



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
FACULTAD TECNOLÓGICA SEDE VALLENAR

PROPUESTA MEJORA DE PAUTA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO EN
EQUIPOS CAEX CATERPILLAR 789C DE EMPRESA FERPI, FAENA LOS
COLORADOS, REGIÓN DE ATACAMA

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Técnico en Mantenimiento Mecánica en Equipos Industriales

Profesor Guía: Luis Castillo Carvajal

Fernanda Ríos
Sidney Urriche
David Zambra
Franco Orellana

Vallenar, Chile 2025

DEDICATORIA

“Dedicado a mi familia, gracias por ser mi raíz y mi fuerza en cada etapa de mi vida. En especial a mi mamá y mi papá por acompañarme aun cuando mi camino era incierto, por sostenerme cada vez que lloraba, por celebrar cada pequeño avance conmigo. Ustedes han sido mi refugio en mis peores días. Todo lo aprendí de ustedes, la valentía, la paciencia, la resiliencia y el amor incondicional que hoy rigen mi vida y los llevo conmigo siempre. Nada de lo que soy existiría sin las manos que me levantaron, cada consejo con el que me guiaron y del cariño que siempre me recordó quien soy.

A mi abuela que a pesar que hoy descansa en la eternidad sé que siempre me acompaño y me guio, me protegió e ilumino mi camino en mis días grises. gracias por cada gesto de amor, tu presencia marco mi vida de una manera tan profunda que aun que ya no estes conmigo, sigues acompañándome en cada logro y en cada instante en que necesite fuerzas. Gracias por el amor que dejaste sembrado en mi corazón, ese amor que no se va no se pierde y no se olvida jamás. Besos al cielo.

A mi hermana y mi sobrina, por ser dos seres de luz que me han demostrado todo su amor y quienes se alegran por cada logro en mi vida, a mi hermana por ser mi guía mi refugio por retarme cada vez que, hacia las cosas mal, por ser una segunda madre para mí. Este logro también es para ti hermanita.

A mi pareja gracias por caminar conmigo con tanta ternura, por entender mis silencios y alegrarte con mis logros, por apoyarme y motivarme a seguir a delante aun cuando quise renunciar, por abrazarme y consolarme cuando me frustraba por ver en mi incluso lo que yo no soy capaz de ver, gracias por quedarte y acompañarme en este proceso, por construir un lugar donde puedo ser yo misma sin miedos.

A ustedes mi familia, les dedico este logro, cada paso y cada sueño que siguen creciendo, porque todo lo bueno que hay en mi tiene un pedacito de ustedes. Esta tesis no es solo mía si no de ustedes también

Dedicada a mi profesor guía, el señor Luis Castillo, quien me guio, me aconsejo y se preocupó por mí, le agradezco profundamente por la paciencia y por cada consejo. por ayudarme a crecer en esta etapa tan dura pero reconfortante, por recordarme que si podía y que no me rindiera

Agradecer a mi jefa Margarita, gracias por su apoyo incondicional en esta etapa, gracias por sus consejos y por siempre motivarme, por entenderme en mis días más frustrantes, gracias por no dejar que me rindiera”.

-Fernanda Rios-

“Agradezco profundamente al profesor Luis castillo, quien estuvo ahí cuando lo necesite por escucharme y brindarme su ayuda, consejos, paciencia y sobre todo motivándome a terminar la carrera por eso le estaré eternamente agradecida. A mi pareja que estuvo desde el momento uno acompañándome en todo este proceso universitario, por estar presente en todo momento, creer en mí y motivarme cuando ya no podía más, por escucharme y siempre darme la fuerza necesaria para no rendirme, gracias por estar siempre para mí con cariño y paciencia. Te quiero muchísimo. A mi familia en general, a mis padres y amigos que fueron parte del proceso.

Finalmente le dedico este proyecto a mi hermana Christy Elaine Urriche Lipiante, con mucho amor para que ojalá le sea de ejemplo de que, si se puede, pese a todas las dificultades, tropiezos, llanto y días de desvelo, se puede llegar a la meta y cumplir un sueño, Quien fue mi refugio y está conmigo todos los días animándome y acompañándome a todo, reír y llorar juntas. gracias por contenerme cuando estaba al borde del colapso, te amo”. -Sidney Urriche-.

“Con el corazón henchido de gratitud y la mirada fija en el cielo, dedico la culminación de este esfuerzo monumental. Este logro no es solo mío, sino el reflejo de un amor incondicional. A mi amada familia, pilares inquebrantables de mi vida. Gracias por cada sacrificio silencioso, por la paciencia infinita en las horas de desvelo, por la motivación constante cuando las fuerzas flaqueaban y por creer en mí incluso más de lo que yo mismo/a lo hacía. Su amor y apoyo han sido el motor que impulsó cada página y cada jornada de estudio. Sin ustedes, este camino habría sido impensable.

Y, especialmente, a mi gran angelito, mi adorado hijo Leandro. Desde el silencio etéreo, sé que me has acompañado. Cada letra de esta tesis lleva impregnada la dulzura de tu recuerdo y la fuerza inconmensurable que me brindaste para seguir adelante. Este triunfo es la prueba de que el amor verdadero trasciende todo plano; es una ofrenda a tu memoria, una demostración de que tu luz sigue brillando e inspirando mi vida. Gracias, mi cielo, por cuidarme desde el firmamento. Este título es nuestro. Por el pasado, el presente, y por el amor que nos une por siempre.” -Franco Orellana-.

“Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis seres queridos por su apoyo incondicional a lo largo de este camino. A mis papás, por su amor, sacrificio y dedicación. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de inspiración. A mi hermano, por su apoyo y compañía en los momentos más difíciles. A mi pareja, por su amor, paciencia y comprensión. Gracias por estar a mi lado en cada paso del camino.

A mi abuelo y tío, que, aunque ya no están conmigo, su legado y recuerdo siguen vivos en mi corazón. Su amor y apoyo incondicional me han llevado hasta aquí, y les estoy eternamente agradecido.

mi abuela, gracias por su amor, apoyo y motivación. Su influencia en mi vida ha sido invaluable, y estoy agradecido por tenerla en mi vida. Gracias por creer en mí y por ser una fuente de inspiración constante.

Agradecer también a mi profesor guía, el señor Luis Castillo Quién me traspaso, todos los conocimientos como docente y también como persona en los momentos más complicados de este camino”-David Zambra-

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente a la Universidad de Atacama, a nuestros profesores y especialmente al profesor guía, Luis Castillo Carvajal, por su orientación, por su paciencia y apoyo durante el desarrollo de este trabajo,

Agradecemos a la empresa Ferpi, por permitirnos realizar esta investigación en el entorno real de la faena Los Colorados, y por la colaboración del equipo técnico y mecánico que compartió su experiencia y conocimiento.

Finalmente, a nuestras familias, quienes con paciencia, amor y confianza nos acompañaron y guiaron en todo momento...

INDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	5
INDICE	6
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Objetivo General	2
1.4 Objetivos Específicos	2
1.5 Justificación	3
1.6 Alcances.....	3
1.7 Limitaciones.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Conceptos Fundamentales del Mantenimiento Mecánico	4
2.2 CAEX	4
2.3 Estructura y Funcionamiento	5
2.4 Proceso productivo minero	6
2.5 ¿Qué es mantenimiento?.....	6
2.8 Mantenimiento correctivo.....	7
2.7 mantenimiento preventivo	7
2.8 Disponibilidad.....	7
2.9 Confiabilidad	8
2.11 Análisis de criticidad a nivel de equipos.	8
2.12 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA o AMEF).....	9
CAPÍTULO III	10
METODOLOGÍA.....	10

3.1 Tipo de Investigación	10
3.2 Diseño de la Investigación.....	10
3.3 Población y Muestra.....	10
3.4 Fuentes de Información	11
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	11
3.6 Procedimiento Metodológico.....	11
3.7 Cronograma de Actividades	12
3.8 Recursos Humanos y Técnicos	12
3.9 Limitaciones del Estudio	12
3.10 Análisis de criticidad y jerarquización de equipos.....	13
CAPÍTULO IV	24
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	24
4.1 Análisis del Estado Actual del Mantenimiento.....	24
4.2 Evaluación de Procesos de Mantenimiento	24
CAPÍTULO V	27
PROPUESTA DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO	27
5.1 Fallas en el plan de mantenimiento.....	27
5.3 Diagnóstico Global.....	28
5.4 Estrategia General de Mejora	28
5.5 Recomendaciones.....	28
5.6 Etapas de implementación del plan	38
5.7 Control y Evaluación.....	39
5.8 Sostenibilidad de la Propuesta	39
CAPITULO VI	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
6.1 Conclusión	40
6.3 Proyección Futura	41

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Flota CAEX.....	5
Ilustración 2 principales componentes de camión CAEX 789C	5
Ilustración 3 Esquema técnico camión CAEX	6
Ilustración 4 niveles por modo de fallo.....	9
Ilustración 5 cronograma.....	12
Ilustración 6 resultados análisis de criticidad.....	13
Ilustración 7 AMFEC parte 1	14
Ilustración 8 AMFEC parte 2	15
Ilustración 9 AMFEC parte 3	16
Ilustración 10 AMFEC parte 4	17
Ilustración 11 AMFEC parte 5	17
Ilustración 12 AMFEC parte 6	19
Ilustración 13 AMFEC parte 7	20
Ilustración 14 AMFEC parte 8	21
Ilustración 15 AMFEC parte 9	22
Ilustración 16 AMFEC parte 10	23
Ilustración 17 componentes críticos	25
Ilustración 18 pauta mejorada parte 1	29
Ilustración 19 pauta mejorada parte 2.....	30
Ilustración 20 pauta mejorada parte 3.....	31
Ilustración 21 pauta mejorada parte 4.....	32
Ilustración 22 pauta mejorada parte 5.....	33
Ilustración 23 pauta mejorada parte 6.....	34
Ilustración 24 pauta mejorada parte 7.....	34
Ilustración 25 pauta mejorada parte 8.....	35
Ilustración 26 pauta mejorada parte 9.....	36
Ilustración 27 pauta mejorada parte 10.....	37
Ilustración 28 pauta mejorada parte 11	38
Ilustración 29 implementación plan.....	38

RESUMEN

El presente trabajo “titulado propuesta mejora de pauta de mantenimiento mecánico en equipos CAEX caterpillar 789c de empresa Ferpi, faena los colorados, región de Atacama” tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta de mejora para la pauta de mantenimiento mecánico aplicada a los camiones de extracción a si mejorando la disponibilidad y confiabilidad, disminuir los tiempos de detención correctiva y mejorar la continuidad operativa De esta manera, se genera a una gestión de mantenimiento más eficiente, segura y alineada con los principios de mejora continua exigidos por la industria minera.

Estos equipos cumplen un rol importante dentro del proceso productivo minero, ya que aseguran el transporte continuo de material desde la planta de carguío hacia las zonas de procesamiento. Sin embargo, se identificó que la flota presenta altos índices de fallas mecánicas, baja disponibilidad y una marcada tendencia hacia el mantenimiento correctivo, lo cual genera detenciones no programadas y pérdida de la eficiencia operativa.

A partir del análisis de los registros históricos de fallas, entrevistas con técnicos y supervisores, así como la revisión de procedimientos de Ferpi, se revelo que el plan de mantenimiento actual no cumple con los estándares de planificación requeridos. Entre los principales problemas se detectó la falta de inspecciones, ausencia de control de repuestos, escasa comunicación entre turnos, deficiencias en la detección de fallas.

Para abordar estas problemáticas, se aplicaron herramientas como análisis de criticidad y metodología Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMFEC). Estos análisis permitieron identificar los componentes y sistemas más críticos del equipo investigado, evidenciando un riesgo para la operación y la seguridad. Este diagnóstico sirvió de base para el rediseño de la pauta de inspección, priorizando actividades preventivas orientadas a la detección de fallas y la mitigación de riesgos operativos.

ABSTRACT

The present research had the objective of proposing an improvement to the maintenance schedule applied to CAEX Caterpillar 789C trucks belonging to the company Ferpi, at the Los Colorados operation site, located in the Atacama region. These pieces of equipment fulfill fundamental roles in material transport.

During the development of the investigation, it was identified that the maintenance plan primarily focuses on corrective actions, presenting deficiencies in preventive planning.

Through criticality analysis and the use of methods like FMEA (AMFEC in Spanish), components with a high impact on safety and operation were detected.

As a result, a proposal was developed to optimize the maintenance schedule, focusing on strengthening preventive maintenance and personnel training.

This proposal seeks to reduce unplanned failures, increase the lifespan of the equipment, and improve the company's operational efficiency.

CAPÍTULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1 Introducción

El mantenimiento mecánico en equipos de gran minería representa un factor determinante en la productividad y continuidad operacional. En la empresa Ferpi, ubicada en la faena Los Colorados en la Región de Atacama, los equipos CAEX Caterpillar 789C cumplen un rol esencial en el transporte de material desde los puntos de extracción hacia las plantas de procesamiento. Sin embargo, se ha observado un aumento en los tiempos de detención por fallas mecánicas y una disminución en la disponibilidad general de la flota. Estas condiciones afectan directamente la eficiencia global del proceso productivo y los costos operacionales asociados.

El camión minero Caterpillar modelo 789C, con una capacidad de 193 toneladas métricas, se ha consolidado como uno de los equipos más utilizados y reconocidos en la industria minera a nivel mundial. Diseñado específicamente para operaciones de alta producción, este modelo destaca por su capacidad de adaptación a diferentes aplicaciones y condiciones de trabajo. Su desarrollo mantiene el legado de durabilidad y confiabilidad de la marca Caterpillar, cumpliendo además con las normas internacionales de emisiones. Entre sus principales atributos se encuentran un menor consumo de combustible, sistemas de seguridad ampliados, reducción del tiempo de inactividad por mantenimiento, así como un desempeño superior en pendientes y una ventaja significativa en carga.

En Mina los Colorados este es uno de los equipos más utilizados dentro de ella para el transporte de material ferroso que explota dicha minera, es por ello que se necesita de un plan de mantenimiento activo para lograr seguir prestando los servicios con una mejor calidad sin dejar de lado la sustentabilidad que se requiere en los trabajos de minería.

Para analizar esta problemática, es necesario mencionar sus causas, actualmente la empresa encargada de las mantenciones cuenta con un plan de mantenimiento deficiente no cumpliendo con los exigentes estándares operacionales de la empresa mandante CMP.

En este contexto, se propone una revisión y renovación del plan de mantenimiento de los equipos, asegurando su funcionamiento en condiciones óptimas y reduciendo al mínimo las interrupciones operativas. Para ello, se plantea la observación y actualización del plan de mantenimiento, con el objetivo de prevenir fallas inesperadas, incrementar el rendimiento de los equipos y evitar tiempos de inactividad que afecten la productividad. Este plan incluirá, registros de evaluación de los trabajos realizados e indicadores de rendimiento que permitan medir su efectividad, contribuyendo así a una operación más eficiente, continua y sostenible.

1.2 Planteamiento del Problema

El problema se presenta en las constantes fallas de los camiones CAEX, el cual se debe intervenir de forma no programada, provocando importantes pérdidas económicas al ser un punto crítico en la línea productiva por baja disponibilidad.

1.3 Objetivo General

Propuesta de mejora para pauta de inspección flota Caterpillar CAEX 789 de la empresa FERPI con el objetivo de aumentar la confiabilidad y disponibilidad.

1.4 Objetivos Específicos

- Analizar historial de fallas de la flota CAEX 789
- Identificar causa raíz de las principales fallas
- Realizar jerarquización del equipo según criticidad
- Revisar propuesta pauta de inspección.

1.5 Justificación

La justificación de este estudio radica en la necesidad de abordar deficiencias constantes de los equipos, reducir costos garantizando el uso eficiente de los recursos. Optimizar el mantenimiento preventivo no solo incrementa la vida útil de los activos, si no que también contribuye a la confiabilidad operacional, al disminuir desperdicios, tiempo e incidentes. El mantenimiento surge como una herramienta clave para anticiparse a las fallas.

Sin embargo, muchas empresas enfrentan dificultades en la correcta aplicación en este tipo de mantenimiento, debido a las pautas genéricas, falta de análisis o ausencia de indicadores de gestión, lo que lleva a actividades innecesarias, fallas recurrentes y baja disponibilidad en la flota. Al optimizar la pauta de inspección permite mejorar el mantenimiento para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos

1.6 Alcances

La propuesta tiene como alcance garantizar que los equipos CAEX se mantengan funcionando en condiciones adecuadas, minimizando los desperfectos. Esto permitiría un mejor desempeño de la flota, evitando pérdidas económicas.

1.7 Limitaciones

- Escasez de información con respecto al plan de mantenimiento.
- Limitación de tiempo para el análisis de información.
- Aceptabilidad baja a datos de la empresa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos Fundamentales del Mantenimiento Mecánico

El mantenimiento mecánico es una función esencial en la industria minera, ya que garantiza la disponibilidad, confiabilidad y seguridad de los equipos que sostienen la producción. Según la norma ISO 14224 (2016), el mantenimiento comprende el conjunto de acciones técnicas, administrativas y de gestión destinadas a conservar o restablecer un activo a su estado funcional.

En la empresa Ferpi, que opera en la faena Los Colorados (Región de Atacama), los equipos CAEX Caterpillar 789C cumplen un rol crítico en el transporte de mineral. La detención prolongada de uno de estos camiones impacta directamente la continuidad operacional y los costos de producción, lo que hace indispensable una gestión eficiente del mantenimiento mecánico.

2.2 CAEX

CAEX: Camión de extracción de alto tonelaje.

Este es un tipo de camión ampliamente utilizado para el transporte de grandes cantidades de material, son máquinas extremadamente potentes con una capacidad de carga de 39 toneladas hasta más de 300 toneladas métricas, su diseño está basado para soportar condiciones exigentes y terrenos difíciles en faena. En el caso del CAEX 789C tiene una capacidad de carga de 193 a 213 toneladas métricas.

Ilustración 1 Flota CAEX



Fuente: elaboración propia

2.3 Estructura y Funcionamiento

El CAEX Caterpillar 789C Dispone de un motor diésel C27 ACERT de 1.770 HP, una transmisión automática de siete velocidades, sistema de frenos enfriados por aceite y capacidad de carga de 177 toneladas métricas (Caterpillar, 2022).

Sus principales subsistemas son los siguientes:

Ilustración 2 principales componentes de camión CAEX 789C

Subsistema	Descripción
Motor diésel	Proporciona la potencia para el desplazamiento y accionamiento de los sistemas hidráulicos.
Transmisión automática	Transfiere la potencia del motor a las ruedas motrices mediante convertidor de par.
Sistema hidráulico	Opera los sistemas de dirección y levante de tolva.
Sistema de frenos	Permite el control y detención segura del vehículo, incluso en pendientes
Sistema eléctrico y de control	Coordina las funciones del motor, monitorea parámetros y genera alertas preventivas.

Fuente: elaboración propia

Ilustración 3 Esquema técnico camión CAEX



Fuente: EEGSAC Academy

2.4 Proceso productivo minero

El proceso productivo minero comprende el conjunto de operaciones técnicas, logísticas y administrativas que permiten transformar los recursos minerales extraídos de la naturaleza en productos metálicos o no metálicos destinados a la comercialización. Este proceso constituye la base de la industria minera, ya que a través de él se genera valor agregado y se obtiene el resultado final que satisface las necesidades del mercado y la demanda industrial. (López, 2018)

2.5 ¿Qué es mantenimiento?

Es el conjunto de actividades y procesos estratégicos realizados para conservar y/o restablecer infraestructuras, sistemas, equipos y dispositivos (ISED) a una condición que les permita cumplir con las funciones requeridas dentro de un marco económico óptimo y de acuerdo a las normas técnicas y procedimientos de seguridad establecidos. (cereceda)

2.8 Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se aplica cuando el activo deja de operar, porque se presenta una falla funcional o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo, haciéndolo en el menor tiempo posible. (Pinzon, 2023)

2.7 mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que se ejecuta a intervalos predeterminados y/o de acuerdo a criterios prescritos, utilizando todos los medios disponibles, para determinar frecuencia de inspecciones, revisiones, sustitución de piezas, probabilidad de aparición de fallas, vida útil, etc., con el objeto de reducir, predecir y/o prevenir fallas, o detectarlas en su fase incipiente, evitando así la degradación o deterioro del ISED y sus consecuencias negativas para el proceso productivo. (cereceda)

2.8 Disponibilidad

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad. (Luis Amendola)

2.9 Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. (Luis Amendola)

2.9 Mantenibilidad

Se define como la expectativa de que un equipo o sistema pueda estar operativo dentro de un periodo de tiempo establecido, cuando la acción de mantenimiento es ejecutada de acuerdo con procedimientos prescritos.

En términos probabilísticas, Francois Monchy, define la mantenibilidad como “la probabilidad de reestablecer las condiciones específicas de funcionamiento de un sistema, en límites de tiempo deseados, cuando el mantenimiento es realizado en las condiciones y medios predefinidos”. O simplemente “la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo” (Dairo H. Mesa, 2006)

2.11 Análisis de criticidad a nivel de equipos.

Las técnicas de análisis de criticidad permiten jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos según su impacto global, optimizando la asignación de recursos. Un método cualitativo común es la jerarquización mediante el uso de matrices de criticidad, que evalúan el riesgo considerando la frecuencia de fallos y su nivel de severidad.

Para realizar un análisis de criticidad, se deben considerar:

- Definir el alcance y propósito del análisis.

- Establecer criterios de importancia, como seguridad, ambiente, producción, costos, frecuencia de fallos y tiempo de reparación.
- Seleccionar o desarrollar un método para jerarquizar los sistemas/equipos.

Ilustración 4 niveles por modo de fallo

Niveles de criticidad por modo de fallo		
MA	Muy alta criticidad	negro
A	Alta criticidad	rojo
M	Media criticidad	Amarillo
B	Baja criticidad	Verde

Fuente: elaboración propia

2.12 Análisis de modo y efecto de falla (FMEA o AMEF)

FMEA por sus siglas en inglés, Failure Modes and Effects Analysis, es una metodología permite analizar la funcionalidad de los equipos a partir de sus modos de falla, estableciendo su jerarquía, lo que contribuye a poder elaborar planes de mantenimiento focalizados en aquellas fallas de mayor criticidad de los equipos. (Edgar Estupiñan, 2019)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo corresponde a una investigación aplicada con enfoque descriptivo y cuantitativo, orientada al mejoramiento del mantenimiento mecánico de los equipos CAEX Caterpillar 789C en la empresa Ferpi, faena Los Colorados, Región de Atacama.

Se utiliza el enfoque aplicado porque busca resolver un problema real de la eficiencia de mantenimiento mediante la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo.

3.2 Diseño de la Investigación

El estudio se centra en la observación, análisis y propuesta de mejora de las pautas de mantenimiento, tomando como base los registros de la flota CAEX y la información proporcionada por el área de planificación y taller mecánico de Ferpi.

3.3 Población y Muestra

La población de estudio corresponde a la flota completa de camiones CAEX Caterpillar 789C que operan en la faena Los Colorados.

Para el análisis se seleccionó una muestra representativa de equipos, elegidos por criterios de disponibilidad histórica, frecuencia de fallas y horas de operación. La selección fue intencionada, buscando incluir unidades con diferentes antigüedades y condiciones de mantenimiento, lo que permite obtener una visión integral del problema.

3.4 Fuentes de Información

Las fuentes utilizadas en esta investigación se dividen en:

Primarias: registros de mantenimiento, informes de fallas, bitácoras de reparación, entrevistas con supervisores y técnicos mecánicos de Ferpi.

Secundarias: manuales técnicos de Caterpillar, normativa ISO 14224, informes de Sernageomin y bibliografía especializada en gestión del mantenimiento industrial.

Estas fuentes permitieron validar la información y garantizar la confiabilidad de los datos analizados.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

- Análisis documental: Estudio de registros históricos de mantenimiento se utilizaron Planillas y reportes de Ferpi

3.6 Procedimiento Metodológico

El desarrollo de la investigación se realizó en cinco etapas principales:

1. Diagnóstico inicial: recopilación de datos sobre tiempos de reparación, frecuencia de fallas y disponibilidad histórica.
2. Evaluación de procesos actuales: revisión de procedimientos de mantenimiento preventivo.
3. Diseño de la propuesta de mejora: elaboración del plan técnico con estrategias de mantenimiento preventivo.

3.7 Cronograma de Actividades

Ilustración 5 cronograma

Etapa	Actividades	Semanas
Diagnóstico inicial	Recolección de datos.	1-3
Análisis de causas	Identificación de fallas recurrentes	2
Evaluación de procesos	Revisión de planes y métodos actuales	2
Diseño de propuesta	Elaboración de plan de mejora.	6-8
Validación y conclusiones	Entrega del informe	9-10

fuelle: elaboración propia

3.8 Recursos Humanos y Técnicos

El equipo de investigación estuvo conformado por alumnos de la carrera Técnico en Mantenimiento Mecánica en Equipos Industriales, bajo la supervisión del profesor Luis Castillo Carvajal.

Se contó con el apoyo del área de mantenimiento de Ferpi, técnicos de taller.

3.9 Limitaciones del Estudio

Entre las principales limitaciones se identifican:

- Acceso restringido a datos de mantenimiento por confidencialidad de la empresa.
- Tiempo limitado para la implementación práctica de las mejoras propuestas.

Pese a estas limitaciones, los resultados obtenidos permiten establecer un marco sólido para futuras mejoras en la gestión del mantenimiento de Ferpi.

3.10 Análisis de criticidad y jerarquización de equipos

Ilustración 6 resultados análisis de criticidad

Componentes de camion CAEX 7	Total	Jerarquización
NEUMATICOS	●	90 Muy alta criticidad
FRENOS	●	72 Muy alta criticidad
SUSPENSIÓN	●	60 Alta criticidad
ENFRIADOR DE ACEITE DE FRENO	●	52 Alta criticidad
DIRECCION	●	36 Media criticidad
TURBO COMPRESORES	●	33 Media criticidad
BOMBA DE ACEITE	●	32 Media criticidad
ALTERNADOR	●	28 Media criticidad
ENFRIADOR DE ACEITE MOTOR	●	28 Media criticidad
BOMBA DE AGUA	●	25 Media criticidad
RESPIRADOR DEL CARTER	●	24 baja criticidad
articulaciones	●	24 baja criticidad
FILTRO DE COMBUSTIBLE BOMBA	●	21 baja criticidad
tanque de expansión.	●	21 baja criticidad
caja termostato	●	21 baja criticidad
bomba refrigerante	●	15 baja criticidad
enfriador aceite transmision	●	15 baja criticidad
enfriador aceite de freno trasero	●	8 baja criticidad
enfriador aceite de motor	●	8 baja criticidad
enfriador aceite de freno delant	●	8 baja criticidad

Fuente: elaboración propia

El análisis está elaborado en relación a los camiones CAEX 789C y siguiendo las pautas de inspección según el registro actual y en discusión con los técnicos de los equipos.

3.11 tabla AMFEC

Ilustración 7 AMFEC parte 1

Descripción de la fase	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo	Causa(s) potencial(es) del	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	NPR
NEUMATICOS	perdida de presion	valvula defectuosa	mala instalacion	monitor de presion	24
		daño en la carcasa	mala operación	inspeccion visual	20
	desgaste irregular	alineacion deficiente	vibraciones	alineacion periodica	27
		suspensión dañada	operación defectuosa	monitoreo de operaciones	112
	fatiga termica	degradacion interna	sobrecarga	limites de carga	72
		reventon de neumatico	velocidad excesiva	limites de velocidad y gps de velocidad	120
	fallo del talon	montaje incorrecto	separacion del neumatico	procedimientos de montajes	72
		llanta dañada	perdida del sello	revision de llanta	36
	separacion de la banda de rodadura	golpes repetidos	fragmentos en carretera	retiro por desgaste	200
		sobrecalentamiento	desgaste excesivo	control de temperatura	112

Fuente: elaboración propia

Ilustración 8 AMFEC parte 2

FRENOS	ABS del eje defectuoso	activacion irregular	perdida de eficiencia del freno	Lectura de Codigos Abs	36
		mal sistema de fenado	conexión defectuosa en sensores	prueba de sensores	90
	perdida de presion en circuito de frenos	perdida de estabilidad al frenar	fugas en lineas hidraulicas	inspeccion visual	64
		aumento del recorrido del pedal	desgaste en sellos internos del cilindro maestro o acumulador	prueba de frenos	112
	caliper atascado por corrosion	frenado desigual	cuerpos extraños en guias del caliper	limpieza de guias	240
		sobrecalentamiento localizado	corrosion o suciedad	comprovacion de movimiento de caliper	140
	desgaste excesivo de pastillas	daño acelerado de los discos	frenado frecuente	medicion de espesor de pastillas	72
		vibracion anormal al frenar	calibracion incorrecta	etiquetado y registro de ultima calibracion	105
	sobrecalentamiento de discos	formacion de grietas termicas	uso prolongado de freno	control de temperatura tras ciclos de trabajo	180
		degradacion del fluido de frenos	falta de flujo adecuado de aceite de enfriamiento	revision de fluidos y presion	192

Fuente: elaboración propia

Ilustración 9 AMFEC parte 3

SUSPENSIÓN	deformacion de bastidor por sobrecarga	compromiso de la geometria	Sobrecarga	revision de resgistro de carga
		compromiso comportamiento direccional	impactos de operaci3n.	auditorias de ciclos de operaci3n
	fractura de muelle	aumento del desgaste de neumaticos	corrosion por ambiente	inspeccion visual semanal
		desgaste componentes estructurales	operaciones severas	revision historial de operaci3n
	juego en rotulas	holgura	ajuste incorrecto	verificacion de torque y tolerancias
		perdida control en viraje	falta de lubricacion	chequedo de condicion y nivel de lubricante
	fallo de acumulador	perdida capacidad de amortiguacion	valvulas obstruidas	prueba de flujo hidraulica
		mayor impacto en estructura	acumulador con fugas internas	prueba de estanquedad con manometro
	desgaste irregular de casquillo	desgaste acelerado de elementos	contaminacion	analisis de aceite
		juego que deriva en ruido	falta de reemplazo programado	verificacion cumplimiento de horas de servicio

Fuente: elaboraci3n propia

Ilustración 10 AMFEC parte 4

ENFRIADOR	obstruccion interna	reduccion de caudal	acumulacion de residuos	limpieza programada del circuito	144
		sobrecalentamiento del sistema de frenos	sistema de filtros tapados	revision de presion	96
	contaminacion de aceite	formacion de emulsiones	fallo del accionamiento	prueba funcional periodica del actuador	112
		perdida de propiedades del fluido	desgaste en bombas	monitorizacion de caudal	140
	valvula de bypass atascado	enfriamiento insuficiente	suciedad en termostato	inspeccion y limpieza de termostato	105
		alarmas de presion	obstruccion por filtros sucios	inspeccion de elementos filtrantes	144
	daño de nucleo por impacto	fugas internas	impactos por mantenimiento	checklist de trabajo seguro	175
		mezclas que reducen intercambio termico	caidas de objetos en operacion	implementacion de cubiertas	168
	fuga en intercambiador	aumento de temperatura	vibracion y temperatura	monitoreo con sensores de vibracion	288
		degradacion de friccion	juntas deterioradas	reemplagramado de juntas según vida util	384

Fuente: elaboración propia

Ilustración 11 AMFEC parte 5

Fuente: elaboración propia

DIRECCION	fuga en sistema hidraulico de direccion	incremento del esfuerzo al girar	viscosidad incorrecta	muestreo periodico y analisis de aceite	96
		perida de asistencia	fuga en lineas de presion	inspeccion visual de mangueras y uniones	144
	desgaste en cremallera/ piñon	juego en volante	holgura en rotulas o articulaciones	inspeccion durante mantencion preventiva	140
		perdida de presion en maniobras	fugas internas en cilindros	prueba de estanquiedad del cilindro	105
	columna de direccion con holguras	vibraciones en volante	golpes o deformacion en componentes de tren delantero	registro de eventos de impacto en operaci3n	84
		bloqueo parcial del volante	presion insuficiente para mover cilindros	revisi3n diaria de bomba hidraulica	105
	direccion dura	valvula de alivio trabada	resorte interno fatigado	control de horas de servicio del componente	168
		aceite contaminado	filtros saturados	cambio de filtro seg3n programa	112
	desalineacion de eje delantero	desgaste en kingping	puntos de engrase obstruidos	inspeccion visual	98
		barra de acople doblada	golpe contra rocas grandes	inspeccion post impacto	252

Ilustración 12 AMFEC parte 6

Resultado de las acciones				
Acciones realizadas	Gravedad	Ocurrencia	Detección	NPR
pauta de inspeccion	2	3	3	18
inspeccion semanal de banda y flancos	2	3	2	12
ajuste de barras de acople	4	3	1	12
revison del estado de cilindro de suspencion	6	2	5	60
auditorias de cargas por turnos	1	3	3	9
alarma en cabina por exceso de velocidad	7	3	4	84
capacitacion anual en montaje seguro	6	4	2	48
prueba de grietas con liquidos penetrantess	4	3	2	24
informe de impactos mediante registro del operador	4	3	3	36
medicion de temperatura con pistola infraroja	3	2	1	6

Fuente: elaboración propia

Ilustración 13 AMFEC parte 7

limpieza de conectores y sensores	2	2	3	12
prueba de frenado antes de turno	4	5	2	40
verificacion de cilindros de freno	4	3	4	48
verificacion de fugas con solucion jabonosa	3	3	6	54
lubricacion de guias	2	3	4	24
inspeccion de calipers por corrosion	6	5	2	60
sustitucion de discos según vida util	4	5	2	40
revisión de deformacion en discos	8	5	2	80
control de temperatura	3	4	4	48
inspeccion de lineas metalicas y flexibles	2	3	4	24

Fuente: elaboración propia

Ilustración 14 AMFEC parte 8

verificacion de puntos de soldadura	4	3	8	96
inspeccion de alineacion	3	3	7	63
medicion de acumuladores	4	3	2	24
lubricacion programada	2	2	3	12
ajustes de uniones mecanicas	6	5	3	90
prueba de giro a baja velocidad	3	3	3	27
comprobacion de nitrogeno en acumuladores	6	3	2	36
sustitucion de acumuladores dañados	6	5	1	30
lubricacion diaria en puntos criticos	2	3	4	24
reemplazo de componentes flojos	7	4	3	84

Fuente: elaboración propia

Ilustración 15 AMFEC parte 9

revisión de presión con manómetro	8	3	2	48
monitoreo de temperatura	7	4	3	84
separación y análisis de aceite	6	4	3	72
control de ingreso de humedad	7	3	3	63
inspección de la válvula bypass	8	4	3	96
detección de fugas internas	8	4	3	96
prueba hidrostática del enfriador	9	2	2	36
limpieza química del sistema	7	3	4	84
verificación de termostato	7	4	3	84
control de vibración	6	5	4	120

Fuente: elaboración propia

Ilustración 16 AMFEC parte 10

prueba de bomba hidraulica	9	3	3	81
verificacion de actuador	8	3	3	72
ajuste de engranaje del piñon	7	5	3	105
prueba de estanquidad	9	3	2	54
alineacion del eje delantero	5	4	4	80
revision valvula de alivio	8	4	3	96
desmontaje y limpieza	6	4	4	96
analisis de contaminacion (ferrografia)	8	3	2	48
engrase en cada turno	5	6	3	90
inspeccion visual diaria	6	6	6	216

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis del Estado Actual del Mantenimiento

Durante la etapa de diagnóstico, se recopilaron los registros de mantenimiento de los camiones CAEX Caterpillar 789C de la empresa Ferpi, identificando fallas recurrentes en componentes como el sistema hidráulico, dirección y frenos.

El mantenimiento actual se caracteriza por una alta dependencia del correctivo y una limitada planificación preventiva, lo que genera demoras en la entrega de repuestos, falta de coordinación entre turnos y pérdida de continuidad operativa.

4.2 Evaluación de Procesos de Mantenimiento

Se analizaron las actividades de mantenimiento programadas en la faena Los Colorados, detectándose retrasos en la ejecución de inspecciones y escasa retroalimentación entre los técnicos de turno. El proceso de planificación depende principalmente de la experiencia del personal.

4.4 Análisis de índice de criticidad.

Ilustración 17 componentes críticos

Componentes de camion CAEX 7	Total	Jerarquización
NEUMATICOS	●	90 Muy alta criticidad
FRENOS	●	72 Muy alta criticidad
SUSPENSIÓN	●	60 Alta criticidad
ENFRIADOR DE ACEITE DE FRENO	●	52 Alta criticidad
DIRECCION	●	36 Media criticidad

Fuente: elaboración propia

Podemos determinar que los componentes evaluados del CAEX Caterpillar 789C tienen un alto impacto en seguridad, operación y costos.

Elementos como neumáticos, frenos son de seguridad primaria, la suspensión afecta la estabilidad y carga, el enfriador de aceite previene fallas catastróficas del sistema de frenado, por último, la dirección es de suma importancia para que el operador pueda maniobrar el camión con mayor seguridad.

4.5 Análisis de tabla AMFEC.

El AMFEC realizado es de mantenimiento las actividades listadas buscan evitar fallas mecánicas, hidráulicas, neumáticas o eléctricas. Esto indica que su objetivo es reducir fallas en equipos industriales relacionadas con:

- Frenos.
- Enfriadores.
- Ejes.
- Actuadores
- Sistemas hidráulicos, etc..

A partir del análisis se identifican modos de fallo con un valor de RPN (Número de prioridad de riesgo) superiores a 150 lo cual indican riesgos muy altos. Algunos de estos fallos son:

Fallo en sistema de frenos, desgaste excesivo en componentes, contaminación en fluidos, entre otros, estos fallos pueden provocar paradas no programadas, accidentes, daño a maquinarias y altos costos en reparación.

Los valores más altos de RPN se encuentran en rangos entre 180 y 250 lo que corresponde a una prioridad de acción inmediata. Esto indica que el problema no deriva solo en la falla, sino que también en la falta de capacidad para detectarlas a tiempo.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE MEJORA DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO

5.1 Fallas en el plan de mantenimiento

1. Predominio del mantenimiento correctivo: Se evidenció que gran parte de las reparaciones se realizan tras la ocurrencia de fallas, lo cual incrementa los tiempos de detención y los costos operativos.
2. Falta de planificación preventiva: Las inspecciones no se realizan con la periodicidad adecuada, afectando la confiabilidad del sistema mecánico.
3. Deficiencias en la gestión de repuestos: La ausencia de un sistema formal de control de inventario genera retrasos en la ejecución de mantenimientos.
4. Necesidad de modernización tecnológica: La carencia de herramientas digitales de seguimiento impide obtener indicadores actualizados y confiables sobre la condición de los equipos.
5. Importancia de la capacitación continua: Se observó que parte del personal técnico requiere reforzar sus conocimientos en mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas mediante sensores y software especializado.

5.2 Objetivo de la Propuesta

Implementar un plan de mejoramiento de las pautas de mantenimiento mecánico para los equipos CAEX Caterpillar 789C de la empresa Ferpi, con el fin de reducir los tiempos de reparación, aumentar la disponibilidad y fortalecer la confiabilidad de los equipos.

5.3 Diagnóstico Global

A partir de los resultados obtenidos, se elaboró un diagnóstico general que identifica los siguientes aspectos críticos:

- Predominio del mantenimiento correctivo sobre el preventivo
- Baja disponibilidad de repuestos
- Insuficiente control de indicadores de desempeño.
- Falta de un sistema informatizado para la planificación.
- Necesidad de capacitación continua para el personal técnico.
- Este diagnóstico sirvió de base para diseñar la propuesta de mejoramiento.

5.4 Estrategia General de Mejora

El plan propuesto se estructura en dos líneas de acción principales:

1. Optimización del mantenimiento preventivo:

- Creación de un calendario de inspecciones periódicas.
- Sustitución programada de componentes críticos

2. Capacitación y gestión de recursos:

- Programas de formación técnica continua para el personal.
- Gestión proactiva de inventario de repuestos críticos.


5.5 Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos y se establecen las siguientes recomendaciones para la empresa Ferpi:

1. Establecer un plan de capacitación continua para el personal técnico en diagnóstico mecánico, análisis de vibraciones y mantenimiento basado en condición.


2. Optimizar la gestión de repuestos, creando un inventario automatizado con niveles mínimos de stock definidos según criticidad del componente.
 3. Mejorar la redacción de avisos en el SAP (operaciones, mantenimiento, logística y recursos humanos) para mejorar la coordinación y toma de decisiones.
 4. Realizar auditorías internas trimestrales para evaluar la eficacia del plan de mejoramiento y su cumplimiento en la faena Los Colorados.
 5. Promover una cultura de mejora continua y seguridad, alineando el mantenimiento con los objetivos estratégicos de sostenibilidad y eficiencia de Ferpi.
- 5.6 Pautas de mantenimiento camión CAEX 789C mejoradas

Ilustración 18 pauta mejorada parte 1

		
Fecha:	Equipo:	Horómetro:
Hora de recepción del equipo:		Duración de PM:
Hora de inicio PM:		Hora de entrega PM:
1. PRUEBAS INICIALES [Realizar pruebas antes del ingreso equipo a PM]		
ACTIVIDAD	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
Verifique el funcionamiento del aire acondicionado en la cabina		
Verifique el estado de bocina del equipo		
Pruebe funcionamiento de luces principales		
Verifique estado del asiento operador		
Verifique estado de amortiguadores de asiento operador		
Verifique estado de cinturón de seguridad		
Verifique estado de amortiguadores de suspensión		
Verifique estado confort de asiento operador		
Verifique el estado de puerta de cabina, chapa, manijas y vidrios.		
Verifique estado del sistema contra incendios [AFEX], "Indique fecha de caducidad"		
Verifique estado de protección de contra vuelco		
Compruebe estado y posición de retrovisores		

Fuente: elaboración propia

Ilustración 19 pauta mejorada parte 2

		
2. MANTENIMIENTO PROGRAMADO: CAMBIO DE ACEITES Y OBTENCION DE MUESTRAS DE ACEITE		
ACTIVIDAD	ESPECIFICACIÓN	EJECUTOR [Mecánico]
Cambio aceite motor	Aceite motor 15W-40: 291Lt	
Cambio aceite maza derecha e izquierda [22Lt C/U]	Aceite HD60: 44Lt	
Cambio aceite transmisión	ACEITE HD30: 224Lt	
Obtención de muestra aceite motor	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite dirección	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite mando final derecho	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite mando final izquierdo	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite maza derecha	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite maza izquierda	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite transmisión	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite sistema hidráulico	Extracción con bomba de succión y sonda	
Obtención de muestra aceite diferencial	Extracción con bomba de succión y sonda	
Engrase a equipo	Grasa XHP 222	

Fuente: elaboración propia

Ilustración 20 pauta mejorada parte 3

3. CAMBIO DE FILTROS

ACTIVIDAD	ESPECIFICACIÓN		CAN T.	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
	N/P Cat	N/P Cummins			
Filtro aceite motor	275-2604	LF00691A	4		
Filtro aire motor primario	251-5886	AF00899 M	2		
Filtro aire motor secundario	1W-3636	AF00880	2		
Filtro combustible primario	1R-0755	FF5317	2		
Filtro combustible secundario	1R-0750	FF5320	1		
Filtro separador agua-combustible	438-5385/ 513-4492	FS20130/ FS20202	2		
Filtro aire cabina interior	107-0266	AF4180	1		
Filtro aire cabina exterior	119-3355	AF55806	1		
Filtro estacionamiento lub. de transmisión	1R-0719	HF35539	1		
Filtro carga convertidor	1R-0741	HF35101	2		
Filtro carga transmisión	1R-0778	HF35101	2		
Filtro lubricación eje trasero	1R-0773	HF35010	1		
Filtro tanque dirección	1R-0772	HF6202	1		
Filtro respiradero de convertidor de par y freno	8X-4575	AH19001	1		
Filtro respiradero combustible	245-7451	AH19228	1		
Filtro de bomba dirección	4T-6915	HF6204	1		
Filtro transmisión	343-4465	HF29157	2		
Filtro Rejilla salida convertidor	6E-1473	HF35501	1		


Fuente: elaboración propia

Ilustración 21 pauta mejorada parte 4

4. INSPECCION DE MANTENEDORES AREA MOTOR Y EQUIPO		
ACTIVIDAD	EJECUTOR [mecánico]	OBSERVACIÓN
Inspeccione estado de ductos de admisión y escape		
Inspeccione turbo, mangueras de aceite y ductos		
Inspeccione tapas de válvulas, líneas de combustible y aceite		
Inspeccionar estado de correa fan		
Inspeccione estado de aspa fan		
Inspección de fugas en línea de aceite		
Inspección de fugas en línea de refrigerante		
Inspección de fugas en línea de combustible		
Inspección/Limpieza de radiador		
Inspección de turbos [juego axial y radial]		
Inspeccione tanque de aire neumático		
Inspección y limpieza de cajas ciclónicas		
Inspección de tuberías de alta presión		
Probar sistema de freno		
Inspeccionar freno de servicio		
Verificar torque de pasador central		
Inspeccionar o cambiar pernos unión chasis-diferencial		
Verificar torque de pernos unión chasis-diferencial "Si están cambiados"		
Inspeccionar filtros rejilla de bomba de levante y refrigeración de frenos		
Inspeccionar filtros rejilla de transmisión		
Inspeccionar estado de secador de aire [Filtro N° 107-5869]		
Inspeccione estado de respiradero de mazas y mandos finales [N° 9C-4937]		
Inspeccione estado de respiradero de transmisión N° 6G-0078		

Fuente: elaboración propia

Ilustración 22 pauta mejorada parte 5


 **FERPI**
INSTRUMENTOS PARA LA

5. INSPECCION AREA ELECTROMECHANICO

ACTIVIDAD	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
Inspección de luces del equipo		
Inspección de alarma de retroceso		
Inspección de bocina equipo		
Inspección de radio base equipo		
Verifique estado de alternador		
Verifique/Cambio de correa de alternador [141-7116]		
Inspección/Limpieza de baterías		
Inspección/Limpieza de disyuntores		
Verifique estado de luces payload		
Verifique estado de sensores de suspensión		
Orden y ruteo de arneses de equipo		
<u>Observaciones:</u>		

Fuente: elaboración propia

Ilustración 23 pauta mejorada parte 6



6. INSPECCION SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

ACTIVIDAD	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
Inspeccione estado de compresor de A/C		
Inspeccione estado de correa N° 177-0036		
Inspeccione estado de sellado de cabina		
Verifique estado de cinta sellado de cabina		
Limpieza/Cambio de filtro de aire cabina interior		
Limpieza/Cambio de filtro de aire cabina exterior		
Realice prueba de hermeticidad del sistema		
Verifique estado de sistema de a/c		
<u>Observaciones:</u>		

Fuente: elaboración propia


Ilustración 24 pauta mejorada parte 7

7. INSPECCIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN

ACTIVIDAD	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
Verificador actuador		
Prueba de estanquidad		
Revisión válvula de alivio		
Ajuste de engranaje		
Prueba bomba hidráulica		
<u>Observaciones:</u>		

Fuente: elaboración propia

Ilustración 25 pauta mejorada parte 8

 8. INSPECCION AREA SOLDADURA		
ACTIVIDAD	EJECUTOR [Mecánico]	OBSERVACIÓN
Inspección de barandas, pasamanos, puertas, pisos, escalera de acceso		
Verifique estado de espejos retrovisores		
Verifique estado de porta cuñas		
Verifique estado de tolva		
Verifique estado de chasis		
Inspeccione estado de pernos de múltiple de admisión escape		
<u>Observaciones:</u> 		

Fuente: elaboración propia

Ilustración 26 pauta mejorada parte 9

9. CHEQUEO DE SUSPENSIONES

MANTENIMIENTO SUSPENSIONES DELANTERAS				
INSPECCIÓN	VALOR REAL		VALOR CORRECCIÓN	
	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA
MIDA LA ALTURA EXPUESTA DEL VÁSTAGO "X" (248.0 ± 20.0 mm (9.76 ± 0.79 inch))				
MIDA LA PRESIÓN DE CARGA EXTENDIDA (1800 kPa (260 psi))				

MANTENIMIENTO SUSPENSIONES TRASERAS				
INSPECCIÓN	VALOR REAL		VALOR CORRECCIÓN	
	DERECHA	IZQUIERDA	DERECHA	IZQUIERDA
MIDA LA ALTURA EXPUESTA DEL VÁSTAGO "Y" (203 ± 13 mm (8.0 ± 0.50 inch))				
MIDA LA PRESIÓN DE CARGA EXTENDIDA (1500 kPa (217 psi))				

Nota: Si la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de taller es superior a 11° agregue reste 2,54mm (0,10 inch) por cada 5,5°C

REVISIÓN Y CHEQUEO DE SUSPENSIONES DELANTERAS TRASERAS				
INSPECCIÓN	SUSPENSION DERECHA		SUSPENSION IZQUIERDA	
	REVISADO	OBSERVACION	REVISADO	OBSERVACION
REVISE QUE TODOS LOS PERNOS Y TUERCAS DE SUJECION SE ENCUENTREN PRESENTES Y EN BUEN ESTADO.				
VERIFICAR MARCAS DE REFERENCIA ENTRE TUERCA, PERNO Y ESTRUCTURA				
INSPECCIONE SUSPENSION, CHASIS Y ZONA DE ANCLAJE ENTRE AMBAS, EN BUSCA DE FISURAS				
REVISE SI EL CRÓMO ESTÁ DAÑADO				
REVISE EL SELLO LIMPIADOR, COMPROBAR QUE ESTÉ EN SU LUGAR Y AJUSTADO AL BASTAGO				
REVISE SI HAY FUGAS DE ACEITE O GRASA				
REVISIÓN DE UNIONES MECANICAS				
LUBRICACION DIARIA EN PUNTOS CRITICOS				
MEDICION DE ACUMULADORES				

Fuente: elaboración propia

Ilustración 27 pauta mejorada parte 10

10.INSPECCION DE AREA NEUMATICOS


ACTIVIDAD	EJECUTOR [mecánico]	OBSERVACIÓN
Verificación de estado de bota piedras		
Regularizar/Estandarizar extensión de válvulas		
Ajuste barras de acople		
Revisión cilindro de suspensión		
Inspección bandas y flancos		
Chequear torque de pernos y tuercas de llantas Toque 1.050±115 Nm (842.2 ±110.6 Lb)		

POS#	PRESIÓN	REMAMANTE	PROF. INTERIOR	PROF. EXTERIOR
1				
2				
3				
4				
5				
6				



Fuente: elaboración propia

Ilustración 28 pauta mejorada parte 11



11.INSPECCION SISTEMA DE ENGRASE

ACTIVIDAD	EJECUTOR [mecánico]	OBSERVACIÓN
Inspeccionar nivel de tanque de grasa		
chequeo de válvula de venteo, bomba, flexibles		
Inspeccionar inyectores de grasa en sistema de engrase automático		
Inspección de líneas y flexibles		
Limpieza de sistema		
Lubricar cardán		
Lubricar cojinete del mando ventilador y polea ajuste correa ventilador		
Observaciones:		
OBSERVACIONES-COMPONENTES CAMBIADOS		

Fuente: elaboración propia

5.6 Etapas de implementación del plan

Ilustración 29 implementación plan

fase	actividades principales	responsable	duracion
I	Diagnóstico técnico detallado	Supervisor mecánico	1 semanas
II	Capacitación de personal técnico	RR.HH. y proveedor externo	1 semanas
III	Ejecución y seguimiento	Jefe de mantenimiento	6 semanas
IV	Evaluación final de resultados	Dirección técnica	10 semanas

Fuente: elaboración propia

5.7 Control y Evaluación

El éxito del plan será evaluado mediante la medición de los indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad, comparando los valores antes y después de la implementación.

Además, se realizarán reuniones mensuales de revisión de desempeño y análisis de fallas para asegurar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

5.8 Sostenibilidad de la Propuesta

Para asegurar la continuidad del sistema, se recomienda:

- Integrar el mantenimiento predictivo como parte del plan anual de Ferpi.
- Mantener un programa de actualización tecnológica y capacitación del personal.
- Fomentar una cultura organizacional basada en la mejora continua y la seguridad operacional.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusión

El estudio desarrollado permitió evidenciar que la actual estrategia de mantenimiento aplicada a los camiones CAEX caterpillar 789C representan activos críticos dentro de faena los colorados y que la actual gestión no cumple completamente con los estándares requeridos para una operación segura, eficiente, y sostenible. La alta recurrencia de fallas junto a una falta de planificación adecuada genera importantes pérdidas económicas y la operabilidad de las flotas.

La aplicación de herramientas como el análisis de criticidad y el AMFEC permitió identificar de forma clara los sistemas y componentes mas vulnerables. Así como los modos de fallo con mayor impacto.

Este enfoque demostró la necesidad urgente de reforzar el mantenimiento preventivo apoyado en técnicas de monitoreo y una planificación estructurada.

La propuesta desarrollada no solamente contribuirá a la reducción de fallas y tiempos de inactividad, sino que también favorecerá una operación más segura, organizada y alineada con los principios de mejora continua dentro de la industria minera. Su implementación contribuirá directamente a reducir la cantidad de detenciones no programadas, aumentar la disponibilidad de la flota CAEX 789C, mejorar la confiabilidad operacional y disminuir los costos asociados a fallas críticas y reparaciones mayoritarias.

En conclusión, la investigación demostró que la optimización de la pauta de mantenimiento constituye un paso necesario y estratégico para elevar los estándares operacionales de Ferpi y asegurar la continuidad productiva de la faena Los Colorados. La propuesta presentada ofrece una base sólida para futuros avances en la gestión del mantenimiento, promoviendo una operación más confiable y eficiente, con beneficios sostenibles en el tiempo.

6.3 Proyección Futura

La propuesta desarrollada busca a corto plazo, que la implementación de la pauta de mantenimiento mejorada permita disminuir la cantidad de fallas no programadas, aumentando disponibilidad y confiabilidad.

A mediano plazo, las mejoras servirán como base para introducir métodos de mantenimiento basado en condición y herramientas tecnológicas que apoyen el monitoreo de los sistemas críticos. Esto permitirá realizar diagnósticos más precisos y optimizar la planificación y reduciendo las intervenciones correctivas.

A largo plazo se proyecta que ferpi pueda integrar tecnologías mas avanzadas como sistemas de monitoreo preventivo y plataformas digitales para la gestión del mantenimiento, permitiendo así, tomar decisiones en tiempo real. Esto ayudara a mejorar la vida útil de los equipos y elevar los estándares exigidos por la industria minera.