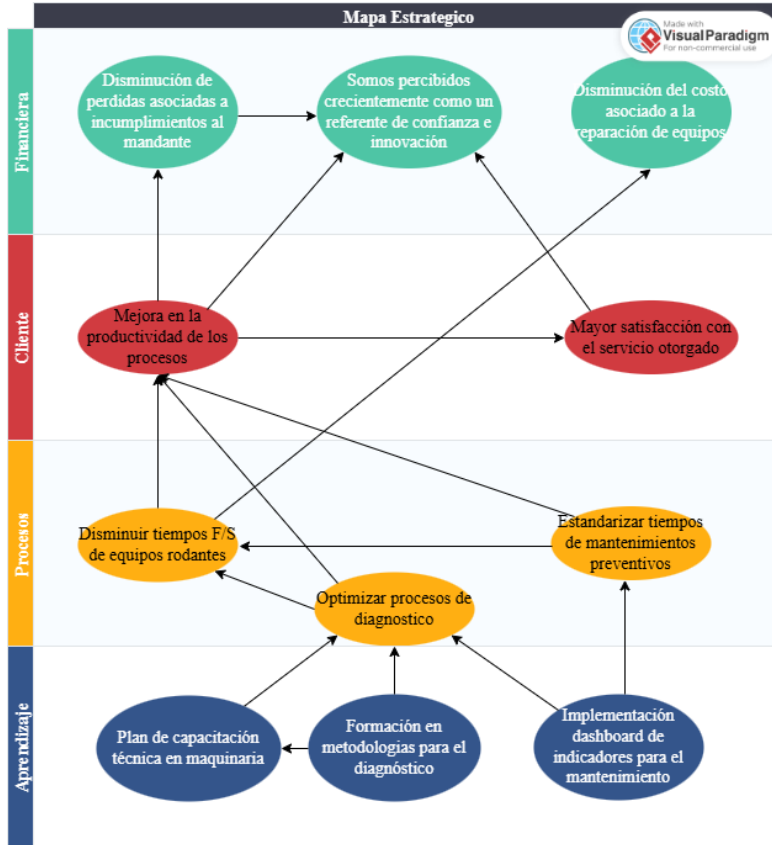
Luego de analizar lo expuesto en los capítulos anteriores, se plantea una propuesta como posible solución al problema identificado, que es la irregularidad en los porcentajes de disponibilidad de los equipos móviles. La propuesta consiste en llevar a cabo la implementación de capacitación técnica y un curso en metodologías de diagnóstico (ACR), con el fin de optimizar los procesos de mantención, reducir los tiempos de diagnóstico y reparación, y disminuir los costos asociados a la tercerización de servicios. En términos generales, se busca estandarizar los procesos de mantenimiento y reparación, eliminando posibles pérdidas de tiempo y/o dinero.

Considerando todos los antecedentes expuestos y datos obtenidos por el análisis general tanto de los equipos como también de la metodología de trabajo de la faena, es posible formular una estrategia aplicable a la realidad presentada en Isola Maquinarias Ltda., faena Nueva Aldea con el fin de disminuir los tiempos de diagnóstico y reparación de equipos, y la disminución de los recursos destinados a tercerizar estos procesos.

## **6.2 DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN**

Es importante tener en consideración a la hora de plantear una solución los aspectos que tienen directa relación con los cambios que se aplicarán, en concreto los beneficios en los distintos ámbitos relacionados con la organización, ya sea internamente. como también con el entorno.

A continuación, se expone un mapa estratégico el cual muestra la estrategia a implementar y la relación que tiene con las perspectivas más importantes para el desarrollo y crecimiento de la organización como lo son las finanzas, el cliente, los procesos y las personas.



***Ilustración 6-1: Mapa estratégico***

Como bien sabemos, dentro de la primera perspectiva (Aprendizaje) del mapa estratégico se consideran todos los factores intangibles que aportan valor a los procesos y que, como consecuencia, generan mejoras en la satisfacción de nuestros clientes. Asimismo, esta perspectiva permite optimizar y hacer más eficientes las actividades en términos de tiempos de desarrollo y del capital invertido.

Las ideas principales corresponden, en primer lugar, a la implementación de un tablero (dashboard) con los indicadores más relevantes del área de mantenimiento. Esto permite un control visual claro de las actividades realizadas por el equipo de mantención y, a su vez, facilita el análisis a quienes requieran comprender el estado actual de los activos y los tiempos invertidos en cada uno de ellos. Además, brinda a cada mantenedor acceso a la información sobre los tiempos que ha destinado a tareas específicas de mantenimiento, siguiendo procedimientos y tiempos estandarizados.

Por otra parte, la formación en metodologías de diagnóstico, junto con la implementación de un plan de capacitación técnica sobre las maquinarias en las que cada técnico desempeña sus labores, permitirá fortalecer las tareas de diagnóstico y mantención. Esto ayuda a evitar reprocesos causados por errores asociados a la falta de conocimiento y permitirá estandarizar actividades, como los mantenimientos cíclicos preventivos. Estas acciones contribuyen a la disminución de costos, ya sea en tiempos o en repuestos adquiridos, producto de un diagnóstico incorrecto.

Como muestra el esquema *Ilustración 6-1: Mapa estratégico*, la perspectiva de aprendizaje constituye la base para las mejoras aplicables a la organización. Esto se debe a que las acciones desarrolladas en esta área están relacionadas tanto con la formación de las personas que integran el equipo de trabajo como con la instauración de una cultura de crecimiento y mejoramiento continuo, tanto a nivel individual, como en los procesos generales de la organización.

Las tres acciones planteadas en este nivel guardan una estrecha relación entre sí, ya que se enfocan principalmente en la formación del equipo y en cómo esta se convierte en una oportunidad para mejorar los procesos de mantención.

Dentro de la segunda perspectiva del mapa estratégico, asociada a los procesos, el enfoque se orienta principalmente hacia cambios en la metodología de trabajo del área de mantenimiento, con el objetivo de mejorar la percepción del cliente interno (Área de Operaciones) y también del cliente externo (ARAUCO).

En primer lugar, se busca estandarizar los tiempos asociados a los mantenimientos preventivos cíclicos. El objetivo principal de esta acción es definir un tiempo ideal para cada actividad, de modo que permita realizar todas las subtarefas sin comprometer la calidad y evitando tiempos perdidos o de inactividad dentro del proceso. Con ello, se optimiza la ejecución de cada actividad.

Sumado a lo anterior, se busca optimizar los procesos de diagnóstico de fallas complejas aplicando las acciones definidas en la primera perspectiva, con la finalidad de mejorar los indicadores más relevantes para el área, como la disponibilidad y el tiempo promedio antes

de la falla, además de reducir los tiempos asociados al diagnóstico y reparación de los equipos móviles.

Por último, se plantea, en conjunto con las acciones mencionadas anteriormente, disminuir los tiempos fuera de servicio (F/S) de los equipos rodantes, con el propósito de mantener la operatividad de la faena sin que la producción del mandante se vea afectada por la ausencia de algún equipo. Asimismo, se busca evitar los descuentos asociados al incumplimiento en alguna de las áreas y proteger el prestigio del servicio entregado.

Las tres acciones presentadas comparten como objetivo común la mejora y optimización de los procesos internos. Asimismo, buscan fortalecer la operatividad de los equipos y la imagen de la organización, apoyándose en las medidas implementadas en la perspectiva de aprendizaje.

En la perspectiva del cliente se busca reflejar las mejoras derivadas de las acciones implementadas anteriormente, mostrando cómo estas contribuyen a satisfacer las necesidades del cliente y a potenciar su propia producción, con el fin de fortalecer la imagen de los servicios prestados por la organización.

En primera instancia, se busca mejorar la productividad tanto de los procesos internos como de los de nuestros clientes, ya sean internos o externos, con el objetivo de agregar valor a los servicios proporcionados, ya sea desde el área de mantenimiento o desde el área de operaciones.

Lo anterior se relaciona directamente con el siguiente punto, que hace referencia al incremento de la satisfacción del cliente por el servicio recibido. Como empresa prestadora de servicios, es fundamental comprender que los ingresos dependen del cumplimiento de los objetivos planteados por nuestros clientes, quienes, a su vez, establecen las bases sobre cómo debe ser el desempeño de cada una de nuestras actividades.

Ambas ideas comparten como objetivo común mejorar la percepción que el entorno tiene de la organización, tanto en el ámbito en el que se desempeña como en el que compete, lo que nos conduce directamente a la perspectiva financiera.

La perspectiva financiera establece acciones relacionadas con los beneficios económicos y las áreas donde se pueden generar ahorros para la empresa. Además, se centra en cómo es percibida la organización por parte de las entidades que invierten y confían en los servicios que ésta proporciona.

En primer lugar, la disminución de los costos asociados a la reparación de equipos permite un ahorro en los recursos invertidos, ya sea en tiempo, repuestos o gastos relacionados con el proceso. Como resultado, se incrementa la posibilidad de reinvertir estos recursos, tanto en el desarrollo del personal como en la mejora de los equipos y de la empresa en general.

El resultado de las acciones implementadas en las perspectivas anteriores se reflejará al medir los costos asociados al incumplimiento en ciertos aspectos de la producción de nuestro cliente. Cuando estos costos sean evidentemente menores, constituirá un indicador de las buenas prácticas de la organización.

En conjunto, ambas realidades fortalecerán la imagen de la empresa, posicionándola como un referente de confianza, comprometida con la innovación en sus procesos y como una organización sostenible en el tiempo. Esto abrirá nuevas oportunidades de negocio, permitiendo un desarrollo y crecimiento constante.

Considerando el mapa estratégico planteado se establecerá por cada una de las perspectivas un objetivo estratégico junto con su respectivo indicador y las medidas a tomar para lograr los objetivos planteados.

**Tabla 6-1: Balanced scorecard**

	Objetivos estratégicos	Metas	Indicadores	Iniciativas
Perspectiva financiera.	Reducir los costos asociados a reparaciones, fortaleciendo el	Reducir en un 60% los costos de reparaciones en un año.	Costo anual de reparaciones por equipo o área.	Implementar nuevas tecnologías o metodologías de mantención que

	<p>área de mantenimiento como un referente confiable e innovador en la gestión de servicios de reparación de maquinaria.</p>			<p>aumenten la confiabilidad.</p>
<p>Perspectiva del cliente</p>	<p>Potenciar la eficiencia de los procesos productivos del cliente y aumentar la satisfacción del servicio de maquinaria entregado.</p>	<p>Alcanzar un porcentaje de satisfacción del cliente = o &gt; a 90%.</p>	<p>Índice de satisfacción del cliente</p>	<p>Crear instancias de trabajo y retroalimentación con el cliente para revisar desempeño, problemas y oportunidades de mejora del servicio.</p>
<p>Perspectiva de los procesos</p>	<p>Estandarizar y optimizar los procesos de mantención para disminuir los tiempos fuera de servicio de los equipos.</p>	<p>Aumentar la disponibilidad promedio de los equipos a 95% en un periodo de 2 años.</p>	<p>Disponibilidad del equipo.</p>	<p>Desarrollar un programa de mejora continua, aplicado al área de mantención.</p>

Perspectiva del aprendizaje	Desarrollar un programa integral de capacitación técnica y en metodologías de diagnóstico ACR para el personal de mantención.	Reducir en un 20% el tiempo promedio de diagnóstico de fallas en un plazo de 6 meses.	Reducción del tiempo promedio de reparación de equipos.	Implementar un Programa de Capacitación Técnica en equipos junto con metodologías de diagnóstico ACR.
-----------------------------	---	---	---	---

Para cumplir cada uno de los objetivos planteados será necesario aplicar las medidas de manera progresiva, ya que los objetivos estratégicos confluyen en un proceso general que involucra un cambio cultural dentro de la faena y la organización, y como bien sabemos estos procesos se proyectan a largo plazo.

Para implementar las medidas mencionadas y obtener los resultados esperados es necesario en primera instancia la capacitación del personal de mantención tanto en conceptos técnicos de los equipos, así como también en metodologías de diagnóstico (ACR), en la medida que los conocimientos mencionados se hayan interiorizado de buena manera en el equipo de mantención, será posible medir y estandarizar los procesos de diagnóstico y reparación de los activos así como también las actividades rutinarias de mantención, permitiendo así medir el desempeño de cada uno de los colaboradores y por ende generar una idea del impacto de las medidas tomadas, esto también permitirá otorgar reconocimientos a aquellos técnicos que se comprometan con el proceso de formación y mejora continua de la organización. Una vez cumplidos los objetivos se podrá medir el resultado de estas medidas a través de feedback recibido por parte de los clientes internos y externos, y en como finalmente incide en los resultados, el desempeño y como se posiciona la organización en el mercado.

**7 CAPÍTULO V: ANALISIS ECONÓMICO**

## 7.1 ANÁLISIS DE COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS TERCERIZADOS

A continuación, se realizará el análisis de costos correspondiente a la tercerización de servicios de diagnóstico y reparación de equipos móviles, específicamente los casos expuestos en la “*Tabla 5-1: Fallas críticas y tiempos de reparación de equipos rodantes CF*”, para esto se tendrán en cuenta los valores netos asociados a cada reparación, extraídos de registros en el sistema utilizado por la empresa, centro de costo del equipo, marca y modelo.

***Tabla 7-1:Tabla de costos de diagnóstico y reparación.***

Marca	Modelo	Costos netos	Total por equipo
Caterpillar	950M	\$704 000	\$1 337 800
		\$253 800	
		\$380 000	
Caterpillar	950M	\$611 200	\$1 513 800
		\$254 600	
		\$253 800	
		\$394 200	
Volvo	L120F	\$334 000	\$334 000
Volvo	L180H	\$696 810	\$7 707 261
		\$6 342 451	
		\$334 000	
		\$334 000	
Volvo	L120H	\$1 060 000	\$1 632 000

		\$572 000	
Volvo	L110F	\$269 500	\$875 600
		\$606 100	
Volvo	L120H	\$788 980	\$2 401 079
		\$334 000	
		\$807 840	
		\$470 259	
Volvo	L150H	\$606 100	\$606 100

Costo Total Neto	\$16 407 640
------------------	--------------

Como podemos ver la cifra es considerable (\$ 16 407 640) teniendo en cuenta que solamente está asociado al costo de diagnóstico y reparación de equipos, dejando fuera los costos asociados a los repuestos, esto, dentro del periodo sometido a estudio.

Tomando en consideración los costos asociados en años anteriores, podemos proyectar el costo para el periodo de 2026 en el área de mantenimiento:

**Tabla 7-2: Proyección de costos de mantenimiento.**

Período	Costos	PMS	PMP	REG LIN
1	\$30 905 055			\$33 000 000
2	\$32 188 973			\$26 000 000
3	\$ 1 851 731			\$19 000 000
4	\$16 407 640	\$21 648 586	\$13 729 844	\$12 000 000
5		\$16 816.115	\$16 652 725	\$ 5 000 000

Como podemos observar en el tercer período hay una baja considerable en los costos de servicios tercerizados, la cual se puede atribuir al período en el cual los equipos presentan una tasa de fallas constantes dentro de su vida útil.

Para el periodo 5 correspondiente al año 2026, se realizan tres proyecciones obtenidas en base a promedio móvil simple, promedio móvil ponderado y regresión lineal, obteniendo como resultado \$16.816.115, \$16.652.725 y \$ 5.000.000 respectivamente.

De acuerdo a lo anterior y siguiendo el plan de acción propuesto se analizan los costos asociados a las capacitaciones tanto en metodologías de diagnóstico (ACR) y en conocimientos técnicos asociados a la maquinaria presente en faena.

## **7.2 COSTOS ASOCIADOS A CAPACITACIÓN EN METODOLOGIAS DEL DIAGNOSTICO (ACR).**

La cotización fue entregada por parte de la Dirección general de educación continua de la Universidad Técnica Federico Santa María, entregando la siguiente información referente al proceso de formación en análisis causa-raíz.

**Tabla 7-3: Cotización curso análisis causa-raíz.**

Aspectos a considerar	Detalle
Duración total	15 horas
Cantidad de participantes	11 participantes
Valor por participante	\$400 000
Costo total del programa	\$4 400 000

### **7.3 COSTOS ASOCIADOS A CAPACITACIÓN TÉCNICA DE MANTENIMIENTO ENFOCADA EN CARGADORES FRONTALES**

La cotización fue entregada por parte del área de asistencia técnica de SKC, esta considera las referidas al mantenimiento preventivo y a conocimientos generales de tren motriz (motor, ejes y transmisión), sistema hidráulico y sistema eléctrico.

*Tabla 7-4: Cotización capacitación técnica*

Aspectos a considerar	Detalle
Duración total	32 horas
Cantidad de participantes	1 a 8 personas
Valor total	\$5 036 000

La inversión total por considerar para la capacitación técnica del equipo de mantención corresponde a \$9 436 000.

Considerando las proyecciones de costos para el año 2026 y la tendencia de fallas de los equipos, se determina que el monto que más se aproxima a lo esperado está dado por el segundo método aplicado, con un costo total de \$16 652 725.

Una vez implementada la capacitación se espera la reducción de un 60% de los costos asociados a reparación de equipos, llevado al monto proyectado se espera un ahorro de \$9 991 635 para el año 2026.

Teniendo en cuenta lo anterior se calcula el retorno de la inversión en un año y payback asociado al proyecto:

$$ROI = \frac{\$ 9 991 635 - \$ 9 436 000}{\$ 9 436 000} = 0.058 \%$$

Si bien el valor obtenido es bajo, se debe considerar que el ahorro indicado es proporcional a un año, por lo que si proyectamos este ahorro en años siguientes el valor será mucho mayor, así mismo se espera que para años próximos la tasa de ahorro aumente gracias a la adquisición de experiencia y puesta en práctica de los métodos aprendidos, alcanzado un ahorro cercano al 90%.

$$\textit{Payback} = \frac{\$ 9\,436\,000}{\$ 9\,991\,635} = 0.94 \text{ años}$$

Se estima en base al cálculo anterior que la inversión será recuperará en un período de 11 meses aproximadamente.

**8 CONCLUSIONES**

El resultado obtenido del retorno de la inversión no es un valor significativo; sin embargo, es importante considerar que el ahorro utilizado para el cálculo corresponde únicamente a un año. Si se proyecta el ahorro en los años siguientes, se espera que aumente considerablemente, teniendo en cuenta el envejecimiento de los equipos, que es uno de los factores que incrementa los costos de mantenimiento correctivo. Además, la inversión se recupera en un periodo de 11 meses, lo que representa un tiempo razonable para comenzar a medir resultados.

La inversión cumple con los objetivos estratégicos planteados y contribuye a la mejora continua de los procesos. Asimismo, permite reducir los tiempos de reacción ante fallas, acortando los plazos de diagnóstico y reparación. Esto nos acerca al objetivo principal del proyecto: aumentar la disponibilidad de los equipos móviles en faena y lograr una operación continua, con un enfoque en la satisfacción tanto del área de operaciones (cliente interno) como del mandante (cliente externo).

Como resultado final, se espera que la imagen de la empresa se fortalezca, mejorando así su posición en el mercado, tanto como empleador y como organización prestadora de servicios. Con ello, se anticipa la aparición de nuevas oportunidades y proyectos que contribuirán al crecimiento económico y estructural de la empresa.

## 9 **BIBLIOGRAFÍA**

Comite, A. (2015). *Analisis Causa Raíz*. Madrid: AENOR.

Gonzalez, F. (3 de Enero de 2024). *DataScope*. Obtenido de <https://datascope.io/es/blog/metodo-amef/>

*Infraspeak*. (15 de mayo de 2023). Obtenido de <https://blog.infraspeak.com/es/que-es-mtbf/>

Laoyan, S. (21 de Febrero de 2025). *asana*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/pareto-principle-80-20-rule>

Melanie. (17 de Septiembre de 2020). *ComparaSoftware*. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>

*miro*. (s.f.). Obtenido de <https://miro.com/es/diagrama/que-es-diagrama-ishikawa/>

Order, S. (29 de julio de 2024). *STEL Order*. Obtenido de <https://www.stelorder.com/blog/indicadores-mantenimiento/>

Pistarelli, A. (2010). *Manual de mantenimiento: ingeniería, gestión y organización*. Buenos Aires : R y C.

Rosales, J. (31 de Julio de 2023). *FRACTTAL*. Obtenido de <https://www.fractal.com/es/mantenipedia/que-es-la-confiabilidad-en-el-mantenimiento-y-como-calcularla>

Significados, E. (03 de Novimebre de 2023). *Enciclopedia Significados*. Obtenido de <https://www.significados.com/que-es-diagrama-de-pareto/>

TEAM, m. (12 de Agosto de 2025). *miro*. Obtenido de <https://miro.com/strategic-planning/what-is-a-strategy-map/#introduction-to-strategy-maps>

Tools, P. (27 de Noviembre de 2025). *Production Tools*. Obtenido de <https://productiontools.es/lean/diagrama-de-ishikawa/>