



UNIVERSIDAD **DE ATACAMA**

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**OPTIMIZAR LA GESTIÓN DE DISPONIBILIDAD Y PLANES DE
MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE 20 CAMIONES DE TRANSPORTE
ARTICULADOS MODELO MT - 65 EPIROC EN LA COMPAÑÍA MINERA
PUCOBRE S.A.**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de
Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial

Profesor guía: Sr. Osvaldo Durán Artigas

Daniel Alberto Flores Salas
Daniel Ángel Urrea Acevedo

Copiapó, Chile 2023

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a mi esposa por su interminable apoyo, ayuda y comprensión.

A mí maravilloso hijo Tomás, quien me inspira a ser mejor, cada día con toda su sabiduría y amor.

A mis padres por entregar buenos valores.

A mis amigos por entregar siempre una palabra de apoyo y finalmente a la universidad y todos sus docentes, por la paciencia y la enseñanza entregada.

Atte.

Daniel Alberto Flores Salas.

DEDICATORIA

El presente proyecto de título está dedicado a toda mi familia, en especial a mi esposa Andrea, por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de este camino de preparación.

A todas las personas que me acompañaron y me dieron palabra de apoyo en esta etapa de formación profesional.

Atte.

Daniel Alberto Flores Salas.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios creador por darme la oportunidad de estudiar, a mi Padre Renato Urrea por sus sabios consejos, a mi Madre Leocadia Acevedo por apoyarme siempre, a mi esposa Romina González y a mis hijas Isidora y Renata que me acompañaron y supieron apoyarme en este proceso formativo para convertirme en profesional.

También agradecer a mi grupo de compañeros de curso por su gran apoyo, a mi profesor guía el Sr. Osvaldo Durán en la realización del presente proyecto de título y en general a todos los profesores de la Universidad de Atacama que me brindaron su apoyo y conocimientos en dicho proceso formativo.

Atte.

Daniel Ángel Urrea Acevedo.

DEDICATORIA

Este proceso universitario se lo dedico de corazón a Dios y a mis queridos Padres que están en el cielo y siempre pusieron lo mejor de ellos para que a mí me fuera bien, hoy se extrañan mucho y toda mi gratitud para ellos.

Atte.

Daniel Ángel Urrea Acevedo.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.2. Descripción del proyecto de título	2
1.3. Importancia del proyecto de título	2
1.4. Problemática.....	4
1.5. Posible cambio o mejora	6
1.6. Objetivo general	8
1.7. Objetivos específicos	8
1.8. Variables e indicadores	8
1.8.1. Variables	9
1.8.2. Indicadores	10
1.9. Descripción de capítulos	11
CAPÍTULO II	13
MARCO TEÓRICO	13
2.1. Empresa Pucobre S.A.	13
2.2. Administración.....	15
2.3. Mantenimiento	15
2.3.1. Mantenimiento Correctivo (MC)	16
2.3.2 Mantenimiento Preventivo (MP)	16
2.3.3. Mantenimiento Predictivo (MdP)	16
2.3.4. Mantenimiento Proactivo (MPro)	17
2.3.5. Mantenimiento Correctivo Planificado (MCP).....	17
2.3.6. Mantenimiento Basado en la Condición (MBC).....	17
2.4. Indicadores de mantenimiento	18
2.4.1. Disponibilidad	18
2.5. Diagrama de dispersión.....	19
2.6. Metodología de análisis de fallas sus efectos y criticidad.....	21

CAPÍTULO III.....	25
MARCO METODOLÓGICO	25
3.1. Antecedentes generales camión MT-65 EPIROC.....	25
3.1. Especificaciones técnicas	28
3.2. Descripción del equipo.....	29
3.3. Descripción y funcionamiento de los sistemas	31
3.3.1. Sistema motor	31
3.3.2. Sistema transmisión	33
3.3.3. Sistema UP-BOX	35
3.3.4. Sistema de ejes	36
3.3.5. Sistema hidráulico	37
3.3.6. Cuerpo de válvula principal VMC	39
3.3.7. Sistema RCS	39
3.4. Capacidad y dimensiones	40
3.5. Motor y velocidades.....	41
3.6. Estructura técnica del camión MT-65 EPIROC	42
3.6.1. Sistemas	42
3.7. Mantenimiento preventivo aplicado a camiones MT-65 EPIROC	44
3.8. Metodología mejora indicador de disponibilidad y planes de mantenimiento	45
CAPÍTULO IV	46
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	46
4.1. Diagnóstico situación actual mantenimiento equipo.....	46
4.2. Registro de mantención.....	48
4.2.1. Análisis Pareto	48
4.3. Análisis de falla camión MT - 65 EPIROC	49
4.3.1. Análisis de fallas camión articulado MT - 65 EPIROC.....	50
4.3.2. Oportunidades de mejora	56
4.4. Análisis FMECA camión articulado MT-65 EPIROC	56
4.5. Propuestas de nuevas pautas de mantenimiento camión articulado MT-65 EPIROC.....	61
4.6. Costos asociados	65
4.7. Evaluación económica de frecuencia de mantenimiento	67

4.8. Evaluación general de costos	68
4.9. Análisis de resultados.....	69
CAPÍTULO V.....	73
CONCLUSIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS.....	77
ANEXO 1: FORMATO DE ANÁLISIS DE FALLA	77
ANEXO 2: PAUTA DE MANTENIMIENTO 250 HORAS CAMIÓN ARTICULADO MT-65 EPIROC	79
ANEXO 3: PAUTA DE MANTENIMIENTO 500 HORAS CAMIÓN ARTICULADO MT-65 EPIROC	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Instalaciones Minera Pucobre S.A.	14
Figura N° 2.2: Organigrama empresa Pucobre S.A.	15
Figura N° 2.3: Ejemplo de formato de un gráfico Jack – Knife.	21
Figura N° 3.1: Camión MT-65 EPIROC.	29
Figura N° 3.2: Camiones Minetruck (MT).	31
Figura N° 3.3: Sistema motor MT-65 EPIROC.	32
Figura N° 3.4: Sistema y componentes motor MT-65 EPIROC.	33
Figura N° 3.5: Sensores del motor MT-65 EPIROC.	33
Figura N° 3.6: Sistema de transmisión, camión MT-65 EPIROC.	34
Figura N° 3.7: Sistema UP-BOX, camión MT-65 EPIROC.	35
Figura N° 3.8: Sistema UP-BOX, camión MT-65 EPIROC.	36
Figura N° 3.9: Sistema de ejes, camión MT-65 EPIROC.	37
Figura N° 3.10: Sistema hidráulico, camión MT-65 EPIROC.	38
Figura N° 3.11: Cuerpo de válvula principal VMC, camión MT-65 EPIROC.	39
Figura N° 3.12: Sistema RCS, camión MT-65 EPIROC.	40
Figura N° 3.13: Sistemas y subsistemas, camión MT-65 EPIROC.	44
Figura N° 4.1: Mantenimiento actual aplicado.	46
Figura N° 4.2: Secuencia gestión del mantenimiento.	47
Figura N° 4.3: Detalle del plan de producción.	48
Figura N° 4.4: Diagrama de Pareto.	48
Figura N° 4.5: Diagrama Jack Knife y Pareto camión articulado MT – 65 EPIROC.	53
Figura N° 4.6: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de cabina camión articulado MT – 65 EPIROC.	53
Figura N° 4.7: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de transmisión camión articulado MT – 65 EPIROC.	54
Figura N° 4.8: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de motor camión articulado MT – 65 EPIROC.	54
Figura N° 4.9: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema hidráulico camión articulado MT – 65 EPIROC.	55
Figura N° 4.10: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema eléctrico camión articulado	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1: Velocidades alcanzados por cada marcha, camión MT-65 EPIROC.....	42
Tabla N° 3.2: Sistemas que componen el camión MT-65 EPIROC.	43
Tabla N° 4.1: Análisis de falla por sistema.....	49
Tabla N° 4.2: Análisis de falla por sistema.....	50
Tabla N° 4.3: FMECA camión articulado MT-65 EPIROC.....	58
Tabla N° 4.4: Pauta de mantenimiento 250 hrs, actual y propuesta.	63
Tabla N° 4.5: Pauta de mantenimiento 500 hrs, actual y propuesta.	64
Tabla N° 4.6: Costos de la pauta de 250 horas actual y propuesta.	65
Tabla N° 4.7: Costos de la pauta de 500 horas actual y propuesta.	66
Tabla N° 4.8: Gastos por implementar mejoras.....	67
Tabla N° 4.9: Costos actuales (US\$) pauta de mantenimiento 250 y 500 horas.	67
Tabla N° 4.10: Costos nuevos (US\$) pauta de mantenimiento 250 y 500 horas.....	68
Tabla N° 4.11: Costos totales (US\$) pautas de mantenimiento actual y nueva, 250 y 500 horas.....	68

RESUMEN

La compañía minera Pucobre S.A. del norte de Chile utiliza una flota de 20 camiones articulados de la marca EPIROC modelo MT-65, los cuales se han ido incorporando gradualmente. El departamento de mantenimiento mina se encarga de mantener los equipos recién mencionados. Han implementado políticas tanto de mantenimiento correctivo como preventivo para estos equipos. La política preventiva se lleva a cabo cada 250 horas y ofrece cuatro opciones distintas: 250 horas, 500 horas, 1.000 horas y 2.000 horas, con costos que oscilan entre USD\$ 28.237,4 y USD\$ 33.640,2. Además del mantenimiento preventivo, se lleva a cabo también el mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento se realiza cuando un sistema, sub-sistema o componente presenta una falla, y tiene como objetivo reparar o reemplazar lo que está averiado. La implementación de esta política genera tiempos de paradas indeseables en los equipos, lo cual afecta la confiabilidad y disponibilidad programada de la flota. Se llevan a cabo diagramas Jack - Knife para identificar cuáles son los componentes de los subsistemas que impactan negativamente en la disponibilidad y confiabilidad. Estos diagramas parten desde los sistemas de los camiones y llegan hasta los componentes que más afectan los índices estudiados.. La metodología utilizada para buscar mejoras a los componentes mencionados recientemente se conoce como FMECA (Metodología de Análisis de Fallas, Efectos y Criticidad). Mediante esta técnica, es posible identificar todas las posibles fallas y su nivel de importancia correspondiente. De esta manera, se pueden determinar las posibles causas de los inconvenientes presentados. Se plantean soluciones para reducir o prevenir las posibles fallas de cada componente, identificando sus causas. Estas soluciones incluyen nuevas tareas de mantenimiento, la implementación de políticas de mantenimiento predictivo y la colaboración con el área de operaciones mina. Hay varias mejoras disponibles para los componentes, algunas de las cuales son simplemente inspecciones o seguimiento del estado del componente. Otras mejoras requieren un costo adicional para cambiar el componente y comprar nuevos instrumentos. Al concluir, se observa una disminución en los costos. En el caso de la pauta de 500 horas, esta disminución es de USD\$ 17.757,2. Además, los gastos en instrumentos e insumos ascienden a un total de USD\$ 78,45 por equipo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes generales

El objetivo principal de una empresa minera es maximizar la venta de mineral al menor costo posible. Esto se logra en gran medida gracias a la operación eficiente de los camiones encargados del transporte de mineral desde el yacimiento hasta el punto de carga. Por lo tanto, es esencial que estos equipos estén siempre disponibles y en funcionamiento para garantizar que el mineral llegue a su destino final. La falta de disponibilidad de estos camiones afectaría negativamente la producción y la capacidad de comercialización del producto final.

El departamento de mantenimiento mina desempeña un papel fundamental al brindar servicios que buscan mantener los equipos operativos de manera rentable. Este objetivo se logra a través de diversas estrategias de mantenimiento, que incluyen mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo. La elección de la estrategia de mantenimiento adecuada depende de las necesidades específicas, los plazos y los costos involucrados.

Dado el constante interés de la empresa en reducir los costos de mantenimiento y mejorar las estrategias de mantenimiento, es crucial buscar constantemente formas de abordar las fallas que puedan ocurrir en los equipos. La información relacionada con estas fallas, como los tiempos de reparación, la frecuencia de ocurrencia, los intervalos entre fallas y los costos asociados a las reparaciones, desempeña un papel vital. Los ingenieros del departamento de mantenimiento utilizan esta información para realizar análisis y estudios que buscan minimizar los costos y aumentar la disponibilidad de los equipos, lo que a su vez mejora la confiabilidad de los mismos para la operación minera.

Compañía Minera Pucobre S.A. opera actualmente con una flota de 20 camiones de la marca EPIROC, modelo MT-65. Estos camiones comenzaron a operar gradualmente en 2018, por lo que aún no se dispone de una cantidad significativa de datos sobre sus fallas

y sus pautas de mantenimiento pueden no abordar todos los componentes de manera óptima. Por lo tanto, este proyecto de título tiene como objetivo principal mejorar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de estos camiones.

Al concluir este proyecto de título, se esperan mejoras en las pautas de mantenimiento y se propondrán acciones concretas para aumentar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos críticos de la flota. Todo esto se llevará a cabo con un enfoque en la eficiencia de costos, con el objetivo de contribuir al aumento del flujo de materia prima de la empresa minera.

1.2. Descripción del proyecto de título

La industria minera es un sector crítico que demanda una alta disponibilidad y eficiencia en sus operaciones para garantizar la producción y reducir los costos asociados con el mantenimiento y la reparación de equipos. En este contexto, los camiones de transporte juegan un papel fundamental en el transporte de minerales y materiales, y su funcionamiento óptimo es esencial para la operatividad de la mina.

La Compañía Minera Pucobre S.A. utiliza camiones de transporte articulados MT-65 EPIROC para llevar a cabo sus operaciones diarias. Sin embargo, es posible que se enfrenten a desafíos relacionados con la disponibilidad de la flota y la eficacia de los planes de mantenimiento actuales. Este proyecto de título tiene como objetivo proponer mejoras en el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento para optimizar el rendimiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC y mejorar la productividad general de la compañía.

1.3. Importancia del proyecto de título

La necesidad de llevar a cabo el proyecto de título para mejorar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones de transporte

MT-65 EPIROC pertenecientes a la Compañía Minera Pucobre S.A. surge por varias razones de importancia crítica:

1. **Optimización de Recursos:** Una flota de camiones de transporte en una empresa minera es esencial para la operación diaria. Mejorar la disponibilidad y el mantenimiento de estos camiones permite optimizar el uso de recursos y maximizar la producción, evitando pérdidas de tiempo y recursos debido a camiones inoperativos.
2. **Reducción de Costos:** El tiempo de inactividad de los camiones debido a reparaciones no planificadas y fallas imprevistas puede resultar en costos significativos. Un plan de mantenimiento efectivo puede ayudar a reducir los costos asociados con reparaciones de emergencia, pérdida de producción y reemplazo de componentes costosos.
3. **Seguridad del Personal:** Un mantenimiento adecuado de la flota garantiza que los camiones estén en condiciones seguras para su operación. Las fallas mecánicas pueden dar lugar a accidentes graves que pongan en riesgo la seguridad de los conductores y otros trabajadores en la mina.
4. **Cumplimiento Normativo:** En la industria minera, existen regulaciones y estándares específicos relacionados con la seguridad y el mantenimiento de los equipos. Un plan de mantenimiento bien estructurado asegura que la empresa cumpla con estas regulaciones y evite posibles sanciones legales (seguros de los equipos).
5. **Mejora de la Eficiencia Operativa:** Una flota de camiones en buen estado y disponible en todo momento contribuye a una mayor eficiencia en las operaciones mineras. La carga y el transporte de minerales se realizan de manera más fluida y continua, lo que puede aumentar la producción general.

6. **Predicción de Fallas:** Mediante la implementación de sistemas de monitoreo y análisis de datos, es posible prever fallas potenciales en los camiones y realizar mantenimiento preventivo antes de que ocurran problemas mayores. Esto reduce el tiempo de inactividad no planificado y mejora la programación de mantenimiento.
7. **Imagen Corporativa:** Una operación minera eficiente y segura tiene un impacto positivo en la reputación de la compañía. La implementación de prácticas de mantenimiento sólidas refleja el compromiso de la empresa con la excelencia operativa y la sostenibilidad.
8. **Competitividad:** En un mercado competitivo, las empresas que pueden mantener su flota operativa de manera confiable y eficiente tienen una ventaja competitiva. Una flota de camiones bien mantenida permite cumplir con los plazos de entrega y las demandas del mercado de manera más efectiva.

En resumen, mejorar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC es esencial para garantizar la operación eficiente, segura y rentable de la mina. Esta mejora no solo impacta en la productividad, los costos operativos y de mantenimiento, sino que también tiene efectos positivos en la seguridad del personal y la reputación corporativa.

1.4. Problemática

La problemática del presente proyecto de título se centra en la necesidad de mejorar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de una flota de 20 camiones de transporte modelo MT-65 EPIROC, que forman parte de los activos de la compañía minera Pucobre S.A. Esta problemática se presenta como un desafío crítico para la operación y rentabilidad de la empresa debido a las siguientes razones:

1. **Disminución de la disponibilidad:** La disponibilidad de la flota de camiones es esencial para garantizar una operación minera eficiente. La falta de disponibilidad

de los camiones puede llevar a retrasos en la producción y pérdida de ingresos para la compañía.

2. **Costos de mantenimiento:** Los costos de mantenimiento de los camiones pueden representar una parte significativa de los gastos operativos de la empresa. La falta de una estrategia de mantenimiento efectiva puede resultar en gastos innecesarios y presupuestos desbordados.
3. **Impacto en la seguridad:** La operación de camiones en una mina es intrínsecamente peligrosa. La falta de un plan de mantenimiento adecuado puede aumentar el riesgo de accidentes y lesiones para los operadores y el personal de la mina.
4. **Eficiencia operativa:** La eficiencia operativa es esencial para mantener la competitividad en la industria minera. Los problemas de disponibilidad y mantenimiento de los camiones pueden afectar negativamente la productividad y la eficiencia de toda la operación.
5. **Cumplimiento de objetivos:** Pucobre S.A. probablemente tenga objetivos de producción y rendimiento que deben cumplirse para satisfacer las demandas del mercado y los accionistas. La falta de disponibilidad y un mantenimiento ineficaz pueden dificultar el logro de estos objetivos.

El proyecto de título busca abordar estas cuestiones identificando las causas subyacentes de la baja disponibilidad y los problemas de mantenimiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC. Además, se propone desarrollar estrategias y soluciones que ayuden a mejorar el indicador de disponibilidad y optimizar los planes de mantenimiento de manera que la flota funcione de manera más eficiente y segura. Este proyecto de título probablemente involucrará la revisión de prácticas actuales, la aplicación de métodos de análisis de datos y la implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo y mantenimiento preventivo para lograr los objetivos planteados.

1.5. Posible cambio o mejora

El posible cambio o mejora para optimizar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC de la Compañía Minera Pucobre S.A. podría ser la implementación de un enfoque integrado de gestión de activos y tecnología avanzada. A continuación, se describe este cambio en detalle:

Implementación de una Estrategia de Mantenimiento Predictivo y Gestión de Activos:

1. **Sistemas de Monitoreo Avanzado:** Instalar sensores y sistemas de monitoreo en cada camión MT-65 EPIROC para recopilar datos en tiempo real sobre su funcionamiento, rendimiento y condiciones operativas.
2. **Plataforma de Análisis de Datos:** Utilizar software de análisis de datos y técnicas de inteligencia artificial para procesar y analizar los datos recopilados. Identificar patrones, tendencias y señales tempranas de posibles fallas.
3. **Mantenimiento Predictivo:** Utilizar los análisis de datos para prever fallas potenciales en los camiones. Generar alertas anticipadas y programar intervenciones de mantenimiento preventivo en función de los datos y pronósticos.
4. **Planificación de Mantenimiento Inteligente:** Desarrollar un plan de mantenimiento personalizado para cada camión, basado en su historial de operación, condiciones actuales y pronósticos de fallas. Esto optimizará la duración y la eficiencia de las intervenciones de mantenimiento.
5. **Gestión de Repuestos Optimizada:** Utilizar el análisis de datos para predecir cuándo se necesitarán repuestos y componentes. Mantener un inventario justo a tiempo para evitar demoras y reducir costos de almacenamiento.
6. **Programación de Mantenimiento:** Implementar un sistema de programación de mantenimiento que optimice el tiempo de inactividad, aprovechando los

momentos en que la producción se reduce o se detiene, como los cambios de turno o las pausas planificadas.

7. **Capacitación Continua:** Brindar capacitación a los equipos de mantenimiento para que puedan interpretar y utilizar los datos recopilados. Equiparlos con habilidades para realizar un mantenimiento más eficiente y efectivo.
8. **Evaluación y Ajustes Constantes:** Realizar revisiones periódicas de la estrategia implementada, analizar la eficacia de los planes de mantenimiento y ajustarlos según sea necesario.

Beneficios Esperados:

- **Mayor Disponibilidad:** La adopción de un enfoque predictivo y basado en datos minimiza los tiempos de inactividad no planificados, mejorando la disponibilidad de la flota.
- **Reducción de Costos:** La optimización del mantenimiento reduce los gastos asociados con reparaciones de emergencia y tiempo de inactividad.
- **Seguridad Mejorada:** El mantenimiento preventivo reduce la probabilidad de fallas inesperadas que puedan poner en peligro la seguridad del personal.
- **Eficiencia Operativa:** La programación de mantenimiento inteligente permite realizar intervenciones de mantenimiento sin afectar en gran medida la producción.
- **Reputación Mejorada:** Una operación confiable y eficiente mejora la imagen corporativa y la confianza de los inversores y clientes.
- **Ventaja Competitiva:** Una flota de camiones operando de manera confiable y eficiente mejora la posición competitiva de la empresa en el mercado.

En resumen, la implementación de una estrategia de mantenimiento predictivo y gestión de activos basada en datos puede proporcionar mejoras significativas en la

disponibilidad, eficiencia y seguridad de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC de Compañía Minera Pucobre S.A.

1.6. Objetivo general

Optimizar el indicador de disponibilidad y los programas de mantenimiento de la flota de 20 camiones de transporte articulados MT-65 EPIROC pertenecientes a la compañía minera Pucobre S.A.

1.7. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual del mantenimiento y plan de mantención de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC pertenecientes a la Compañía Minera Pucobre S.A.
- Identificar las causas principales de fallas y tiempos de inactividad de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.
- Proponer estrategias para mejorar los planes de mantenimiento preventivo y predictivo de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC, basados en análisis de datos históricos y técnicas de mantenimiento avanzadas.
- Definir los costos relacionados con la innovadora estrategia de gestión de mantenimiento implementada mediante las pautas de 250 y 500 horas, aplicados específicamente a la flota compuesta por 20 camiones articulados MT-65 EPIROC

1.8. Variables e indicadores

Para llevar a cabo una evaluación completa de la mejora del indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones de transporte MT-65 de EPIROC en la Compañía Minera Pucobre S.A., es importante definir las variables e indicadores

clave que se utilizarán para medir el rendimiento y el impacto de las mejoras propuestas. Aquí se presentan algunas variables e indicadores relevantes:

1.8.1. Variables

1. Disponibilidad de la Flota de Camiones (D)

- **Definición:** La proporción de tiempo durante el cual los camiones están operativos y disponibles para su uso en comparación con el tiempo total.
- **Indicador:** Porcentaje de tiempo de disponibilidad de la flota de camiones.

2. Costos de Mantenimiento (CM)

- **Definición:** Los costos totales asociados con el mantenimiento de los camiones, que incluyen piezas de repuesto, mano de obra, herramientas, etc.
- **Indicador:** Costo total de mantenimiento en un período de tiempo específico.

3. Tiempo de Inactividad No Planificado (TINP)

- **Definición:** El tiempo en el que los camiones están fuera de servicio debido a fallas no planificadas o reparaciones urgentes.
- **Indicador:** Cantidad de horas o días de tiempo de inactividad no planificado.

4. Eficiencia de Costos (EC)

- **Definición:** La relación entre la disponibilidad de los camiones y los costos de mantenimiento, que refleja la eficiencia en el uso de los recursos.
- **Indicador:** Disponibilidad (%) / Costo total de mantenimiento.

1.8.2. Indicadores

1. Cumplimiento de Planes de Mantenimiento Preventivo

- **Indicador:** Porcentaje de cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo programados.

2. Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF)

- **Indicador:** El tiempo promedio que transcurre entre las fallas de los camiones.

3. Tiempo Promedio de Reparación (MTTR)

- **Indicador:** El tiempo promedio que se tarda en reparar un camión después de una falla.

4. Índice de Confiabilidad

- **Indicador:** Un indicador compuesto que evalúa la disponibilidad, MTBF, MTTR y el cumplimiento de planes de mantenimiento preventivo.

5. Reducción en los Costos de Mantenimiento

- **Indicador:** Porcentaje de reducción en los costos de mantenimiento antes y después de las mejoras.

6. Satisfacción del Personal de Mantenimiento

- **Indicador:** Encuestas o evaluaciones periódicas de satisfacción del personal de mantenimiento con respecto a las nuevas políticas y procesos implementados.

7. Producción de Mineral

- **Indicador:** Cantidad de mineral extraído y procesado durante un período específico.

8. Rentabilidad de la Operación:

- **Indicador:** Beneficio neto generado por la operación minera después de tener en cuenta los costos operativos, incluidos los costos de mantenimiento.

1.9. Descripción de capítulos

A continuación, se presenta un resumen del contenido de cada capítulo que forma parte del proyecto de título relacionado con la mejora del indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones de transporte MT-65 EPIROC en la Compañía Minera Pucobre S.A. Estos resúmenes son una guía general para entender el contenido de cada capítulo:

- **Capítulo I: Introducción.** Este capítulo introduce el problema a desarrollar en el proyecto de título y su importancia en la industria minera. Se plantea el objetivo general y específicos, metodología y la formulación de dicho proyecto de título.
- **Capítulo II. Marco Teórico.** Aquí se proporciona una revisión exhaustiva de la literatura relevante, que incluye conceptos de disponibilidad, mantenimiento en la industria minera y tecnologías de monitoreo. Se discuten las mejores prácticas y teorías relacionadas.

- **Capítulo III. Marco Metodológico.** En este capítulo se explica cómo se llevó a cabo el desarrollo del proyecto de título, incluyendo el diseño, la recopilación de datos y los métodos de análisis. Se describe el plan de implementación del nuevo programa de mantenimiento.
- **Capítulo IV. Resultados y Análisis.** En este capítulo se presentan los datos recopilados antes y después de la implementación. Se realiza un análisis de la disponibilidad de la flota de camiones, los costos de mantenimiento y el cumplimiento de los objetivos.
- **Capítulo V. Conclusiones.** Se resumen los hallazgos clave y se concluye sobre la efectividad del nuevo programa de mantenimiento. Se proporcionan recomendaciones para futuras mejoras y se cierra el estudio.
- **Bibliografía.** Se incluye una lista completa de todas las fuentes y referencias utilizadas en el proyecto de título.
- **Anexos.** Este capítulo contiene documentación adicional, gráficos, tablas, encuestas y cualquier otro material de apoyo relacionado con el proyecto de título.

Estos resúmenes de capítulos ofrecen una visión general del contenido y la estructura del proyecto de título con la mejora de la disponibilidad y los planes de mantenimiento en la industria minera. Los detalles específicos variarán según los resultados y la información analizada en el presente proyecto de título.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Empresa Pucobre S.A.

Minera Pucobre es una empresa minera ubicada en la ciudad de tierra amarilla, dedicada principalmente a la extracción de mineral de cobre que opera desde el año 1989.

Sus valores son:

- Integridad.
- Compromiso.
- Profesionalismo.
- Austeridad.

Misión área de mantención: Personas alineadas, disciplinadas e íntegras. Con un alto entendimiento valórico de la Seguridad y sentido de pertenencia sobre los activos que impulse el mejoramiento continuo, con un pensamiento manufacturero que apunte a ser cada día más Productivos.

Visión área de mantención: Asegurar el cumplimiento del Plan en todas sus dimensiones , incrementando nuestro estándar de mantenimiento. Basado en una cultura de mejoramiento continuo.

Operaciones: Empresa minera Pucobre S.A., concentra las siguientes operaciones:

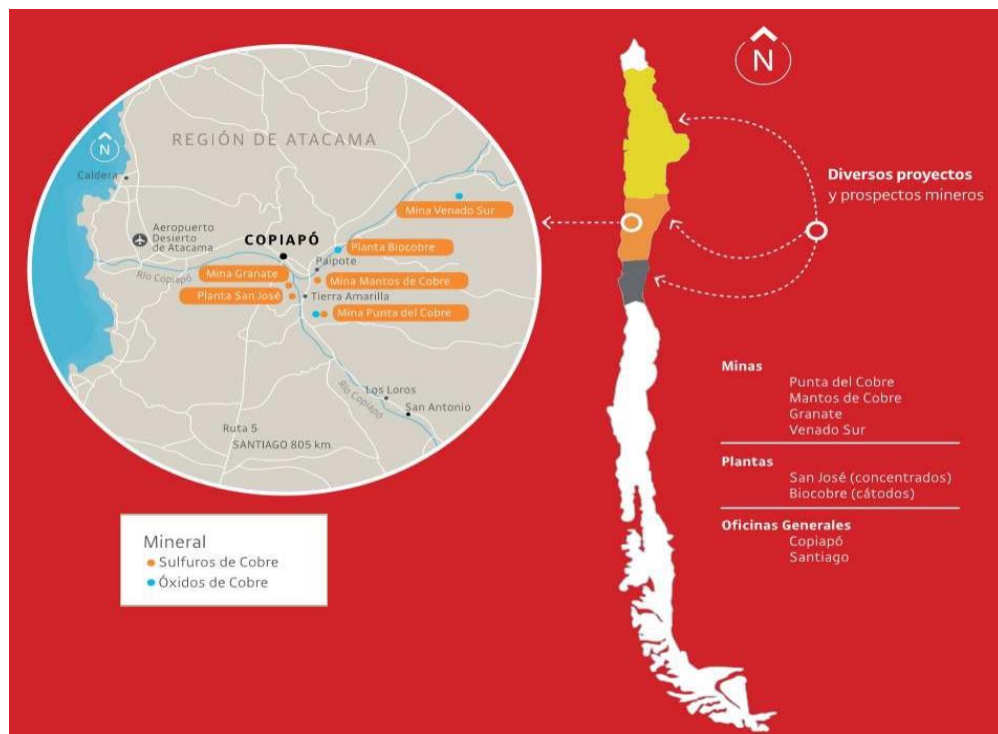
- Mina Punta del Cobre.

- Mina Mantos de Cobre.
- Mina Granate.
- Planta San José.
- Planta Bío Cobre.

Proyectos: Empresa minera Pucobre S.A., concentra las siguientes proyectos:

- El espino.
- Tovaku.

Figura N° 2.1: Instalaciones Minera Pucobre S.A.

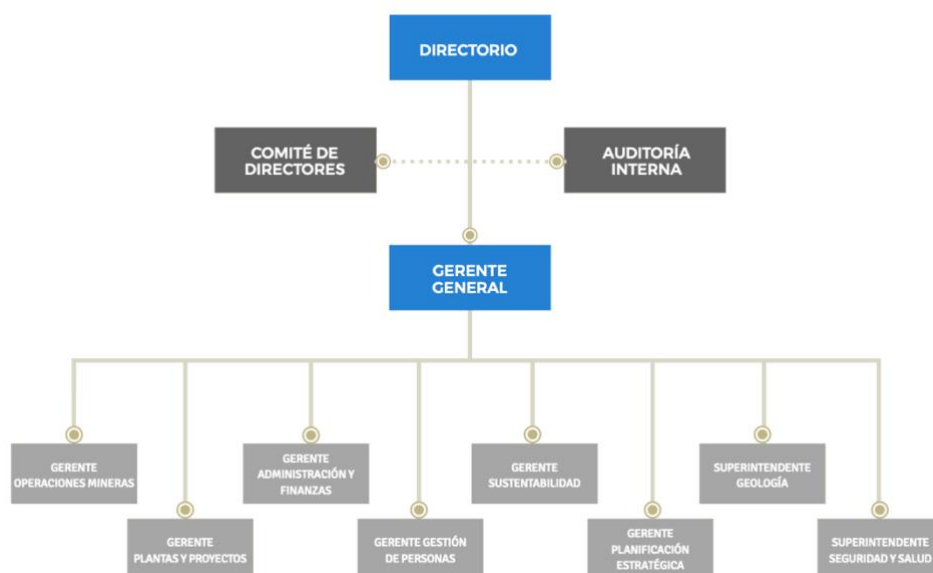


Fuente: memoria anual Pucobre, 2021.

2.2. Administración

La administración designada por el Directorio está compuesta por un Gerente General quien ejecuta sus funciones a través de una organización estructurada en base a Gerencias y Superintendencias (ver Figura N° 2.2).

Figura N° 2.2: Organigrama empresa Pucobre S.A.



Fuente: Memoria anual Pucobre, 2021.

2.3. Mantenimiento

El mantenimiento se refiere al conjunto de actividades y procesos diseñados para conservar, reparar y restaurar equipos, sistemas, infraestructuras y activos en general en un estado operativo óptimo a lo largo de su ciclo de vida. El mantenimiento es esencial para garantizar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia de los activos, ya sea en una empresa, una planta industrial, un edificio o cualquier otra infraestructura.

Existen varios tipos de mantenimiento, cada uno adaptado a diferentes necesidades y circunstancias. Los principales tipos de mantenimiento son los siguientes:

2.3.1. Mantenimiento Correctivo (MC)

- **Definición:** El mantenimiento correctivo se realiza en respuesta a una falla o un problema que ya ha ocurrido. El objetivo es reparar el equipo o sistema para devolverlo a su estado operativo normal.
- **Características:** Es reactivo y suele ser costoso debido a la interrupción no planificada de la operación. Puede resultar en tiempos de inactividad no programados.

2.3.2 Mantenimiento Preventivo (MP)

- **Definición:** El mantenimiento preventivo implica realizar actividades de inspección, limpieza, ajuste y reemplazo de componentes en intervalos regulares. Su objetivo es prevenir fallas y mantener el equipo en condiciones óptimas.
- **Características:** Es planificado y programado con antelación. Ayuda a reducir la probabilidad de fallas inesperadas, pero puede ser costoso debido a la sustitución periódica de componentes.

2.3.3. Mantenimiento Predictivo (MdP)

- **Definición:** El mantenimiento predictivo utiliza técnicas de monitoreo continuo y análisis de datos para identificar signos tempranos de deterioro o fallas potenciales en los equipos. Se basa en la recolección de datos en tiempo real.
- **Características:** Minimiza el tiempo de inactividad al anticipar fallas y realizar reparaciones solo cuando son necesarias. Puede ser costoso implementar sistemas de monitoreo.

2.3.4. Mantenimiento Proactivo (MPro)

- **Definición:** El mantenimiento proactivo va más allá de la detección de fallas y busca identificar y abordar las causas subyacentes de los problemas antes de que ocurran. Se centra en la mejora continua.
- **Características:** Busca eliminar las causas raíz de los problemas y aumentar la confiabilidad a largo plazo de los activos. Requiere un enfoque sistemático y análisis profundos.

2.3.5. Mantenimiento Correctivo Planificado (MCP)

- **Definición:** El mantenimiento correctivo planificado se programa de manera anticipada en función de análisis de datos históricos y experiencia para abordar fallas que son previsibles pero no se pueden evitar.
- **Características:** Permite minimizar el impacto de las fallas previsibles al programarlas en momentos convenientes y con recursos disponibles.

2.3.6. Mantenimiento Basado en la Condición (MBC)

- **Definición:** El mantenimiento basado en la condición se basa en el monitoreo continuo de las condiciones operativas y el estado de los activos para determinar cuándo realizar el mantenimiento.
- **Características:** Las decisiones de mantenimiento se toman en función de las condiciones reales del equipo, lo que puede maximizar la vida útil de los activos y minimizar los costos.

La elección del tipo de mantenimiento adecuado depende de factores como la criticidad de los activos, el presupuesto disponible, la disponibilidad de recursos, la tecnología

disponible y las metas de disponibilidad y confiabilidad. En muchos casos, se utiliza una combinación de estos tipos de mantenimiento para optimizar la gestión de activos.

2.4. Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento son medidas cuantitativas o cualitativas utilizadas para evaluar y monitorear el rendimiento y la eficacia de las actividades de mantenimiento en una organización. Estos indicadores son esenciales para medir la disponibilidad de equipos, la eficiencia de costos y la confiabilidad de los activos. A continuación, se presentan algunos ejemplos de indicadores de mantenimiento.

2.4.1. Disponibilidad

“Es innegable que, en algún momento, cualquier equipo en funcionamiento experimentará una falla, lo que resultará en una interrupción de la producción y la necesidad de realizar reparaciones durante cierto período de tiempo. La disponibilidad se define como una relación matemática que permite calcular el porcentaje de tiempo en el que un elemento o equipo específico estará en condiciones de operar. De acuerdo con la definición de disponibilidad, se refiere a la probabilidad de que el sistema esté preparado para llevar a cabo su función designada en su entorno operativo especificado y planificado, cuando se requiera en un momento aleatorio o durante un período de tiempo determinado”.

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \text{ (Ec. N° 2.1)}$$

Dónde:

- A: Disponibilidad.
- MTBF: Tiempo medio entre fallas.
- MTTR: Tiempo medio de reparación.

Es de suma importancia aclarar que el indicador MTTR es parte de la mantenibilidad y no de la confiabilidad. Para el cálculo de este se tiene:

$$\mathbf{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de inactividad}}{\text{Nº de averías}} \quad (\mathbf{Ec. N^\circ 2.2})$$

Y para calcular el MTBF, se tiene:

$$\mathbf{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total de un buen funcionamiento}}{\text{Nº de averías}} \quad (\mathbf{Ec. N^\circ 2.3})$$

Es importante mencionar que el cálculo del indicador de disponibilidad puede adoptar diferentes enfoques. En este sentido, hace referencia a la ecuación N° 2.1, en la que se enfoca únicamente en el impacto de las fallas en el elemento en cuestión. En otras palabras, este indicador específico considera exclusivamente los tiempos de reparación relacionados con el mantenimiento correctivo. Su valor oscila entre 0 y 1, y lo que se considera un rango de disponibilidad aceptable depende de las necesidades específicas de cada empresa.

2.5. Diagrama de dispersión

Un método que combina información sobre los tiempos de inactividad y la frecuencia de fallas es conocido como el diagrama de dispersión o Jack-Knife. Este enfoque se utiliza para identificar situaciones imprevistas que requieren mejoras con el fin de reducir su impacto en los indicadores de los equipos. Este tipo de diagrama se describe de la siguiente manera: "Los diagramas de dispersión de registros retienen la información esencial de un histograma de Pareto, pero permiten identificar los factores principales que influyen en las fallas, es decir, la frecuencia de fallas y el tiempo de inactividad o costo promedio. Al aplicar límites, los diagramas de dispersión de registros se dividen en cuatro cuadrantes para categorizar las fallas según su naturaleza aguda o crónica. Esta clasificación facilita el análisis de las causas fundamentales de las fallas y ayuda a identificar las fallas crónicas, que a menudo están relacionadas con costos de producción perdidos significativos.

Al comparar datos de fallas en períodos de tiempo consecutivos, los diagramas de dispersión de registros proporcionan una herramienta gráfica valiosa para evaluar el desempeño de las iniciativas de mejora del mantenimiento".

En la aplicación del método Jack-Knife, se emplean dos ejes: uno horizontal que representa las frecuencias de fallas (n) y otro vertical que representa los tiempos de reparación (MTTR). Los elementos bajo análisis se distribuyen en cuatro cuadrantes, que se definen mediante dos líneas perpendiculares: el límite de MTTR (para fallas agudas) y el límite de n (para fallas crónicas). El cálculo específico de estos límites se explica de la siguiente manera:

$$\text{Límite MTTR} = \frac{D}{N} \text{ (Ec. N° 2.4)}$$

Dónde:

- D: Tiempo total fuera de servicio.
- N: Número total de fallas.

$$\text{Límite n} = \frac{N}{Q} \text{ (Ec. N° 2.5)}$$

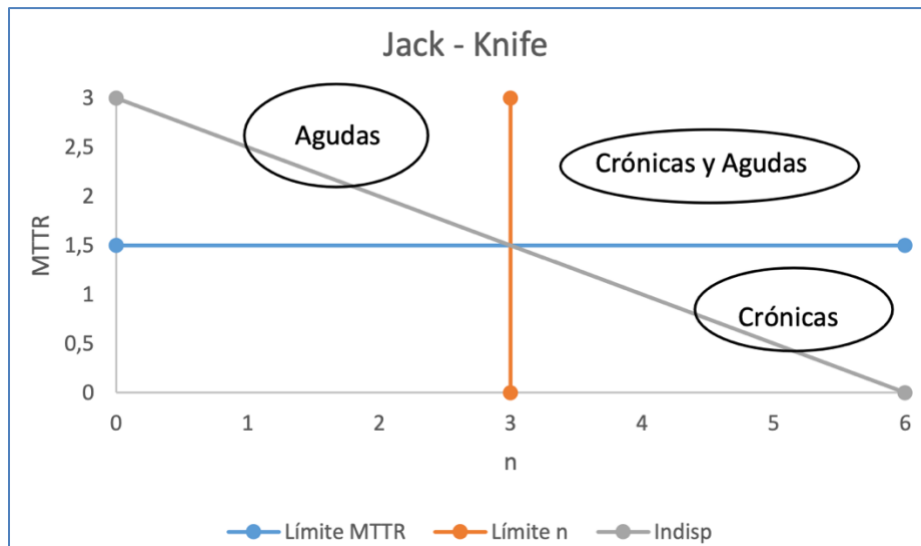
Dónde:

- N: Número total de fallas.
- Q: Número de códigos de fallas.

El gráfico de Jack-Knife se muestra a continuación en la Figura N° 2.3. En esta representación, los problemas crónicos o relacionados con el mantenimiento se ubican por encima del límite MTTR, mientras que los problemas agudos o relacionados con la

confiabilidad se sitúan al lado derecho del límite n. Además, se incluye una curva de indisponibilidad que se construye calculando el promedio de la indisponibilidad dividida por la frecuencia más baja para determinar su punto más alto, y dividiendo el mismo promedio de indisponibilidad por la frecuencia más alta para encontrar su punto más bajo.

Figura N° 2.3: Ejemplo de formato de un gráfico Jack – Knife.



Fuente: Knights,2001.

2.6. Metodología de análisis de fallas sus efectos y criticidad

Este es un proceso sistemático y sencillo que se utiliza para investigar, corregir y eliminar fallas en equipos, especialmente aquellas que son crónicas y recurrentes.

La Metodología de Análisis de Fallas, Efectos y Criticidad (FMECA) es un enfoque que aborda tanto el análisis de modos y efectos de falla como la evaluación de su criticidad, y es ampliamente empleado en la industria para identificar y eliminar fuentes de riesgo en los procesos.

Los pasos necesarios para llevar a cabo un FMECA de manera efectiva son los siguientes:

- I. **Funciones:** El proceso comienza por definir las funciones deseadas y los estándares de rendimiento asociados al activo en su contexto operativo actual (funciones).
- II. **Fallas Funcionales:** A continuación, se identifican las formas en que el activo puede fallar al desempeñar sus funciones (fallas funcionales).
- III. **Modos de Falla:** Se investiga qué provoca cada falla funcional (modos de falla) (JA1012, 2002).
- IV. **Efectos de Falla:** Se analiza lo que ocurre cuando se presenta cada falla funcional (efectos de falla).
- V. **Categorías de Consecuencias:** Se categorizan de manera formal las consecuencias de cada modo de falla, a continuación se indica su clasificación:
 - **Falla evidente:** Se trata de una situación en la que los efectos de un modo de falla aislado se hacen claramente perceptibles para el equipo de operadores en condiciones normales.
 - **Falla oculta:** Las fallas ocultas pueden ser identificadas al plantear la siguiente interrogante: "¿En circunstancias normales, algunos de los efectos de este modo de falla se vuelven evidentes para el equipo de operadores si la falla ocurre de manera aislada?" Si la respuesta a esta pregunta es negativa, entonces se clasifica como una falla oculta.
 - **Consecuencias en la Seguridad:** Se refiere a una situación en la que una falla tiene el potencial de causar daño o poner en peligro la vida de un ser humano en un grado inaceptable.

- **Consecuencias Ambientales:** En un nivel más amplio, el término "seguridad" se extiende para abarcar la seguridad y el bienestar de la sociedad en su conjunto. Las fallas que pueden tener un impacto en este sentido generalmente se catalogan como aspectos "ambientales".
 - **Consecuencias Operacionales:** Las fallas que afectan las funciones principales de estos activos pueden tener un impacto en la capacidad de la organización para generar ingresos y ganancias.
 - **Consecuencias No Operacionales:** Se refiere a las consecuencias de una falla evidente que no tienen efectos adversos directos en la seguridad, el medio ambiente o la capacidad operacional.
- VI. **Índice de gravedad:** Este índice se utiliza para evaluar la seriedad de los efectos de una falla. Utiliza una escala que va del 1 al 10, donde 1 indica una gravedad baja y 10 representa una gravedad alta.
- **Índice de gravedad individual:** Este índice está vinculado a cada uno de los efectos de una falla.
 - **Índice de gravedad acumulada:** Este índice corresponde al valor más alto entre los índices de gravedad individuales para cada posible modo de falla.
- VII. **Índice de ocurrencia:** Este índice se utiliza para categorizar la frecuencia con la que ocurre una causa. Al igual que el índice de gravedad, se evalúa en una escala que va del 1 al 10, donde 1 representa una frecuencia baja y 10 indica una frecuencia alta.
- VIII. **Índice de detectabilidad:** Este índice se refiere a la capacidad de los controles existentes para identificar una posible deficiencia en el proceso. Se evalúa en una escala de 1 a 10, donde 1 representa una alta capacidad de detección y 10 indica una capacidad de detección baja.

- IX. **Número de prioridad de riesgo (RPN):** Este parámetro se utiliza para determinar la prioridad de un riesgo y se calcula (ver ecuación N° 2.6) como el producto de los índices de gravedad total (S), frecuencia (O) y detectabilidad (D).

$$RPN_i = S_i \cdot O_i \cdot D_i \text{ (Ec. N° 2.6)}$$

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Antecedentes generales camión MT-65 EPIROC

El camión de transporte articulado MT-65 EPIROC tiene sus raíces en la evolución de los vehículos especializados para la minería subterránea, una industria que requiere equipos robustos y eficientes para el transporte de grandes volúmenes de mineral en condiciones exigentes. Desarrollado con el propósito específico de hacer frente a los desafíos de los yacimientos mineros subterráneos, el camión de transporte articulado MT-65 EPIROC ha sido diseñado meticulosamente para ofrecer un rendimiento excepcional, garantizar la seguridad y comodidad del operador. (González, Mantenimiento de equipos en la industria minera: Mejores prácticas y estrategias., 2018)

Con una capacidad máxima de carga de 65 toneladas, el camión MT-65 se destaca por su impresionante poder de tracción y su capacidad de acarreo, lo que lo convierte en una herramienta esencial en entornos mineros que requieren el transporte eficiente de grandes cantidades de mineral.

Para asegurar la comodidad del operador, el camión MT-65 está equipado con una suspensión hidráulica en el eje delantero, lo que contribuye a reducir las vibraciones y las irregularidades del terreno, proporcionando un entorno de trabajo más confortable. La cabina del camión es hermética y cumple con las certificaciones FOPS/ROPS (Falling Object Protective Structure/Roll-Over Protective Structure), ofreciendo así un nivel adicional de seguridad al operador. El asiento, con suspensión neumática, proporciona un apoyo ergonómico y está diseñado para minimizar la fatiga durante largas jornadas laborales. Además, se incorpora un cinturón de seguridad de 3 o 4 puntos para garantizar la protección del operador en caso de cualquier eventualidad.

El MT-65 no solo se destaca por su potencia y comodidad, sino también por su eficiencia en el mantenimiento. Cuenta con un box de mantenimiento que alberga la mayoría de los filtros utilizados en el equipo, facilitando las labores de servicio y

optimizando el tiempo de inactividad. La presencia de una plataforma de control avanzada llamada RCS (Remote Control System) agrega un componente tecnológico esencial al camión. Funcionando como un computador a bordo, el RCS proporciona información en tiempo real sobre el rendimiento del vehículo, contribuyendo a una mayor seguridad, fiabilidad y productividad en las operaciones mineras.

En resumen, el Camión MT-65 representa una síntesis de robustez, eficiencia y tecnología avanzada, cumpliendo con los rigurosos estándares exigidos por la industria minera subterránea. Su diseño centrado en el operador y su capacidad para enfrentar las condiciones más desafiantes lo posicionan como una herramienta indispensable para la extracción y transporte de minerales en entornos subterráneos.

Características clave:

1. **Capacidad de carga:** El camión MT-65 destaca por su capacidad de acarreo de hasta 65 toneladas, lo que lo convierte en un vehículo robusto y capaz de manejar grandes volúmenes de mineral en cada viaje.
2. **Tracción potente:** El alto poder de tracción del camión MT-65 asegura un rendimiento óptimo en terrenos difíciles y empinados, comunes en entornos mineros subterráneos.
3. **Confort del operador:** La atención al confort del operador es una prioridad en el diseño. La suspensión hidráulica en el eje delantero reduce las vibraciones y las irregularidades del camino, proporcionando una experiencia de conducción más suave. La cabina hermética y certificada FOPS/ROPS garantiza la seguridad del operador.
4. **Asiento ergonómico:** El camión está equipado con un asiento cómodo con suspensión neumática, lo que contribuye a reducir la fatiga del operador durante largas jornadas de trabajo.

5. **Seguridad:** El vehículo cuenta con un cinturón de seguridad de 3 o 4 puntos para asegurar la protección del operador en caso de cualquier eventualidad.
6. **Sistema de mantenimiento integrado:** El box de mantención del camión MT-65 alberga la mayoría de los filtros utilizados en el equipo, facilitando las labores de mantenimiento y asegurando un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.
7. **Plataforma de control RCS:** La presencia de una plataforma de control avanzada, conocida como RCS (Remote Control System), desempeña funciones similares a un computador a bordo. Este sistema no solo proporciona información en tiempo real sobre el estado del camión, sino que también contribuye a mejorar la seguridad, la fiabilidad del servicio y la productividad general.
8. **Sistema de Control RCS:** El sistema de control RCS no solo actúa como un punto central de monitoreo, sino que también permite a los operadores realizar ajustes en tiempo real para optimizar la eficiencia del camión. A través de interfaces intuitivas, los operadores pueden acceder a datos críticos, como la temperatura del motor, niveles de combustible y presión de los neumáticos, lo que contribuye a una toma de decisiones informada.
9. **Eficiencia Energética:** El Camión MT-65 no solo se destaca por su capacidad de carga, sino también por su eficiencia energética. Equipado con tecnologías de vanguardia, como sistemas de gestión del motor y frenos regenerativos, maximiza el rendimiento por tonelada de mineral transportado. Esto no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora la rentabilidad a largo plazo.
10. **Adaptabilidad a Condiciones Extremas:** Diseñado para enfrentar condiciones extremas, el MT-65 incorpora características como sistemas de enfriamiento avanzados para garantizar un rendimiento óptimo incluso en entornos de alta temperatura. La resistencia a la corrosión y a elementos adversos mejora la durabilidad del camión en condiciones mineras desafiantes.

11. **Mantenimiento Predictivo:** La plataforma RCS no solo se limita al monitoreo en tiempo real, sino que también habilita estrategias de mantenimiento predictivo. Analizando datos históricos y patrones de rendimiento, el sistema puede prever posibles problemas mecánicos, permitiendo intervenciones programadas para minimizar el tiempo de inactividad y aumentar la disponibilidad operativa.
12. **Seguridad Avanzada:** Además de las certificaciones FOPS/ROPS, el camión MT-65 integra sistemas de seguridad avanzados, como cámaras de visión trasera y sensores de proximidad. Estos dispositivos ayudan a los operadores a maniobrar de manera segura en entornos estrechos y a mantener la conciencia situacional en todo momento.
13. **Integración con Sistemas de Gestión Minera:** El camión MT-65 se integra de manera fluida con los sistemas de gestión minera existentes. Esto facilita la coordinación logística, la planificación de rutas y la optimización de la flota, contribuyendo a una operación minera más eficiente y rentable.

En resumen, el Camión MT-65 no solo destaca por su robustez y capacidad de carga, sino también por su enfoque en la seguridad y el confort del operador, así como por la integración de tecnologías avanzadas que optimizan la eficiencia operativa en entornos mineros subterráneos.

En conclusión, el Camión MT-65 no solo es una potente herramienta de transporte de minerales, sino una solución integral que aborda los desafíos específicos de la minería subterránea. Desde su capacidad de carga hasta su enfoque en la seguridad, la eficiencia energética y la conectividad avanzada, el MT-65 representa un estándar elevado en la industria, brindando a las operaciones mineras una herramienta confiable y tecnológicamente avanzada.

3.1. Especificaciones técnicas

Entender las especificaciones técnicas de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC (ver Figura N° 3.1) resulta crucial para identificar qué tipo de bien se está

analizando. Tener un conocimiento detallado sobre su tamaño, capacidad, velocidad y el tipo de motor empleado contribuirá a una comprensión más precisa de sus verdaderas capacidades operativas. (<https://www.epiroc.com/es-cl>, s.f.)

Figura N° 3.1: Camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.2. Descripción del equipo

A lo largo de su notable trayectoria, la marca Atlas Copco, que actualmente se conoce como EPIROC, ha experimentado una continua evolución en el diseño y rendimiento de sus camiones mineros. Esta evolución ha llevado al desarrollo de las versiones más recientes y avanzadas, representadas por el camión MT-42 y MT-65, diseñados específicamente para desempeñarse con eficacia en entornos desafiantes de minería subterránea. A continuación, se presenta una perspectiva de la evolución de estos equipos a lo largo del tiempo.

1. **Camiones Mineros Anteriores:** La marca Atlas Copco ha sido pionera en la fabricación de camiones mineros diseñados para enfrentar los rigores de la minería subterránea. Versiones anteriores de estos camiones han demostrado su valía en

términos de resistencia y capacidad de carga, sirviendo como base para la innovación continua.

2. **Introducción del MT-42:** Con el tiempo, la marca introdujo el camión MT-42, marcando un hito en la evolución de sus vehículos mineros. Este modelo incorporó avances significativos en términos de tecnología, eficiencia y seguridad, adaptándose a las demandas cambiantes de la industria minera subterránea.
3. **Innovación Continua con el MT-65:** La evolución no se detuvo ahí. La introducción del camión MT-65 representó un salto significativo en términos de capacidad de carga y potencia. Este vehículo se diseñó para abordar eficazmente los desafíos más exigentes de la minería subterránea, brindando a los operadores un rendimiento excepcional, comodidad y seguridad.
4. **Tecnología Avanzada y Eficiencia:** Ambas versiones, el MT-42 y el MT-65, incorporan tecnología de punta para mejorar la eficiencia operativa. Desde sistemas de suspensión avanzados hasta la implementación de la plataforma de control RCS, estos camiones no solo ofrecen fuerza bruta sino también una gestión inteligente de la operación minera.
5. **Adaptabilidad a las Condiciones del Terreno:** La evolución de estos camiones no solo se centró en la potencia y la capacidad de carga, sino también en su capacidad para adaptarse a las variadas condiciones del terreno subterráneo. Desde la suspensión hidráulica hasta la cabina hermética certificada, cada mejora ha contribuido a la adaptabilidad y seguridad del operador.
6. **Compromiso con la Sostenibilidad:** En línea con las tendencias actuales en la industria, la marca Epiroc ha mantenido un compromiso con la sostenibilidad, buscando formas de mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones, contribuyendo así a un enfoque más sostenible en la minería subterránea.

En resumen, la evolución de los camiones mineros de la marca Atlas Copco, ahora bajo el nombre de Epiroc, refleja un compromiso continuo con la innovación y la excelencia

en el diseño de equipos para la minería subterránea. El MT-42 y MT-65 representan la culminación de décadas de experiencia y un enfoque progresivo hacia la creación de soluciones eficientes y seguras para la industria minera. A continuación, la Figura N° 3.2., muestra la evolución del camión articulado MT.

Figura N° 3.2: Camiones Minetruck (MT).



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3. Descripción y funcionamiento de los sistemas

Los camiones de transporte minero son vehículos especializados diseñados para el transporte de grandes cantidades de material en entornos mineros. Estos vehículos son fundamentales en la industria minera, donde se requiere mover grandes volúmenes de roca, tierra, mineral u otros materiales desde la zona de extracción hasta áreas de procesamiento o depósito. A continuación, se describe el funcionamiento de los diversos sistemas que conforman la flota de 20 camiones de transporte articulados MT-65 EPIROC.

3.3.1. Sistema motor

A continuación, se mencionan las características del “Sistema Motor” de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC (ver Figura N° 3.3).

- Cummins QSK19-C760, Nivel 2/Etapa II.
- Clasificación MSHA en 2.100 rpm 567 kW/760HP.
- Marcha en vacío baja 700 rpm.
- Marcha en vacío alta 2.225 rpm.
- Desplazamiento 19 litros.
- Enfriamiento CAC.
- Tasa de ventilación MSHA parte 7 / índice de partículas aprobado.
- Purificador y silenciador de escape catalítico.

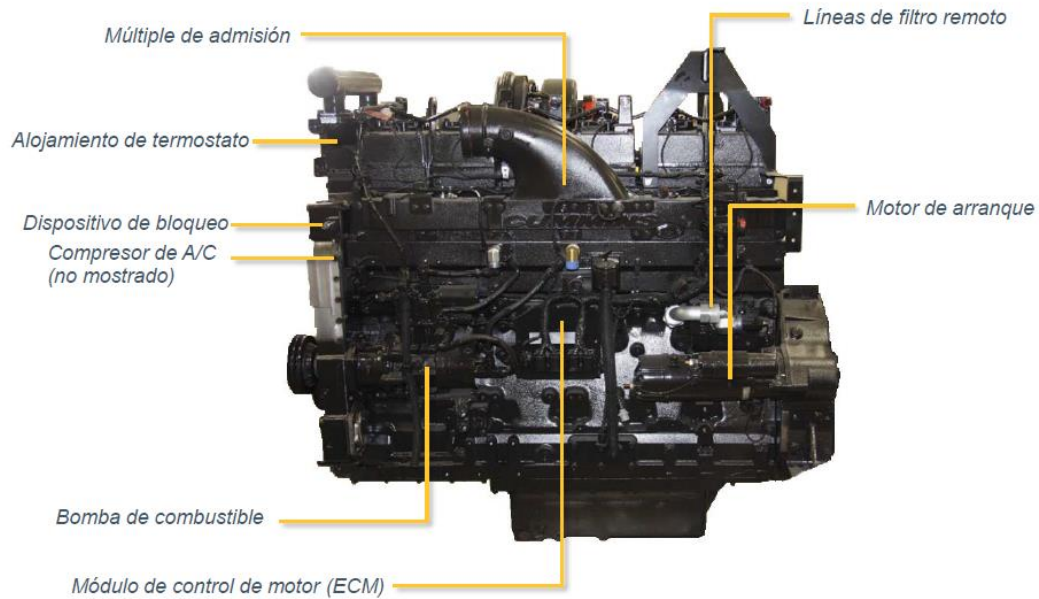
Figura N° 3.3: Sistema motor MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

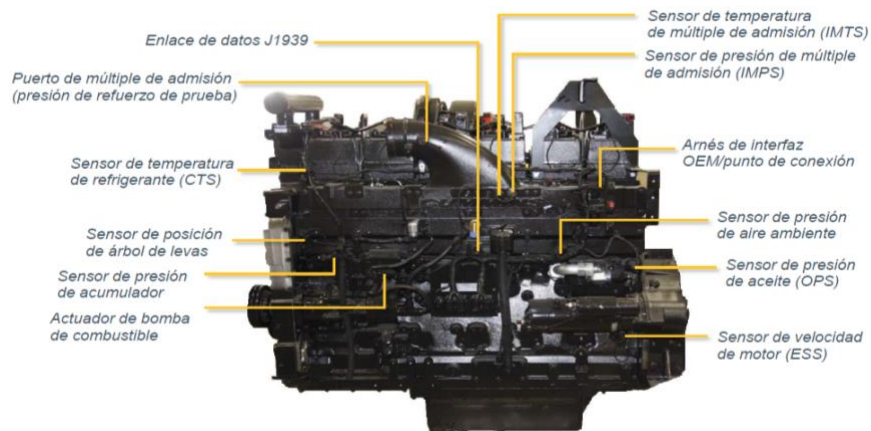
A continuación, en la Figura N° 3.4 se presenta el sistema y los componentes del motor, mientras que en la Figura N° 3.5 se detallan los sensores asociados al motor.

Figura N° 3.4: Sistema y componentes motor MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

Figura N° 3.5: Sensores del motor MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.2. Sistema transmisión

A continuación, se mencionan las características del “Sistema de Transmisión” (ver Figura N° 3.6) de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

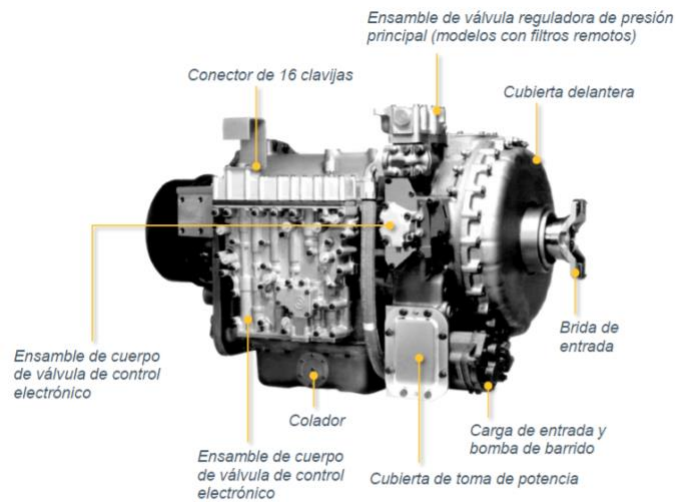
- **6625ORS**

- Los engranes planetarios proporcionan cambios suaves.
- Selección automática de velocidad.
- Bloqueo automático de convertidor.

- **Beneficios**

- Evita el abuso del tren motriz.
- Menos calor y más potencia al suelo.
- Mayor velocidad en pendientes.

Figura N° 3.6: Sistema de transmisión, camión MT-65 EPIROC.



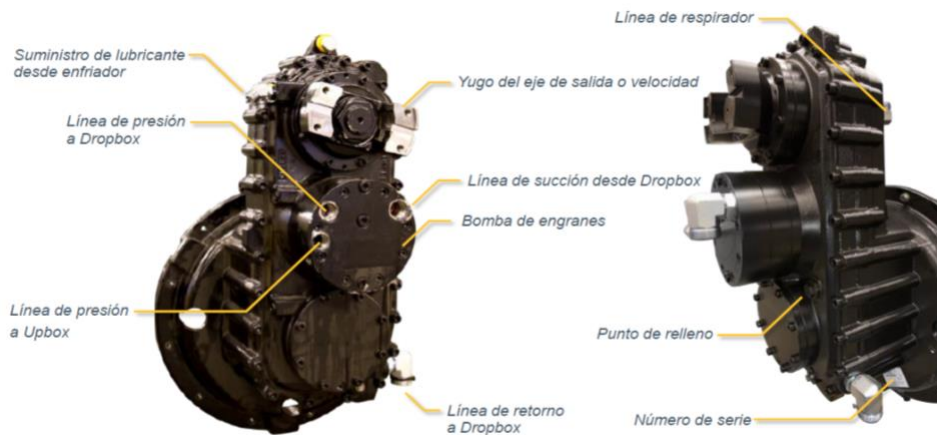
Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.3. Sistema UP-BOX

A continuación, se mencionan las características del “Sistema UP-BOX” (ver Figura N° 3.7) de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

El sistema UP- BOX Kessler W2465.2. Transfiere la salida del motor sobre la línea motriz delantera en relación uno a uno a la transmisión

Figura N° 3.7: Sistema UP-BOX, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

- El Dropbox está instalado en la transmisión y distribuye la potencia de salida a los ejes delantero y trasero.
- El Dropbox tiene una bomba externa ubicada en la el UP-BOX, que extrae el aceite del sumidero en el Dropbox.
- El aceite continúa en el enfriador y el filtro antes de ingresar al Dropbox aplicando aceite a todos los cojinetes y engranes.
- Peso de Dropbox. 530 kg.

Figura N° 3.8: Sistema UP-BOX, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.4. Sistema de ejes

A continuación, se mencionan las características del “Sistema de Ejes” (ver Figura N° 3.9) de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Kessler D111

- Diferencial delantero y trasero convencional.
- Bastidor de suspensión de oscilación de eje delantero con hidráulico.
- Tracción en todas las ruedas.

Freno SAHR

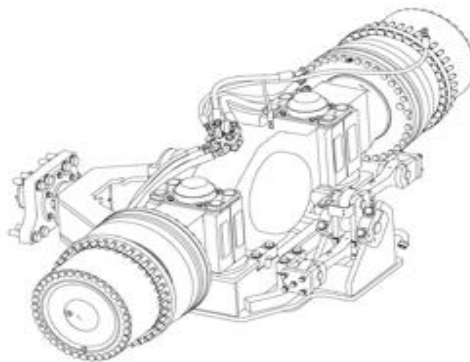
- Peso: 2.900 kg.
- Mismo eje en la parte delantera y trasera.

- Diferenciales convencionales (abiertos) para ambos.
- Engranajes planetarios dobles en los extremos de las ruedas para un mejor control del torque.
- Frenos SAHR actualizados en los nuevos ejes con mayor capacidad.

Beneficios

- Vida prolongada.
- Fácil instalación.
- Fácil de mantener.

Figura N° 3.9: Sistema de ejes, camión MT-65 EPIROC.



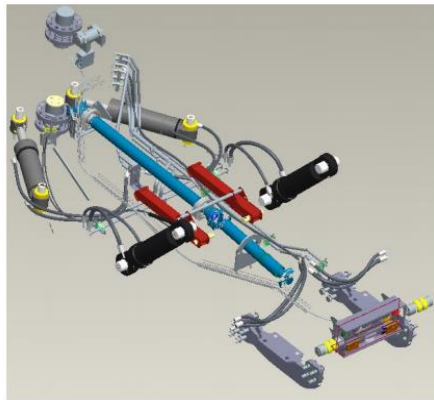
Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.5. Sistema hidráulico

A continuación, se mencionan las características del “Sistema Hidráulico” (ver Figura N° 3.10) de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

- Cilindros de dirección.
- Cilindros telescópicos para descarga.
- Cilindros de suspensión.
- Válvula de dirección y descarga (ambas en una).
- Tanque hidráulico.
- Tanque de enfriamiento del freno.
- Ventilador hidráulico.
- Bombas de pistón.
- Bombas de detección de carga hidráulica variable (LS).

Figura N° 3.10: Sistema hidráulico, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.6. Cuerpo de válvula principal VMC

A continuación, la Figura N° 3.11 muestra las características del “Cuerpo de Válvula Principal VMC” de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Figura N° 3.11: Cuerpo de válvula principal VMC, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.3.7. Sistema RCS

Sistema de control, ubicación de componentes. una moderna plataforma de Control. Activación de funciones avanzadas y listo para la automatización Funciones inteligentes a bordo para mayor seguridad, facilidad de servicio y productividad. Soluciones configurables, active y ajuste en base a sus necesidades (ver Figura N° 3.12).

Figura N° 3.12: Sistema RCS, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: (<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>, s.f.)

3.4. Capacidad y dimensiones

Los camiones articulados MT-65 EPIROC, son vehículos diseñados específicamente para la minería subterránea y están diseñados para transportar un máximo de 65 toneladas de material.

A continuación, se mencionan especificaciones de dichos camiones:

1. **Capacidad de Carga:** Pueden transportar hasta 65 toneladas de material en su tolva.
2. **Volumen de la Tolva:** La tolva tiene una capacidad de 29,6 metros cúbicos, lo que significa que puede contener una gran cantidad de material.
3. **Peso en Vacío:** El peso del camión sin carga es de 46.300 kilogramos.

4. Dimensiones:

- Altura con tolva descendida: 3,47 metros.
- Altura con tolva elevada: 7,04 metros.
- Ancho: 3,50 metros.
- Largo: 11,43 metros.

5. **Neumáticos:** Estos camiones están equipados con neumáticos de tamaño 35/65 x 33R, lo que les proporciona la capacidad de maniobra necesaria en entornos mineros subterráneos.

En resumen, los camiones articulados MT-65 EPIROC son vehículos diseñados específicamente para la minería subterránea y están contruidos para transportar grandes cargas de material de hasta 65 toneladas en su tolva. Tienen dimensiones que les permiten operar en espacios confinados, como túneles subterráneos, y están equipados con neumáticos resistentes para maniobrar en terrenos difíciles.

3.5. Motor y velocidades

El camión MT-65 está equipado con un motor diésel de la marca CUMMINS, el cual produce una potencia de 760 caballos de fuerza a 2.100 revoluciones por minuto (rpm).

Su torque máximo es de 2.981 Newton-metros a 1.500 rpm. El depósito de combustible tiene una capacidad de 844 litros.

La transmisión es automática y consta de 6 velocidades hacia adelante y 2 hacia atrás, incorporando un convertidor integral de una sola etapa con bloqueo automático. Las velocidades alcanzadas en cada marcha pueden variar dependiendo de si el camión está cargado o vacío, y estas se detallan a continuación en la Tabla N° 3.1.

Tabla N° 3.1: Velocidades alcanzados por cada marcha, camión MT-65 EPIROC.

Marcha/Función	Descargado [Km/h]	Cargado [Km/h]
1ª Marcha	6,2	6,2
2ª Marcha	9,2	9,2
3ª Marcha	12,2	12,1
4ª Marcha	18,2	18,0
5ª Marcha	24,5	24,1
6ª Marcha	36,3	35,4

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Estructura técnica del camión MT-65 EPIROC

Para llevar a cabo una evaluación adecuada y buscar posibles mejoras, es esencial comprender la estructura del equipo, es decir, conocer los elementos, subsistemas y sistemas que se ven influenciados por el fallo. Este conocimiento permite investigar las razones subyacentes que originaron la falla y, de esta manera, identificar formas de reducir o eliminar dicho problema.

Para abordar completamente la sorpresa o problema inesperado desde su origen, un enfoque efectivo es comprender a fondo la estructura del equipo. Un método para lograr esta comprensión es utilizar la taxonomía del equipo, la cual se describe a continuación a través de la Tabla N° 3.2 para resumir los sistemas, y se presenta gráficamente en la Figura N° 3.2, que muestra cómo los sistemas se descomponen en sus respectivos subsistemas.

3.6.1. Sistemas

Los sistemas que componen el camión MT-65 EPIROC se enumeran a continuación en la Tabla N° 3.2.

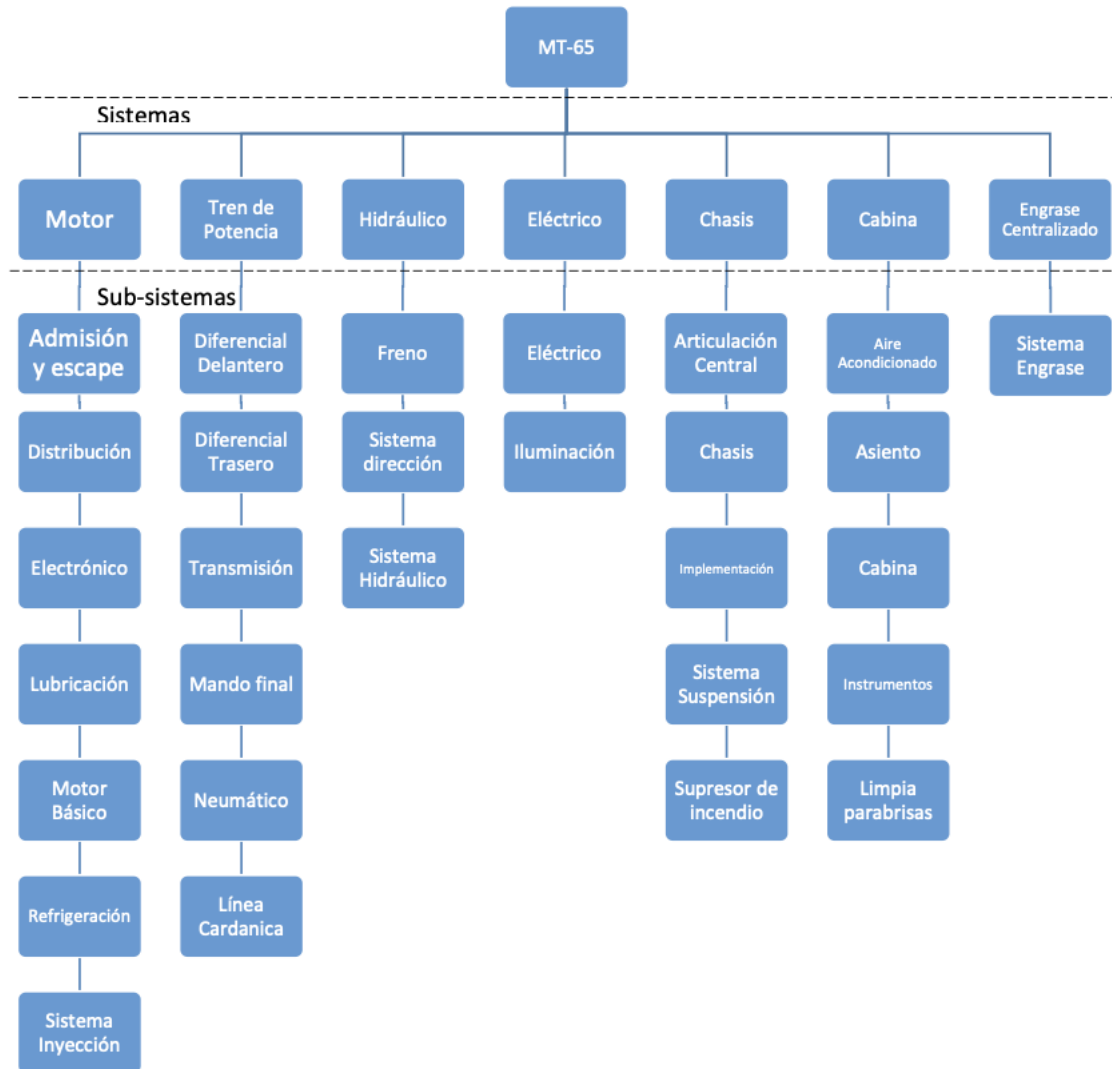
Tabla N° 3.2: Sistemas que componen el camión MT-65 EPIROC.

Ítem	Sistema
1	Motor
2	Tren de Potencia
3	Hidráulico
4	Eléctrico
5	Chasis
6	Cabina
7	Engrase Centralizado

Fuente: Elaboración propia.

Cada sistema que se detalla en la Tabla N° 3.2 se divide en subsistemas que se representan a continuación en la Figura N° 3.13. En la primera fila de esta ilustración se presentan los sistemas del camión, y debajo de cada sistema se muestran sus correspondientes subsistemas.

Figura N° 3.13: Sistemas y subsistemas, camión MT-65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Mantenimiento preventivo aplicado a camiones MT-65 EPIROC

La flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC se someten a un mantenimiento programado cada 250 horas, con un margen de error en las lecturas de las horas de funcionamiento de $\pm 5\%$ ($\pm 12,5$ horas). Estos mantenimientos deben seguir un conjunto de directrices establecidas por el equipo de mantenimiento, que se basan en las recomendaciones del fabricante y en el historial de fallas que registra la compañía Minera Pucobre S.A.

3.8. Metodología mejora indicador de disponibilidad y planes de mantenimiento

Para mejorar el indicador de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC pertenecientes a la compañía minera Pucobre S.A., el primer paso será exponer los promedios anuales de los índices de confiabilidad y mantenibilidad, como el tiempo medio entre fallas (MTBF), y el tiempo medio entre reparaciones (MTTR) y la disponibilidad. Estos datos permitirán identificar los equipos críticos en la flota, que probablemente tengan una baja disponibilidad y un alto MTTR. Esto es importante porque se busca que todos los equipos cumplan con el requisito de la empresa de tener al menos un 70% de disponibilidad, y un MTTR alto indica que los equipos pasan mucho tiempo fuera de servicio.

Es fundamental poder identificar qué componentes están afectando la disponibilidad y confiabilidad de estos equipos bajo estudio. Por lo tanto, es esencial conocer la taxonomía de los equipos. Se elaborarán diagramas de Jack-Knife para cada sistema, sub-sistema y componente que influyan en los dos índices mencionados. Se prestará especial atención a aquellos que se encuentren a la derecha del límite "n" y por encima de la iso-indisponibilidad en dichos diagramas.

Finalmente, con la ayuda del FMECA, se buscarán los modos de falla críticos y se propondrán mejoras para minimizar los modos de falla que puedan afectar a los componentes identificados en el diagrama de Jack-Knife. Esto permitirá mejorar los procedimientos de mantenimiento actuales que se utilizan. Además, se presentarán los costos asociados a cada mejora propuesta y se compararán con los costos actuales de los procedimientos de mantenimiento. (Pérez, 2020)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Diagnóstico situación actual mantenimiento equipo

Actualmente el mantenimiento que se aplica a la flota de 20 camiones MT-65 EPIROC, incluyen las siguientes acciones (ver Figura N° 4.1) (ver Anexo 1).

Figura N° 4.1: Mantenimiento actual aplicado.

Mantenimiento actual aplicado

Tipo de Mantenimiento	Frecuencia (Hrs)	Tarea
Preventivo	250	Mantenion de Sistema de Combustible
		Mantenion de Sistema de Admisión de Aire
	500	Mantencion al Sistema de Combustion
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema Motor
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema de Transmisión
	1000	Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema Motor
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema de Transmisión
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema de Freno
	2000	Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema Motor
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema de Transmisión
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema de Freno
		Sustitución de Elemento Filtrante y Aceite del Sistema Hidráulico
		Sustitución de Aceite al Sistema de Diferenciales y Caja de Reenvío
Reactivo	3500	Rotación de Neumáticos
	4000	Sustitución de Soportes de Goma de las 04 Posiciones
		Sustitución de Barra Curva y Buje de Articulación Central
	Según Servicio Externo	Normalización de Sistema Alex y Extintores
	-	Soporte de Goma (Bogie)
		Neumáticos
		Barra Curva
		Cilindros de Portalon
		Buje de Articulación Central
		Alternador
		Bomba de Sistema de Refrigeración de Freno
		Juntas y Cristales Retrovisores
		Sistema de Iluminación (Foco, Ampolleta)
Correctivo	-	Neumáticos
		Cortes de Circuitos Electricos
		Bombas Hidráulicas

Fuente: Elaboración propia.

Mantenimiento es una Estructura humana compleja la cual consta de Estándares y procesos que requieren ser tratados en forma disciplinada a través de Sistemas (PITRAM, MÁXIMO y FLEX) para gestionar requerimientos, dada la necesidad de cumplir el plan Productivo y de Seguridad, deben de cumplirse los siguientes pasos, que se mencionan a continuación:

1. Inspecciones cada 125 horas, con el fin de diagnosticar fallas y realizar Backlog. A cargo de Mantención y confiabilidad.
2. Mantenciones 250 horas y 500 horas - 1.000 horas y 2.000. Con fin de realizar cambios de fluidos, de repuestos asociados a la mantención y reparación de imprevistos. Por parte de planificación, mantención y confiabilidad.
3. Realizar un monitoreo de componentes crítico neumáticos cada día, durante la operación del equipo, llevando este seguimiento empresa Bailac, operadores y mantenedores.
4. Realizar un análisis de partículas de los sistemas de fluido, cada 250 horas por parte de tribología.
5. La mantención se está coordinando en conjunto operadores.

A continuación, la Figura N° 4.2, muestra la secuencia de la gestión del mantenimiento.

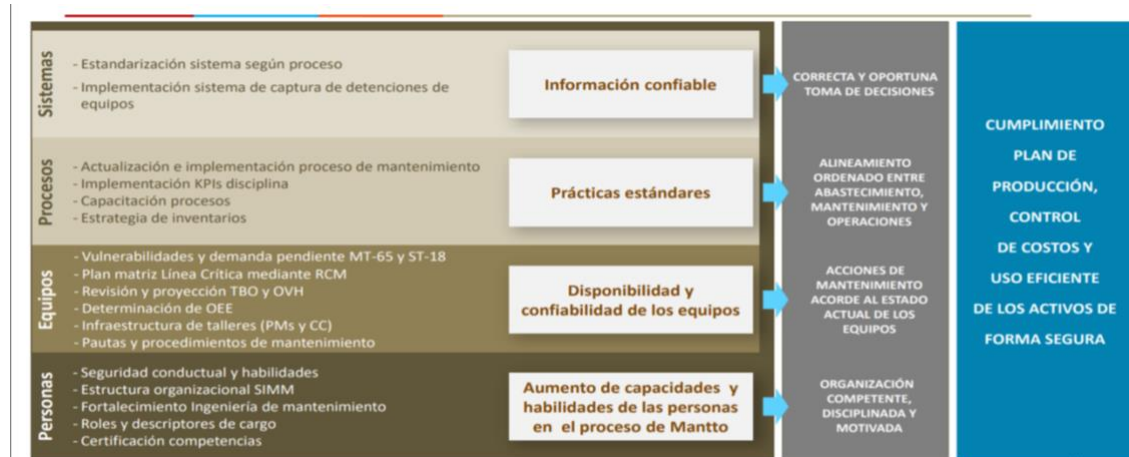
Figura N° 4.2: Secuencia gestión del mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.3, detalla cada paso del cumplimiento del plan de producción, control de costos y uso eficiente de los activos de forma segura.

Figura N° 4.3: Detalle del plan de producción.



Fuente: Elaboración propia.

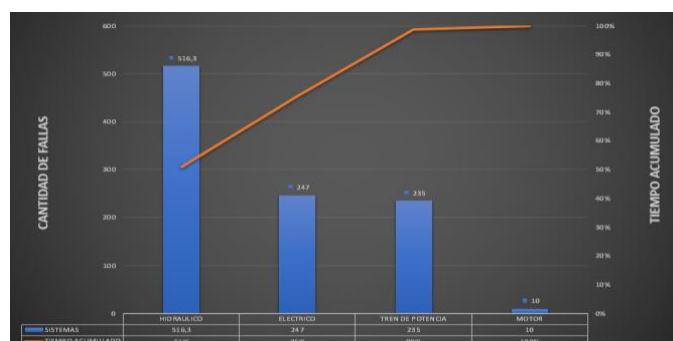
4.2. Registro de mantenimiento

A continuación, se realiza el análisis del diagrama de Pareto y Jack Knife de acuerdo a los sistemas que conforman camión MT-65 EPIROC.

4.2.1. Análisis Pareto

A continuación, el gráfico de la Figura N° 4.4, muestra el análisis de falla por sistema según diagrama de Pareto.

Figura N° 4.4: Diagrama de Pareto.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Tabla N° 4.1, muestra el análisis de falla por sistema cargador

Tabla N° 4.1: Análisis de falla por sistema.

Análisis de Falla por Sistemas Cargador					
Sistemas	Cantidad de Falla	Duración Hrs TTR	Tiempo %	Tiempo Acumulado %	MTTR
Hidráulico	37	516,3	51%	51%	14,0
Eléctrico	27	247	24%	75%	9,1
Tren De Potencia	2	235	23%	99%	117,5
Motor	3	10	1%	100%	3,3
Total	69	1.008,3			14,6

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Análisis de falla camión MT - 65 EPIROC

El análisis de fallas es un proceso que se utiliza para determinar las causas subyacentes de un fallo o mal funcionamiento en un sistema, producto o proceso. Es una parte importante de la ingeniería, la calidad y la gestión de la producción, ya que permite identificar y abordar problemas para evitar que vuelvan a ocurrir.

A continuación, la Tabla N° 4.2, presenta un resumen detallado de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC, destacando los indicadores claves de la gestión del mantenimiento, relacionados con fallas, tiempos medios entre fallas (MTBF), tiempos medios de reparación (MTTR), disponibilidad general y disponibilidad mecánica. Estos indicadores son fundamentales para evaluar y mejorar el rendimiento operativo de la flota.

Tabla N° 4.2: Análisis de falla por sistema.

Flota	Equipo	Fallas	MTBF	MTTR	Disponibilidad	Disponibilidad Mecánica
CAMM	CAMMT65001	32	36,13	8,35	81,23%	82,73%
CAMM	CAMMT65002	38	26,87	8,61	75,73%	77,23%
CAMM	CAMMT65003	3	31,33	45,94	40,55%	42,05%
CAMM	CAMMT65004	39	30,38	7,28	80,67%	82,17%
CAMM	CAMMT65005	22	56,59	7,45	88,37%	89,87%
CAMM	CAMMT65006	11	11,55	44,94	20,45%	21,95%
CAMM	CAMMT65007	21	57,67	8,32	87,39%	88,89%
CAMM	CAMMT65008	29	40,97	5,42	88,32%	89,82%
CAMM	CAMMT65009	32	26,94	18,61	59,14%	60,64%
CAMM	CAMMT65010	43	26,47	8,24	76,26%	77,76%
CAMM	CAMMT65011	32	38,53	3,9	90,81%	92,31%
CAMM	CAMMT65012	43	26,32	6,84	79,37%	80,87%
CAMM	CAMMT65013	31	25,07	7,37	77,28%	78,78%
CAMM	CAMMT65014	33	34,27	7,93	81,21%	82,71%
CAMM	CAMMT65015	27	28,26	27,64	50,55%	52,05%
CAMM	CAMMT65016	19	63,79	13,75	82,27%	83,77%
CAMM	CAMMT65017	36	34,67	5,57	86,16%	87,66%
CAMM	CAMMT65018	32	36,13	8,35	81,23%	82,73%
CAMM	CAMMT65019	39	34,37	3,21	91,46%	92,96%
CAMM	CAMMT65020	18	71,5	20,57	77,66%	79,16%

Fuente: Elaboración propia.

- **Rendimiento General de la Flota:** La flota en general muestra una variedad de disponibilidades, con valores que van desde el 40,55% hasta el 91,46%. Esto indica diferentes niveles de confiabilidad y eficiencia operativa dentro de la flota.

- **Rendimiento de los Equipos:** CAMMT65019 destaca con la mayor disponibilidad del 91,46%, sugiriendo que es más confiable y menos propenso a fallas en comparación con otros equipos. CAMMT65006 tiene la menor disponibilidad con un 20,45%, indicando una mayor frecuencia de fallas y un tiempo de inactividad más prolongado. Es crucial investigar las causas de estas fallas.
- **Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF):** Los valores de MTBF varían entre los equipos. Valores más altos de MTBF generalmente indican una mejor confiabilidad. Por ejemplo, CAMMT65020 con un valor de 71,5 muestra un tiempo relativamente largo entre fallas.
- **Tiempo Medio de Reparación (MTTR):** Los valores de MTTR también varían, lo que sugiere diferencias en el tiempo requerido para poner el equipo en funcionamiento nuevamente después de una falla. Valores más bajos de MTTR son deseables.
- **Disponibilidad Mecánica:** Los porcentajes de disponibilidad mecánica son ligeramente más altos que la disponibilidad general en la mayoría de los casos. Esto puede indicar que los aspectos mecánicos del equipo están relativamente bien mantenidos.
- **Análisis de Outliers (Datos Atípicos):** CAMMT65015 destaca con una disponibilidad más baja del 50.55%. Investigar el alto MTTR de 27,64 y el MTBF relativamente bajo de 28,26 para este equipo es crucial para comprender y abordar los desafíos.
- **Tendencias y Patrones:** Algunos equipos, como CAMMT65011 y CAMMT65019, muestran una mayor disponibilidad, lo que podría indicar prácticas exitosas de mantenimiento o una robustez inherente en el diseño.
-

- **Recomendaciones:** Priorizar un análisis detallado de los equipos con menor disponibilidad y mayor MTTR para identificar y abordar las causas fundamentales de las fallas. Considerar la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo para equipos con tasas de falla relativamente altas para mejorar la confiabilidad general. Evaluar y optimizar los procesos de mantenimiento para reducir el MTTR y mejorar la disponibilidad general de la flota. Revisar periódicamente y actualizar los procedimientos de mantenimiento en función del análisis de patrones de falla.

En resumen, un análisis integral del rendimiento individual de los equipos, junto con un enfoque en los indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad, proporcionará información para mejorar la confiabilidad y la eficiencia operativa general de la flota CAMM. Abordar los desafíos específicos identificados a través de este análisis puede contribuir a un mejor rendimiento general de la flota y a una reducción del tiempo de inactividad.

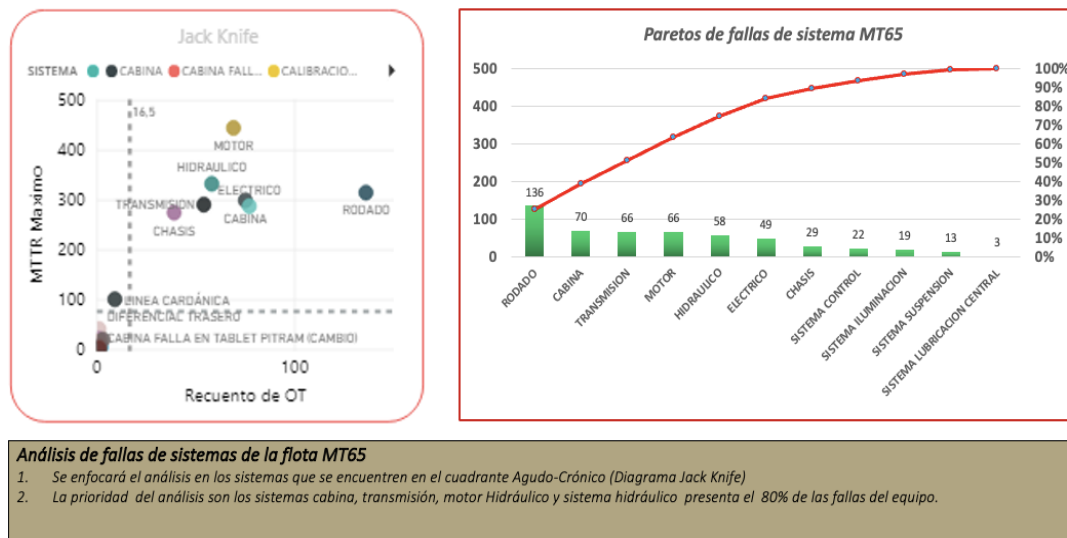
4.3.1. Análisis de fallas camión articulado MT - 65 EPIROC

El análisis de fallas en un camión articulado MT-65 de EPIROC es fundamental para mantener la eficiencia operativa y garantizar la seguridad en entornos mineros.

Un enfoque sistemático en la inspección, mantenimiento y monitoreo continuo es esencial para minimizar el riesgo de fallas en el camión articulado MT-65 de EPIROC, asegurando así una operación segura y eficiente en entornos mineros subterráneos.

A continuación, la Figura N° 4.5, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife del camión articulado MT-65 EPIROC, como un subsistema total y parte del análisis de fallas

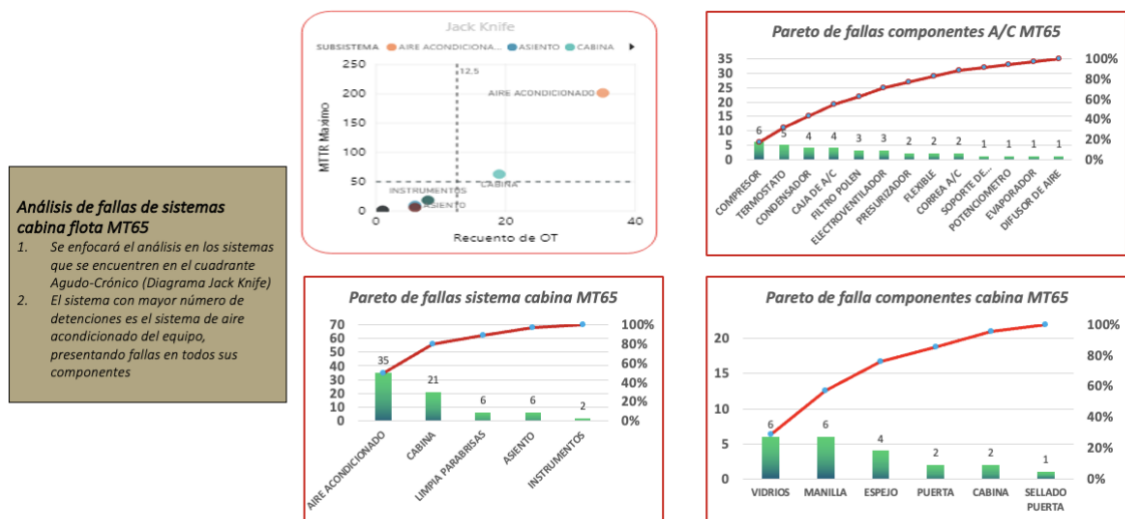
Figura N° 4.5: Diagrama Jack Knife y Pareto camión articulado MT – 65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.6, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife de la falla del “Sistema de Cabina” del camión articulado MT-65 EPIROC, como parte del subsistema del camión articulado.

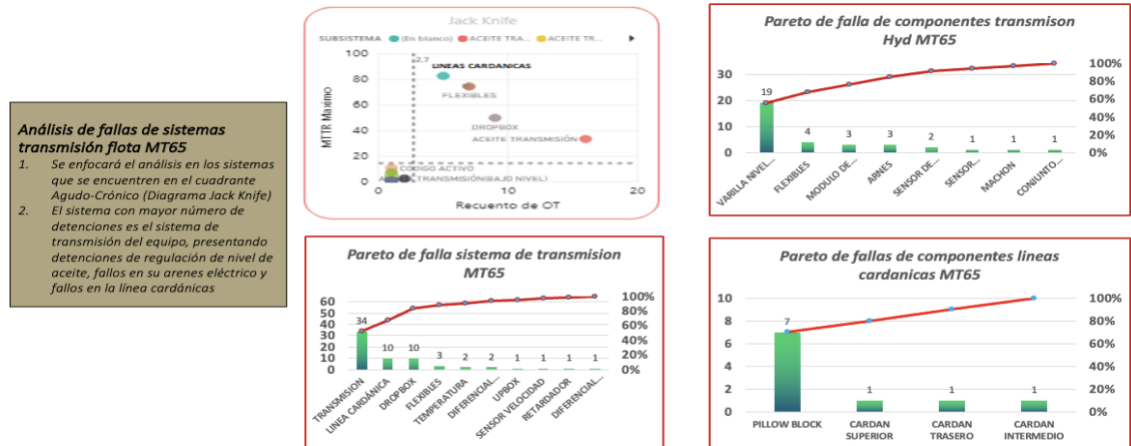
Figura N° 4.6: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de cabina camión articulado MT – 65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.7, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife de la falla del “Sistema de Transmisión” del camión articulado MT-65 EPIROC, como parte del subsistema del camión articulado.

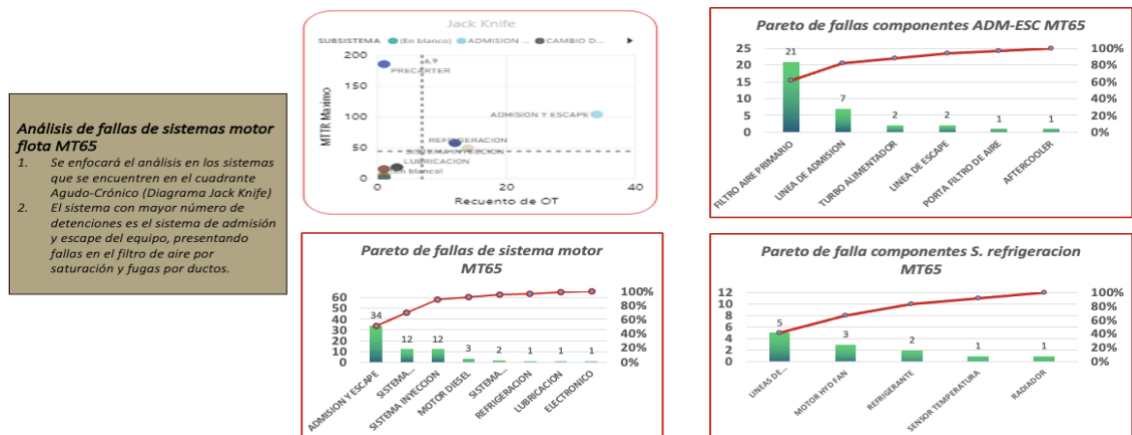
Figura N° 4.7: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de transmisión camión articulado MT – 65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.8, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife de la falla del “Sistema Motor” del camión articulado MT-65 EPIROC, como parte del subsistema del camión articulado.

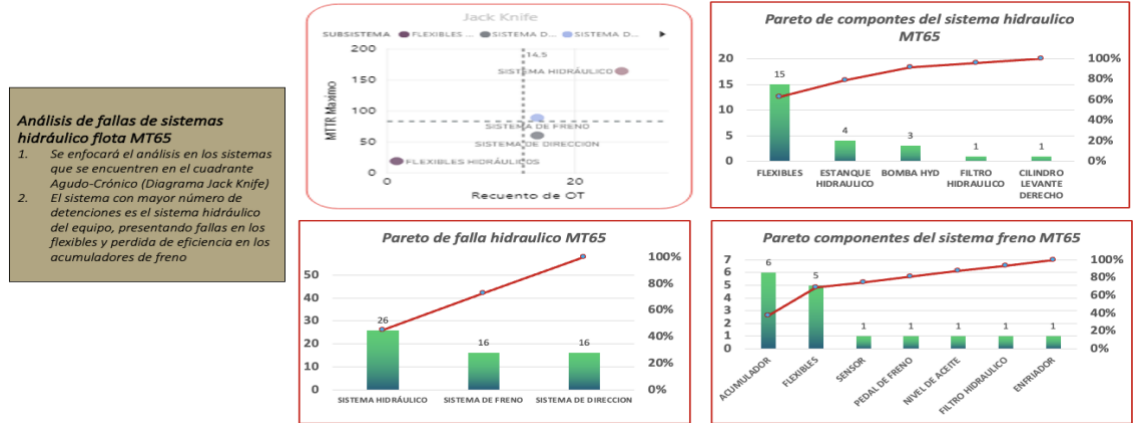
Figura N° 4.8: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema de motor camión articulado MT – 65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.9, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife de la falla del “Sistema Hidráulico” del camión articulado MT-65 EPIROC, como parte del subsistema del camión articulado.

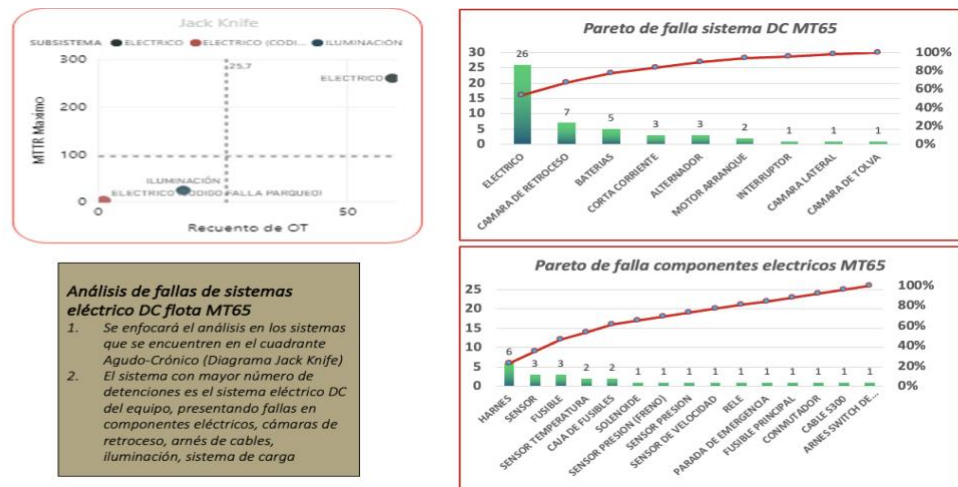
Figura N° 4.9: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema hidráulico camión articulado MT – 65 EPIROC.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la Figura N° 4.10, muestra el diagrama de Pareto y Jack Knife de la falla del “Sistema Eléctrico” del camión articulado MT-65 EPIROC, como parte del subsistema del camión articulado.

Figura N° 4.10: Diagrama Jack Knife y Pareto, falla sistema eléctrico camión articulado



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Oportunidades de mejora

Al momento de encontrar mejoras para cada punto que está por sobre la iso de indisponibilidad de cada diagrama Jack-Knife, aparte de aumentar el índice de disponibilidad de la flota de camiones articulados, también se estará aumentando la confiabilidad de estos equipos, ya que cada uno de estos puntos que serán analizados están a la derecha del límite n, el cual también refleja el límite de buena confiabilidad, es decir, todos los puntos que están a la derecha de esta línea, tienen problemas con la confiabilidad, y así se podrá mejorar los gráficos que se mostraron anteriormente (ver Figura N° 4.5 a la Figura N° 4.9).

La herramienta que se utilizará para analizar y encontrar mejoras para los puntos antes descritos es el. FMECA, ya que es un método simple que ayuda a minimizar las fallas especialmente crónicas (que afectan a la confiabilidad, según el diagrama Jack-Knife) además que permite identificar y eliminar cualquier fuente de riesgo.

4.4. Análisis FMECA camión articulado MT-65 EPIROC

El Análisis de Modo y Efectos de Falla Crítica (FMECA, por sus siglas en inglés: Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis), es una técnica de análisis utilizada en la ingeniería, la gestión de riesgos y la seguridad de sistemas para evaluar y comprender las posibles fallas, sus efectos y la criticidad de esas fallas en un sistema o producto. La FMECA es una extensión del análisis de modos de falla y efectos (FMEA) que se centra en las fallas críticas y sus consecuencias más graves.

El proceso de FMECA implica los siguientes pasos:

1. **Identificación de modos de falla:** Se enumeran todas las posibles maneras en las que un sistema o componente puede fallar.

2. **Evaluación de efectos de falla:** Para cada modo de falla identificado, se evalúa el impacto de esa falla en el sistema, sus operadores, otros componentes y el entorno circundante.
3. **Asignación de criticidad:** Se asigna un nivel de criticidad a cada modo de falla según la gravedad de sus efectos y la probabilidad de que ocurra. Esto puede hacerse utilizando escalas numéricas, como la matriz de criticidad.
4. **Priorización:** Los modos de falla se priorizan en función de su nivel de criticidad. Los modos de falla más críticos son los que requieren una atención y mitigación más urgentes.
5. **Desarrollo de estrategias de mitigación:** Se desarrollan estrategias para prevenir, detectar o mitigar los modos de falla críticos identificados. Esto puede implicar cambios en el diseño, el uso de redundancia, la implementación de sistemas de alarma, la capacitación del personal, entre otras medidas.

A continuación, la Tabla N° 4.3 proporciona una visión detallada de los elementos o componentes del sistema de equipo de trabajo, incluyendo su función, posibles fallas, causas, consecuencias, severidad, frecuencia, detección, NPR (Número de Prioridad de Riesgo), métodos de control y acciones recomendadas. Estas informaciones son esenciales para el mantenimiento efectivo y la gestión de riesgos para la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Tabla N° 4.3: FMECA camión articulado MT-65 EPIROC.

Componentes del Sistema de equipo de trabajo										
Elemento o componente	Función	Falla en funcionamiento	Causa de la falla	Consecuencia de la falla	Severidad	Frecuencia	Detección	NPR	Métodos de Control	Acción recomendada
Carcasa y filtros de aire	Absorber polvo que ingrese al equipo	Perdida de potencia	Saturación de filtros de aire	-Deterioro prematuro de las partes móviles del motor diésel por los efectos de la sílice y aumento de hollín en el aceite del motor por efecto del filtro saturado -Menor duración de los filtros de aire promedio de 120 hrs.50 % de su vida útil.	3	3	5	45	Sustitución de tomas de aire de 2 prefiltros de aire dinámico	-Realizar inspección preventiva cada 125 horas, limpieza filtros ciclónicos y carcasa interior de filtros y realizar pesaje de filtros de aire -Verificar hermeticidad de porta filtro -Limpieza de decantador de polvo -Realizar certificación

										del sistema de admisión cada 250 hrs
Pernos de bancada cilindro de dirección	Sujeción del cilindro	Corte de pernos de sujeción de bancadas de cilindro (sector botella)	Los componentes no son de calidad y el grado de este no es el adecuado para el equipo	-Sistema critico de dirección ya que al producir esta falla, equipo pierde efectividad en un 50% -Puede ocasionar algún accidente grave al operador o al equipo	9	3	3	81	Sustitución de pernos de sujeción de bancadas por pernos certificados de un mayor grado de forma paralela realizar instalación de delimitadores hidráulicos de carrera de los cilindros de dirección	-Torque de pernos certificados cada 2000 hrs correspondiente a la medida de cada perno -Reemplazar pernos cada 6.000 hrs -Aplicar Loctite 271 en cada cambio
Válvula Compensadora de Presión	Control de descarga de la bomba cuando el equipo de trabajo no está funcionando	Atascamiento de spool	Contaminación en el sistema de fluido hidráulico	Aumento de temperatura del sistema.	6	3	4	72	Monitoreo de condiciones análisis programado de desgaste (APD)	Mantenimiento. Predictivo mediante una diálisis al sistema hidráulico, cada 1.000 hrs

Cámara de retroceso	Visualizar sector trasero del equipo (punto ciego) para su operación en general.	Falla de comunicación	Conectores sulfatados	Aislación de conectores eléctricos Puede ocasionar algún accidente grave al operador o al equipo, por pérdida de visión					Cambio de conectores con mayor grado de hermeticidad.	Mantenimiento preventivo cada 250 horas utilizando grasa dieléctrica Verificar hermeticidad

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Propuestas de nuevas pautas de mantenimiento camión articulado MT-65 EPIROC

Las pautas de mantenimiento son un conjunto de reglas, instrucciones, recomendaciones y procedimientos específicos que se establecen para mantener un equipo, sistema, vehículo o cualquier tipo de activo en óptimas condiciones de funcionamiento y prolongar su vida útil. Estas pautas son diseñadas para garantizar que se realicen tareas de inspección, lubricación, reparación y reemplazo de componentes de manera regular y sistemática, con el fin de prevenir problemas, detectar posibles fallas y asegurar un rendimiento seguro y eficiente del equipo.

Suelen incluir información detallada sobre los intervalos de servicio, las técnicas de inspección, las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo, la frecuencia de lubricación, los procedimientos de limpieza y cualquier otra acción necesaria para conservar en buen estado el activo en cuestión. Estas pautas de mantenimiento son fundamentales en diversos sectores, como la industria, la aviación, la construcción, la minería y el mantenimiento de vehículos, entre otros, para asegurar la confiabilidad y seguridad de los equipos y sistemas. Hay disponibles cuatro tipos diferentes de directrices para estos procedimientos que se mencionan a continuación:

- **Pauta de 250 horas:** Esta guía se centra principalmente en el motor y sus componentes relacionados con la filtración y la lubricación. Incluye la sustitución de los filtros de aceite del motor, el filtro de aire principal y el cambio de aceite del motor, además de tomar una muestra del aceite para su análisis. Además de estas tareas, se lleva a cabo una inspección visual de los demás sistemas que conforman el equipo, se verifica la presión y el estado de los neumáticos, se realiza la lubricación general y se efectúan pruebas de funcionamiento (ver Anexo 2).
- **Pauta de 500 horas:** Esta pauta de mantención incorpora las mismas actividades que la pauta de 250 horas, pero incluye adicionalmente la sustitución del filtro de aceite del sistema hidráulico, que engloba el sistema de dirección, así como el

cambio de los filtros de aceite de la transmisión. En cuanto a las inspecciones visuales, se amplían para incluir los mandos finales, donde se verifica el estado del tapón magnético de cada uno y se mide el nivel de aceite correspondiente (ver Anexo 3).

- **Pauta de 1.000 horas:** Consiste en las actividades de la pauta de 500 horas, pero además incluye el sistema de aire acondicionado, donde se reemplaza la correa del compresor. Se efectúa el cambio de la correa del alternador y el respiradero del depósito de combustible del motor. Se procede con el cambio de aceite en los diferenciales (tanto delantero como trasero), así como en el respiradero correspondiente. También se realiza el cambio de aceite en los mandos finales. Se efectúa el cambio de aceite de refrigeración en el sistema de frenos. Además, se realiza un ajuste del torque en los pernos del equipo, siguiendo las especificaciones del fabricante.
- **Pauta de 2.000 horas:** En esta última pauta, se incluye la inspección del arnés de los diversos sistemas (que incluye el sistema eléctrico por donde también pasan los sensores), así como la sustitución del refrigerante del motor.

Como se mencionó anteriormente existen 4 tipo de pautas de manteamiento (250 hrs, 500 hrs, 1.000 hrs y 2.000 hrs) para estos equipos en el área de mantenimiento mina de la compañía minera Pucobre S.A, las cuales tienen diversas tareas que se le realizan a los sistemas del equipos según su horómetro, a continuación, en la Tabla N °4.4 se realiza una comparación de las tareas que se le realizan a los sistemas en las pautas actuales y la pauta propuesta para las 250 horas de funcionamiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Tabla N° 4.4: Pauta de mantenimiento 250 hrs, actual y propuesta.

Sistema	Pauta 250 hrs	
	Actual	Propuesta
	Tarea	Tarea
Motor	Cambiar aceite motor	Cambiar aceite motor
	Cambiar filtros de aceite motor	Cambiar filtros de aceite motor
	Cambiar filtros primarios de aire	Cambiar filtros primarios de aire
	Cambiar filtro primario de combustible	Cambiar filtro primario de combustible
	Cambiar filtro secundario de combustible	Cambiar filtro secundario de combustible
Eléctrico	Revisar alternador	Revisar alternador
	Revisar correa de alternador	Revisar correa de alternador
Aire Acondicionado	Revisar compresor	Revisar compresor
	Revisar correa de compresor	Revisar correa de compresor
		Revisión conexión líneas termostato
		Limpieza total compartimiento termostato
Transmisión	Revisar líneas	Revisar líneas
	Revisar soportes	Revisar soportes
	Revisar arnés	Revisar arnés
		Inspeccionar sujeción de flexibles
		Inspeccionar recubrimiento de flexibles
Diferencial - mando final	Revisar perno	Revisar perno
	Registrar presión 4 neumáticos	Registrar presión 4 neumáticos
	Revisar neumáticos y llantas	Revisar neumáticos y llantas
		Medir y registrar altura de surcos banda rodado
Up/drop box	Revisión general	Revisión general
Hidráulico	Revisión general	Revisión general
Chasis	Revisión general	Revisión general
Sistema supresor de incendio	Revisión general	Revisión general
Engrase	Revisión general	Revisión general

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla N °4.5 se realiza una comparación de las tareas que se le realizan a los sistemas en las pautas actuales y la pauta propuesta para las 500 horas de funcionamiento de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Tabla N° 4.5: Pauta de mantenimiento 500 hrs, actual y propuesta.

Sistema	Pauta 500 hrs	
	Actual	Propuesta
	Tarea	Tarea
Motor	Cambiar aceite motor	Cambiar aceite motor
	Cambiar filtros de aceite motor	Cambiar filtros de aceite motor
	Cambiar filtros primarios de aire	Cambiar filtros primarios de aire
	Cambiar filtro primario de combustible	Cambiar filtro primario de combustible
	Cambiar filtro secundario de combustible	Cambiar filtro secundario de combustible
	Revisión general	Revisión general
Eléctrico	Revisar alternador	Revisar alternador
	Revisar correa de alternador	Revisar correa de alternador
Aire Acondicionado	Revisar compresor	Revisar compresor
	Revisar correa de compresor	Revisar correa de compresor
		Revisión conexión líneas termostato
		Limpieza total compartimiento termostato
		Cambiar termostato
Transmisión	Revisar líneas	Revisar líneas
	Revisar soportes	Revisar soportes
	Revisar arnés	Revisar arnés
	Cambiar respiradero	Cambiar respiradero
	Cambiar filtro aceite	Cambiar filtro aceite
	Tomar muestra de aceite	Tomar muestra de aceite
		Inspeccionar sujeción de flexibles
		Inspeccionar recubrimiento de flexibles
Diferencial - mando final	Revisar perno	Revisar perno
	Registrar presión 4 neumáticos	Registrar presión 4 neumáticos
	Revisar neumáticos y llantas	Revisar neumáticos y llantas
	Revisar nivel de aceite mandos finales	Revisar nivel de aceite mandos finales
	Revisar nivel de aceite diferenciales	Revisar nivel de aceite diferenciales
		Medir y registrar altura de surcos banda rodado
Up/drop box	Revisión general	Revisión general
Hidráulico	Revisión general	Revisión general
Chasis	Revisión general	Revisión general
Sistema supresor de incendio	Revisión general	Revisión general
Engrase	Revisión general	Revisión general

Fuente: Elaboración propia.

Se proponen dos pautas nuevas (250 y 500 horas), además de tareas por parte de operadores y seguimiento de fallas para tener proyección del cambio. Cabe destacar que en la Tabla N° 4.4 y Tabla N° 4.5, las tareas destacadas en amarillo son las nuevas tareas propuestas a incorporar a la pauta actual, la pauta de 500 horas contiene las tareas de la de 250 horas y se le agregan otras.

4.6. Costos asociados

Cada mejora realizada tiene un costo asociado, el cual debe ser menor que a los costos implicados a la reparación por correctivo para que esta mejora sea rentable para el área de mantenimiento y la empresa.

Para mitigar o minimizar cada modo de falla analizado, se propuso una mejora o una implementación de tarea en alguna pauta de mantenimiento (250 o 500 horas), con el fin de tener control de las fallas y así poder aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, cabe destacar que el análisis fue realizado particularmente para la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC pertenecientes a la compañía Minera Pucobre S.A., sin embargo las mejoras y propuestas de pautas se aplican para toda la flota de camiones articulados.

Para el área de mantenimiento es importante el tener equipos operativos al menor costo posible, por lo que se debe tener en cuenta cuanto es el gasto que se tiene al implementar mejoras y tareas a las pautas para así comparar con lo que se tenía y tomar la decisión definitiva de tomar en cuenta dichas mejoras, es por lo mismo que en la Tabla N° 4.6 se muestra el costo actual versus el costo propuesto para la pauta de 250 horas.

Tabla N° 4.6: Costos de la pauta de 250 horas actual y propuesta.

Ítem/Costo	Pauta 250 horas	
	Costo actual USD\$	Costo propuesta USD\$
Filtros	25.740	25.740
Aceite	2.497,4	2.497,4

Revisión y limpieza	-	0
Total	28.237,4	28.237,4

Fuente: Minera Pucobre S.A.

Como se puede observar en la Tabla N° 4.6, los costos de ambas pautas son los mismos, ya que en dicha pauta las incorporaciones propuestas son solo revisiones y limpieza, lo cual no tiene costo asociado, ya que la empresa cuenta con mecánicos propios a su servicio, por lo que solo se registran costos de repuestos e insumos.

Para la pauta de 500 horas se tiene la siguiente comparación, que se muestra a continuación, en la Tabla N° 4.7.

Tabla N° 4.7: Costos de la pauta de 500 horas actual y propuesta.

Ítem/Costo	Pauta 500 horas	
	Costo actual USD\$	Costo propuesta USD\$
Filtros	48.900	25.740
Aceite	2.497,4	2.497,4
Revisión y limpieza	0	0
Termóstato	-	5.402,8
Total	51.397,4	33.640,2

Fuente: Minera Pucobre S.A.

En la pauta de 500 horas propuestas y a diferencia de la de 250 horas, se realiza el cambio de un componente que sería el termostato cuyo costo total es de US\$ 5.402,8 (repuesto original), por lo que esa es la diferencia entre ambas pautas.

Sin embargo no solo se proponen pautas nuevas, sino que mejoras aisladas, las cuales se detallan en la Tabla N° 4.8 con su valor correspondiente:

Tabla N° 4.8: Gastos por implementar mejoras.

Ítem/Valor	Valor	
Manómetros Neumáticos	3,45	USD\$/unidad
Estación inflado	0	-
Recubrimientos flexibles	75	USD\$

Fuente: Minera Pucobre S.A.

Los manómetros para neumáticos serán dejados en los camiones, por lo que se deben comprar 20 unidades, la estación de inflado ya se encuentra instalada en la empresa, por lo que su costo como mejora es nulo y el recubrimiento de los flexibles tienen un largo total de 10 metros por camión.

4.7. Evaluación económica de frecuencia de mantenimiento

La evaluación económica de la frecuencia de mantenimiento para la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC pertenecientes a la compañía minera Pucobre S.A., para un intervalo de 250 y 500 horas implica considerar varios factores, como los costos asociados con el mantenimiento, los beneficios derivados de una menor probabilidad de fallas y la prolongación de la vida útil de los equipos. A continuación, la Tabla N° 4.9 considera los costos actuales de las pautas de mantenimiento de 250 y 500 horas, proyectados a 5 años.

Tabla N° 4.9: Costos actuales (US\$) pauta de mantenimiento 250 y 500 horas.

Pauta	Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
250 Horas	Repuestos		60.172	63.181	66.340	69.657	73.139
	Insumos		14.901	15.646	16.429	17.250	18.113
	Tareas de Mantenimiento		77.532	81.409	85.479	89.753	94.241
	Total		152.605	160.236	168.247	176.660	185.493
500 Horas	Repuestos		149.576	157.055	164.908	173.153	181.811
	Insumos		43.484	45.658	47.941	50.338	52.855
	Tareas de Mantenimiento		173.628	182.309	191.425	200.996	211.046
	Total		366.688	385.022	404.274	424.487	445.712

Fuente: Minera Pucobre S.A.

A continuación, la Tabla N° 4.10 considera los costos de las nuevas pautas de mantenimiento, para una frecuencia de 250 y 500 horas, proyectados a 5 años.

Tabla N° 4.10: Costos nuevos (US\$) pauta de mantenimiento 250 y 500 horas.

Pauta	Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
250 Horas	Repuestos		42.980	45.129	47.385	49.755	52.242
	Insumos		10.644	11.176	11.735	12.322	12.938
	Tareas de Mantenimiento		55.380	58.149	61.056	64.109	67.315
	Total		109.004	114.454	120.177	126.186	132.495
500 Horas	Repuestos		106.840	112.182	117.791	123.681	129.865
	Insumos		31.060	32.613	34.244	35.956	37.754
	Tareas de Mantenimiento		124.020	130.221	136.732	143.569	150.747
	Total		261.920	275.016	288.767	303.205	318.365

Fuente: Minera Pucobre S.A.

4.8. Evaluación general de costos

De acuerdo a las distintas pautas de mantenimiento (250 y 500 horas) que permiten mejorar la gestión de mantenimiento, entendiendo que cada una de ellas tiene un costo total desde el año 1 al año 5 y que básicamente la debe absorber la gerencia de mantenimiento mensualmente a través de sus presupuestos de OPEX (costos relacionados a la operación) se realizara una evaluación de cuanto se debieran reducir los costos para que estos planes puedan sostenerse económicamente a través del tiempo.

Tabla N° 4.11: Costos totales (US\$) pautas de mantenimiento actual y nueva, 250 y 500 horas.

Temporalidad	Pauta de Mantenimiento	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Actual	250 horas		152.605	160.236	168.247	176.660	185.493
	500 horas		366.688	385.022	404.274	424.487	445.712
Nueva	250 horas		109.004	114.454	120.177	126.186	132.495
	500 horas		261.920	275.016	288.767	303.205	318.365

Fuente: Minera Pucobre S.A.

Se visualiza que el costo anual de la implementación de cada nuevo plan de mantenimiento asciende a un valor total promedio de USD 120.463 para las 250 horas y de 289.455 para las 500 horas, otorgando un beneficio o ahorro de costos de un 29% por año de operación desde la pauta de mantenimiento actual hacia la nueva, para lo cual dicha estrategia de mantenimiento resulta beneficiosa para la compañía minera Pucobre S.A.

4.9. Análisis de resultados

El presente análisis se centra en los resultados obtenidos tras la ejecución del proyecto de título que tuvo como objetivo optimizar la gestión de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones articulados modelo MT-65 EPIROC en la prestigiosa Compañía Minera Pucobre S.A. La implementación de estrategias efectivas en este ámbito se erige como una tarea crítica para garantizar la eficiencia operativa, la seguridad laboral y la sostenibilidad financiera en el contexto exigente de la industria minera.

Durante el desarrollo del proyecto de título, se llevaron a cabo evaluaciones detalladas y se implementaron medidas específicas destinadas a mejorar la eficiencia operativa, reducir costos asociados al mantenimiento, optimizar la asignación de recursos humanos y fortalecer la seguridad operacional. La flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC, al ser una parte integral de las operaciones mineras, se convierte en un componente estratégico cuyo rendimiento impacta directamente en la productividad general y, por ende, en la competitividad y rentabilidad de la compañía.

Este análisis profundizará en los resultados obtenidos, destacando los logros significativos en términos de eficiencia operativa, reducción de costos, mejoras en la seguridad laboral y el impacto positivo en el capital humano. La comprensión de estos resultados no solo es esencial para evaluar el éxito del proyecto de título, sino también para extraer lecciones aprendidas que puedan informar futuras estrategias de gestión de flotas en el ámbito minero y otras industrias similares. En este contexto, se explorará cómo las recomendaciones y acciones implementadas han influido en la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de la Compañía Minera Pucobre S.A., ofreciendo así una visión integral de los beneficios derivados de la optimización de la gestión de disponibilidad y planes de mantenimiento en su flota de transporte.

1. Eficiencia Operativa Mejorada:

- **Hallazgo:** La implementación de medidas de optimización ha llevado a una mejora sustancial en la eficiencia operativa de la flota.

- **Impacto:** Se ha observado una disminución notable en los tiempos de inactividad de los camiones, mejorando así la productividad general de la operación de transporte.

2. Reducción de Costos de Mantenimiento:

- **Hallazgo:** La introducción de planes de mantenimiento preventivo y predictivo ha resultado en una disminución significativa de los costos asociados al mantenimiento de la flota.
- **Impacto:** Esta reducción de costos no solo ha impactado positivamente en el presupuesto de mantenimiento, sino que también ha contribuido a la rentabilidad general de la compañía.

3. Optimización de Recursos Humanos:

- **Hallazgo:** La gestión optimizada de la disponibilidad ha llevado a una asignación más eficiente de los recursos humanos, con una planificación más efectiva de los turnos.
- **Impacto:** Se ha observado una reducción en las horas extras no planificadas, lo que no solo optimiza los costos laborales sino que también mejora el equilibrio trabajo-vida de los empleados.

4. Mejora en la Seguridad Operacional:

- **Hallazgo:** La implementación de planes de mantenimiento predictivo ha contribuido a la mejora de la seguridad operacional.

- **Impacto:** La identificación temprana de posibles problemas mecánicos ha reducido los riesgos de accidentes, promoviendo un entorno de trabajo más seguro y saludable para los operadores de los camiones.

5. Rentabilidad y Sostenibilidad:

- **Hallazgo:** La optimización de la gestión de disponibilidad y mantenimiento ha tenido un impacto positivo en la rentabilidad y sostenibilidad de la flota.
- **Impacto:** La reducción de costos y la prolongación de la vida útil de los camiones contribuyen directamente a la sostenibilidad financiera de la compañía a largo plazo.

6. Competitividad:

- **Hallazgo:** La mejora en la eficiencia operativa y la reducción de costos posicionan a la compañía en una posición más competitiva en la industria minera.
- **Impacto:** La capacidad de mantener una flota operativa de manera eficiente se traduce en una ventaja competitiva, crucial en un sector donde la productividad y la eficiencia son factores clave.

7. Impacto en el Capital Humano:

- **Hallazgo:** La optimización ha tenido un impacto positivo en las condiciones laborales de los empleados.
- **Impacto:** La planificación eficiente de los turnos y la reducción de horas extras no planificadas contribuyen a un ambiente laboral más saludable y sostenible, mejorando la satisfacción de los empleados.

8. Cumplimiento de Estándares de Seguridad:

- **Hallazgo:** La mejora en la seguridad operacional contribuye al cumplimiento de estándares regulatorios y fortalece la reputación de la compañía en responsabilidad social corporativa.
- **Impacto:** El compromiso con la seguridad no solo es esencial desde el punto de vista normativo, sino que también mejora la percepción pública de la empresa.

Finalmente, los resultados del proyecto de título demuestran que la optimización de la gestión de disponibilidad y los planes de mantenimiento de la flota de 20 camiones de transporte articulados MT-65 EPIROC en la Compañía Minera Pucobre S.A., no solo ha mejorado la eficiencia operativa y la rentabilidad, sino que también ha tenido un impacto positivo en la seguridad y bienestar de los trabajadores, fortaleciendo la posición competitiva y sostenibilidad de la empresa en la industria minera.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Para mejorar los índices de confiabilidad y ajustar las pautas de mantenimiento a fin de maximizar el impacto positivo de la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC en la productividad de la compañía minera Pucobre S.A, el departamento de mantenimiento en la mina se enfrenta a desafíos cruciales, en materia de costos y beneficios con la finalidad de mantener la operación de la flota de los 20 camiones articulados MT-65 EPIROC.

Un análisis detallado y exhaustivo de los índices obtenidos por esta flota de 20 camiones de transporte articulados MT-65 EPIROC, revela que cuando se introdujeron estos equipos en la empresa, estarían funcionamiento con estrategia de mantenimiento correctiva, es decir a la falla. Es imperativo llevar a cabo un análisis de confiabilidad de estos equipos y recopilar una base de datos que contenga la variabilidad específica de su desempeño. Esto permitirá tomar medidas acordes a cada caso en lugar de aplicar soluciones genéricas.

Los datos de las paradas por fallas experimentadas por estos camiones desde que comenzaron a operar en las minas subterráneas indican que su confiabilidad es considerablemente baja. El análisis realizado muestra que la tasa de falla aumenta significativamente a medida que transcurren las horas de operación, lo que resalta la necesidad de fortalecer tanto el mantenimiento programado como el mantenimiento predictivo. Estos dos aspectos deben ser abordados de manera efectiva para mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la flota de 20 camiones articulados.

La aplicación de un análisis de Jack-Knife puede identificar los componentes que afectan tanto la disponibilidad como la confiabilidad de estos camiones, lo que permitirá centrarse en las áreas críticas para mejorar los índices. Para el camión 1, los componentes problemáticos son los neumáticos y el termostato del aire acondicionado, que desempeñan un papel crucial en la eficiencia operativa. Para el camión 4, los flexibles de la transmisión

son los componentes que inciden en los índices debido a su impacto en el funcionamiento interno.

El análisis FMECA específico para cada componente ha identificado mejoras que van desde inspecciones simples hasta el reemplazo del componente, y la implementación de políticas de mantenimiento predictivo, con costos asociados. Algunas de estas mejoras se integrarán en los planes de mantenimiento preventivo, mientras que otras se incorporarán en un plan de mantenimiento predictivo. Esto está alineado con la teoría que sugiere que, en presencia de una tasa de falla creciente, es fundamental fortalecer tanto los mantenimientos programados como los predictivos.

Las mejoras propuestas para los neumáticos conllevan un gasto mínimo de USD \$3,45 por camión, principalmente relacionado con la adquisición de manómetros. Las demás mejoras implican recomendaciones para el área de operaciones mineras y la estación de inflado de neumáticos, que ya está en funcionamiento

En cuanto al termostato del aire acondicionado, la mejora principal conlleva un costo total asociado de USD \$5.402,8 para su reemplazo en la pauta de mantenimiento de 500 horas. Las demás mejoras involucran limpieza e inspección de las instalaciones cada 250 horas. Para los flexibles, se identifican costos para implementar refuerzos con mangueras, que equivalen a un costo total de USD \$75 por 10 metros de manguera por camión, junto con inspecciones y apriete de los flexibles.

En conclusión, la evaluación económica de la frecuencia de mantenimiento para la flota de 20 camiones articulados MT-65 EPIROC de la compañía minera Pucobre S.A. ha arrojado resultados prometedores al considerar los intervalos de 250 y 500 horas. La Tabla N° 4.9 refleja los costos actuales de mantenimiento proyectados a 5 años para ambas pautas.

La implementación de diferentes planes de mantenimiento (250 y 500 horas) se plantea como una estrategia para mejorar la gestión del mantenimiento, reconociendo que estos

costos deben ser absorbidos mensualmente por la gerencia de mantenimiento a través de los presupuestos de OPEX.

El análisis revela que el costo anual de la implementación de cada nuevo plan de mantenimiento asciende a un valor total promedio de USD 120.463 para las 250 horas y de USD 289.455 para las 500 horas. Este enfoque se traduce en un beneficio significativo, con un ahorro de costos del 29% por año de operación al pasar de la pauta de mantenimiento actual a la nueva estrategia.

Dicha optimización en la frecuencia de mantenimiento no solo demuestra ser económicamente sostenible sino también beneficioso para la compañía minera Pucobre S.A. al mejorar la disponibilidad de la flota de camiones articulados MT-65 EPIROC. Esta estrategia no solo contribuye a la reducción de costos operativos a lo largo del tiempo sino que también puede prolongar la vida útil de los equipos, fortaleciendo así la eficiencia general de las operaciones mineras.

En resumen, se han propuesto diversas mejoras que afectan las pautas de mantenimiento actuales, así como la introducción de políticas que aún no se aplican en el área. Estas medidas tienen el potencial de elevar los índices de confiabilidad de los equipos. Sin embargo, es fundamental mejorar la recopilación de datos, considerando las particularidades de cada camión, como las demografías, para ajustar las mejoras de manera más precisa, ya que los parámetros promedio actuales ofrecen una visión general que no aborda las singularidades de cada equipo. Estas recomendaciones son valiosas para el departamento de mantenimiento de la mina de la compañía minera Pucobre S.A.

BIBLIOGRAFÍA

González, A., & Martínez, R. (2018). Mantenimiento de equipos en la industria minera: Mejores prácticas y estrategias. Editorial Minerales S.A.

López, J., & Ramírez, M. (2019). Análisis de la disponibilidad de camiones de transporte en una mina a cielo abierto. *Revista de Ingeniería de Minas* 23, 145-160.

Pérez, C., & Gómez, D. (2020). Implementación de técnicas de mantenimiento predictivo en una flota de camiones mineros. *Actas del Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*, 27-35.

Ministerio de Minería y Energía. (2017). Guía para el mantenimiento de camiones mineros. Santiago, Chile.

Instituto Nacional de Minería. (2019). Norma Técnica de Disponibilidad para Equipos de Transporte en la Minería a Cielo Abierto. NTC-12345.

<https://www.epiroc.com/es-es/products/loaders-and-trucks/diesel-trucks/minetruck-mt65>

ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE ANÁLISIS DE FALLA

PUCOBRE		FORMATO DE ANALISIS DE FALLA NIVEL 1				MEXO DESCUBRE TODO TU POTENCIAL EXCELENCIA OPERACIONAL	
MPC		X	MMC	MGR	OTRA		
FLOTA/AREA	CAMMT65	EQUIPO	MT65-14	HOROMETRO:	18462		
ORDEN DE TRABAJO:	OT-32340	FECHA DEL EVENTO	08-02-23	HORA DEL EVENTO	08:30		
LUGAR DEL EVENTO	TALLER MPC	TURNO DEL EVENTO	TURNO A	TIEMPO F/S	72 HRS (4/8/23)		
SISTEMA:	TREN DE POTENCIA	COMPONENTE:	TRANSMISION	OBJETO:	MACHON ENTRADA		
DURACION DEL COMPONENTE	2420 HRS	MODULO FALLA:	DESGASTE	COSTO DEL EVENTO:			
DEFINIR EL PROBLEMA							
¿QUE ocurrió? / ¿DONDE ocurrió la desviación (máquina, lugar, material)? / ¿CUANDO ocurrió (en qué momento del proceso, a qué hora)? / ¿QUIEN, el problema está relacionado con las habilidades del operador? / ¿CUAL es la tendencia? / ¿COMO es la desviación de la condición normal? - ¿CUANTO impacto ha ocasionado la desviación?							
5W+1H DESCRIPCION DEL PROBLEMA 5+1+2+3+5+4							
1.- ¿Que?	Holgura considerable en machón de entrada de la transmisión			Descripción: Ruido al momento de realizar pruebas dinámicas del tren de potencia por Holgura considerable en machón de entrada de la transmisión del camion MT65-15, en la ejecución de mantenimiento, Box de mantenimiento N°1 de taller MPC, el día 2/8/2023 9:00 AM, mantenedores mantenimiento preventivo turno 02, primer caso de estas características de transmisión reparada de OVH.			
2.- ¿Donde?	Camion MT65-15						
3.- ¿Cuándo?	Ejecución de mantenimiento, Box de mantenimiento N°1 de taller MPC, el día 2/8/2023 9:00:00 AM						
4.- ¿Quién?	Mantenedores mantenimiento preventivo turno 02						
5.- ¿Cual?	Primer caso de estas características de transmisión reparada de OVH.						
6.- ¿Como?	Ruido al momento de realizar pruebas dinámicas del tren de potencia						
COMPONENTE O PARTE QUE FALLO EN EL GEMBA: (Imagen, esquema):							
CAUSAS DE LA FALLA MAS PROBABLES / LLUVIA DE IDEAS DE LAS POSIBLES CAUSAS - (DESTACAR CAUSAS RAICES):							
- MACHON SUELTO - PROCEDIMIENTO DE AJUSTE DE MACHON INCORRECTO - CRUCETAS EN MAL ESTADO - TORSION INADECUADA SOBREPASA CAPACIDAD DE EQUIPO - DESGASTE PREMATURO EN MACHON - DESGASTE PREMATURO DESALIDA TORQUE CONVERTIDOR							
EVIDENCIAS (Registro fotográfico, componente físico, registros del proceso)							
El juego axial entre la cara del machón de la transmisión y rodamiento causa desgaste considerable en la cara del machón con una profundidad de 1.2 [mm] El desgaste de la brida causa particulado metálico el cual se aloja en el rodamiento del convertidor de torque esto causa un desgaste abrasivo de la pista de rodado del rodamiento disminuyendo la vida útil de rodamiento, haciendo necesario reemplazar la transmisión para su reparación.							
CONDICION FINAL DEL EQUIPO							
F/S: En falla, Fuera de Servicio		OP: Operativo normal		OF: Operativo en falla, Falla parcial, condicionado.			
ACCIONES PRIMARIAS (INMEDIATAS)							
Evaluación de la brida de salida y realizar cambio	TURNO 1-2	32340	08-02-23	50%			
Generación de proceso de garantía con MGA de transmisión Reman	Marco Cisterna		08-02-23	0%			
Gestionar reparación de brida de salida de la transmisión	Rodrigo Jimenez	32340	08-03-23	50%			
Reemplazar aceite y filtro de la transmisión, realizar rodaje 50 HRS y volver a sustituir el aceite y filtro	Andrés Lillo	Pendiente SM	08-05-23	0%			
Ingresar instructivo de inspección de líneas de propulsión PM-1000	Jose Reynuaba		15/8/2023	0%			
Realizar seguimiento riguroso de muestras de aceite y signos vitales de la transmisión (curva P-F)	Andres Lillo		08-05-23	0%			
Planificar cambio de la transmisión camion MT65-14	Zvonimir Versalovic						
	Raul Benitez	Pendiente SM	31/8/2023	0%			

ACCIONES SECUNDARIAS (MEJORAS EN PROCESOS)		RESPONSABLE	AVISO/OT	FECHA CIERRE	AVANCE
DIFUSION					
Se Genera L.U.P. ☐		Se Genera Mejora ☐		Se Genera Nota Técnica ☐	
INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO	
Rodrigo Maturana/Supervisor/SIMM		Jose Reynuaba/Ingeniero Confiabilidad/SIMM			
INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO	
Eber Yañez/Supervisor/SIMM					
INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO		INTEGRANTE/AREA/CARGO	
Pedro Carrizo /Supervisor/SIMM					

250[h]

Pauta Mantenimiento CAMION MT65

Sociedad
Punta del Cobre
S.A.

Si algunas de las preguntas tienen un "SI" como respuesta, NO inicie el trabajo y

PARE ACTIVIDADES PREVIAS A LA TAREA (Primer paso Seguro)

¿Es primera vez que realizo esta tarea? ☐

¿Han cambiado las condiciones del entorno? ☐

¿Existen otras tareas en paralelo? ☐

¿En esta tarea existe algún riesgo NO controlado? ☐

¿Me falta alguna herramienta o EPP? ☐

¿El área de trabajo se encuentra fuera condiciones ambientales o sub estándares? ☐

¿Existen claros peligros y riesgos que me impiden comenzar la tarea? ☐

¿Faltan controles de riesgos críticos asociados a la tarea y sus controles efectivos? ☐

¿Tengo problemas de salud o fatiga que me impidan realizar la tarea? ☐

¿Involucra personal nuevo, sin experiencia o sin autorización? ☐

¿El equipo, Líder o dueño de área desconoce el alcance de esta tarea? ☐

FECHA EJECUCIÓN

--	--

HORA INICIO EJECUCIÓN	HORA TÉRMINO EJECUCIÓN
:	:

EQUIPO	OT	HORÓMETRO

¿Están todas las personas capacitadas y entrenadas en el uso y llenado de ART? ☐ SI ☐ No

PARE CONTROL DE HERRAMIENTAS

Color	Mes	Marcar mes actual (V)
	ENERO / JULIO	
	FEBRERO / AGOSTO	
	MARZO / SEPTIEMBRE	
	ABRIL / OCTUBRE	
	MAYO / NOVIEMBRE	
	JUNIO / DICIEMBRE	

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

ZAPATOS
SEGURIDAD

CASCO
SEGURIDAD

GUANTES
SEGURIDAD

LENTES
SEGURIDAD

PROTECTOR
AUDITIVO

CHALECO
REFLECTANTE

RIESGOS CRÍTICOS PRESENTES

LIBERACIÓN
DESCONTROLADA DE
ENERGÍA

CONTACTO CON
ENERGÍA ELÉCTRICA

CAÍDA DE DISTINTO
NIVEL

PELIGRO DE
ATRAPAMIENTO

MEDIO AMBIENTE

RESIDUO
INDUSTRIAL

RESIDUO
DOMÉSTICO

RESIDUO
PELIGROSO

PROCESO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Supervisor

```

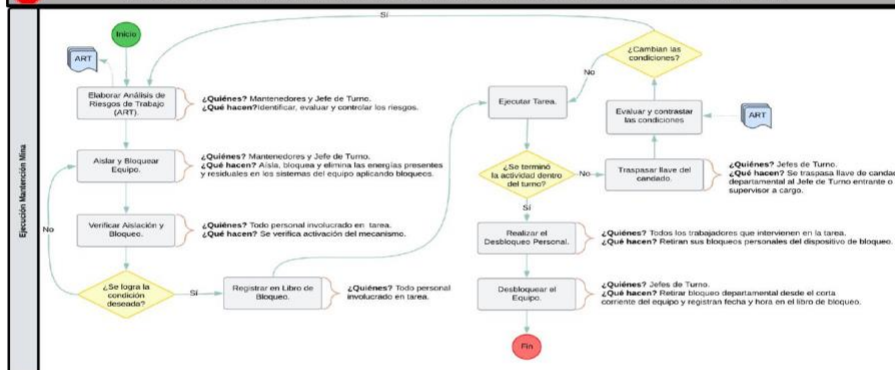
graph TD
    Inicio((Inicio)) --> HacerOT[Hacer una OT correctiva.]
    HacerOT --> ValidarConf[Validar con confiabilidad.]
    ValidarConf --> RealizarSM[Realizar una SM.]
    RealizarSM --> CerrarOT[Cerrar OT.]
    CerrarOT --> Analizar[Analizar OT y Pautas.]
    Analizar --> Fin((Fin))
    
    Inicio --> EjecutarOT[Ejecutar OT.]
    EjecutarOT --> ValidarInfo[Validar información de cierre.]
    ValidarInfo --> CerrarOT
    
    EjecutarOT --> IdentificarNivel[Identificar nivel de criticidad de hallazgo.]
    IdentificarNivel --> ValidarInfo
    
    EjecutarOT --> NuevosHallazgos{¿Nuevos hallazgos fuera de alcance?}
    NuevosHallazgos -- Si --> HacerOT
    NuevosHallazgos -- No --> ValidarInfo
    
    EjecutarOT --> EstanRepuestos{¿Están los repuestos?}
    EstanRepuestos -- No --> ValidarConf
    EstanRepuestos -- Si --> IdentificarNivel
    
```

Contabilidad

ANÁLISIS DE RIEGOS DEL TRABAJO (Identifique el peligro, evalúe los riesgos y finalmente coloque controles efectivos)



DETALLE DEL DIAGRAMA Y FLUJO DE AISLAMIENTO, BLOQUEO Y PRUEBA DE ENERGÍA "CERO"



CRONOGRAMA TAREAS

DESCRIPCION DE LAS TAREAS	DURACION (MIN)	ESPECIALIDAD	CANTIDAD	AMPLITUD 15 (MIN)																															
				15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300	315	330	345	360	375	390	405	420	435			
ANÁLISIS DE RIESGO DE TRABAJO/DOCUMENTACION/PAUTA	30	TODOOS	3																																
CHECK LIST DE RECEPCIÓN DE EQUIPO	47	MEC1-MEC2	2																																
LAVADO DEL EQUIPO	105	MEC1-MEC2	2																																
TOMAR MUESTRAS DE ACEITE MOTOR Y MANTENIMIENTO MOTOR DIESEL	180	MEC 1	1																																
VERIFICACIÓN DEL SISTEMA SUPRESOR	45	MEC 1	1																																
VERIFICAR NIVELES	10	MEC 2	1																																
AJUSTAR LA PRESION DE LOS NEUMATICOS POSICION P1-P2-P3-P4	50	MEC 2	1																																
VERIFICACIÓN DE LINEAS CARDANICAS	90	MEC 2	1																																
VERIFICACION DE LUBRICACION DE SUSPENSION	75	MEC 2	2																																
VERIFICAR SISTEMA ELECTRICO DE CAJA A29-CAJA BATERIAS-MODULOS	225	ELEC	2																																
VERIFICACION ESTRUCTURAL DEL TOLVA	60	SOLD	3																																
CHEQUEO DE SALUD DEL EQUIPO	47	MEC1-MEC2	2																																

		Pauta Mantenimiento Superintendencia de Mantenición						
		Mina						
Pauta Mantenimiento 250[h] CAMION MT65								
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	SISTEMA	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECCION	ESPECIALIDAD	COSTO USD
							REALIZADO (-.-X)	
10	DETENIDO	EQUIPO	EQUIPO	ANÁLISIS DE RIESGO DE TRABAJO (ART) CON EQUIPO DETENIDO.	IDENTIFICAR LOS RIESGOS INHERENTES APLICANDO ESTÁNDAR DE LA OMS	30	TODO/S	
20	ENCENDIDO	EQUIPO	EQUIPO	CHECK LIST DE RECEPCIÓN DE EQUIPO	CHECK LIST.	47	MEC1-MEC2	
30	DETENIDO	ESTRUCTURAL	CHASIS	CROWTFOOT LAVAR LINEA DE EJES CARDANES LAVAR INTERIOR Y EXTERIORMENTE TRANSMISION-MOTOR DIESEL LAVAR CONJUNTO DE ENFRIADORES LAVAR CABINA	APLICAR INSTRUCTIVO DE LAVADO	105	MEC1-MEC2	US\$77
40	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE LA TRANSMISION	EVITAR CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA Y NO LLENAR EL FRASCO SOBRE 3/4	10	MEC 1	
50	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	TOMAR MUESTRAS DE ACEITE MOTOR	EVITAR CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA Y NO LLENAR EL FRASCO SOBRE 3/4	5	MEC 1	
60	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAIR ACEITE DE MOTOR DIESEL REPUESTOS/INSUMOS: 65 L - ACEITE MOBIL DELVAC XHP ESP S 10W-40	LLENAR 65LTS CON ACEITE 10W-40	30	MEC 1	US\$303
70	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAIR LOS 2 FILTROS DE ACEITE DE MOTOR (2 UN - FILTRO ACEITE MOTOR NP 6060-0042-16)	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC 1	US\$137
80	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAIR LOS 2 FILTROS SECUNDARIOS DE COMBUSTIBLE (2 UN - FILTRO DE COMBISTIBLE SECUNDARIO NP 5560-0121-73)	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC 1	US\$170
90	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAIR FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO (FUEL PWR) (1 UN - FILTRO SEPARADOR DE AGUA NP 6060-0025-59)	FIRMEMENTE APERNADO Y MONTADO SIN FILTRACIONES VISIBLES DE COMBUSTIBLE POR EL SELLO	15	MEC 1	US\$363
100	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICACION DE DUCTOS DEL SISTEMA DE ADMISION DEL MOTOR DIESEL "APLICAR INSTRUCTIVO DE CERTIFICACION DE	SIN FUGAS DE AIRE POR MANGUERA DE AIRE	40	MEC 1	
110	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAIR FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO DEL MOTOR (2 UN - KIT FILTRO AIRE NP 3222-1881-52)	LIMPIAR CARCAZA PORTA FILTRO DE AIRE. PRECAUSION SELLE DUCTO DE ENTRADA DE PORTA FILTRO	5	MEC 1	US\$447
120	ENCENDIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICAR LINEAS DE ESCAPE Y MANTA TERMICA	SIN FILTREACIONES DE GASES DE ESCAPE	45	MEC 1	
130	DETENIDO	SUPRESOR DE FUEGO	SUPRESOR DE FUEGO	VERIFICACION DEL SISTEMA SUPRESOR	VERIFICAR FECHA DE CADUCIDAD	45	MEC 1	
140	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICAR EL NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR DIESEL	EL NIVEL DEBE ESTAR ENTRE LOS LIMITES MAXIMOS Y MINIMO DE LOS VISORES	1	MEC 2	
150	DETENIDO	HIDRAULICO	ESTANQUE HIDRAULICO	VERIFICAR EL NIVEL DE ACEITE ESTANQUE HIDRAULICO	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	1	MEC 2	
160	DETENIDO	HIDRAULICO	ESTANQUE ACEITE REFRIGERACION FRENO	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE ESTANQUE DE ENFRIADOR DE ACEITE DE FRENO.	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	1	MEC 2	
170	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DROPOBOX	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE LA DROPOBOX	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	2	MEC 2	
180	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE LA TRANSMISION	EQUIPO EN RELENTO TEMPERATITA SOBRE 82°C NIVEL DE VARILLA EN MARCA FULL	5	MEC 2	
190	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	NEUMATICOS POSICION 1-2-3-4	AJUSTAR LA PRESION DE LOS NEUMATICOS POSICION P1-P2-P3-P4	116 PSI (P1-P2) 116 PSI (P3-P4)	50	MEC 2	
200	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	EJE CARDAN	VERIFICACIÓN DE LINEAS CARDANICAS INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DE TORQUEO Y HOLGURA	SIN HOLGURAS Y SOLTURAS	90	MEC 2	
210	DETENIDO	ESTRUCTURAL	LUBRICACION	VERIFICACION DE LUBRICACION DE SUSPENSIÓN "APLICAR INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA LUBRICACIÓN"	RELLENO DEL DEPOSITO CON 8 KG (UTILIZA GRASA MOLY 3)	75	MEC 2	US\$101

220	DETENIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	*CAMBIAR FILTRO DE AIRE INTERIOR DEL AIRE ACONDICIONADO (1 UN - FILTRO POLEN N°P 6060-0025-88)*	LIBRES DE POLVO Y SATURACION (SI NO SEDAN LAS CONDICIONES REEMPLAZAR EL FILTRO)	5	ELEC		US\$25
230	DETENIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	*CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRESURIZACION DE CABINA (1 U - FILTRO PRESURIZACION CABINA N°P 5960-0137-43)	LIBRES DE POLVO Y SATURACION (SI NO SEDAN LAS CONDICIONES REEMPLAZAR EL FILTRO)	5	ELEC		US\$68
240	DETENIDO	ELECTRICO	CONTROL	MODULO DE CONTROL PITRAN: 1.- REVISAR EL ESTADO DEL SOPORTE ARTICULADO DE LA TABLET. 2.- VERIFICAR PERNOS DE FIJACION DE LA BASE ARTICULADA. 3.- REVISAR LA CONEXION Y EL ESTADO DE CABLE DE ALIMENTACION DE LA TABLE	TORQUE DE PERNOS FIJACION DE BRAZO 20 [Nm]	3	ELEC		
250	DETENIDO	CABINA	PANEL DE INSTRUMENTOS	RELLENAR EL DEPOSITO LIMPIABRISAS	3 LITROS DE AGUA DESMINERALIZADA	3	ELEC		US\$1
260	DETENIDO	ELECTRICO	CONTROL	VERIFICAR SISTEMA ELECTRICO DE CAJA AJD		210	ELEC		US\$48
270	DETENIDO	ESTRUCTURAL	TOLVA	VERIFICACION ESTRUCTURAL DEL TOLVA *APLICAR INSTRUCTIVO DE VERIFICACION DEL TOLVA*	SIN SOLTRA DE PERNOS DE GET Y FISURAS EN LA ESTRUCTURA DEL BALDE	60	SOLD		
280	ENCENDIDO	EQUIPO	EQUIPO	CHECK LIST DE SALUDA DEL EQUIPO	CHECK LIST:	47	MEC1-MEC2		

Total:

965	DURACION [Min]	Costo [USD]	US\$1.691
16,08	DURACION [Hrs]	Costo [USD] KIT	US\$1.078

N°	CÓDIGO FLEXLINE	REPUESTOS	C/u	Un.	COSTO USD
1	8134610001	KIT MANTENCION 250 HRS, ATLAS COPCO 6060-0028-15, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$1.078
3	8134640001 8134640002	FILTRO ACEITE (OIL FILTER), ATLAS COPCO 6060-0042-14, USO: CAMION MT65	2	UN	US\$137
4	8134100001	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	2	UN	US\$170
5	8134900003 8134900008	FILTRO SEPARADOR AGUA/COMBUSTIBLE (FILTER), ATLAS COPCO 6060-0025-88, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$303
6	8134900004	KIT FILTRO AIRE, INCLUYE FILTRO PRIMARIO-SECUNDARIO (SEGURIDAD), ATLAS COPCO 3222-1881-S2, USO: MT65	2	UN	US\$447
6	8134670001	FILTRO A/C (FILTER), ATLAS COPCO 6060-0025-88, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$25
7	8134680001 001229	FILTRO PRESURIZACION CABINA (FILTER PRESSURIZER), ATLAS COPCO 5941-3216-00, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$68
N°	CÓDIGO FLEXLINE	INSUMOS	C/u	Un.	COSTO USD
1	3001000109	ACEITE MOBIL DELVAC XHP ESP 3 10W-40 (TAMBOR 208 LT)	65	L	US\$303
2	3002000050	GRASA, 3MOLY 181 KG CAT SCDOOP, FINNING 452-6007 (EX 7X-7701)	8	KG	US\$89
3	3003000018	DESENGRASANTE SOLVENTE ROJO (20 LT)	20	L	US\$77
4	6603000131	AGUA DESMINERALIZADA	5	L	US\$1
5	8056011069	LOCTITE GRASA DIELECTRICA LUBRICANTE 80 ML	1	UN	US\$25
6	6602000109	LIMPIA CONTACTO AEROSOL 3M NOVEC (NOVOTEC)	1	UN	US\$24
7	3003000013	GRASA MOBILUX EP-2 (TAMBOR 181 KG)	1	KG	US\$2
N°	CÓDIGO MÁXIMO	HERRAMIENTAS DE TRABAJO	C/u	Un.	
1	SIN CODIGO	CAJA DE HERRAMIENTAS ESTANDAR	1	UN	
2	SIN CODIGO	CAJA DE DADO [Pq] CUADRANTE 1/4 Y 3/8	1	UN	
3	SIN CODIGO	CAJA DE DADO [Pq] CUADRANTE 1/2	1	UN	
4	SIN CODIGO	CAJA DE DADO [Pq]CUADRANTE 3/4	1	UN	
5	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 1/4 ESCALA 5 [NM] A 10 [NM] (USO DE AJUSTE DE ABRAZADERAS DE AJUSTE)	1	UN	
6	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 3/8 ESCALA 10 [NM] A 30 [NM]	1	UN	
7	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 1/2 ESCALA 50 [NM] A 250 [NM]	1	UN	
8	SIN CODIGO	LLAVE SACA FILTRO	1	UN	
9	SIN CODIGO	LLAVE SACA FILTRO CADENA	1	UN	
10	SIN CODIGO	JUEGO DE EMBUDOS	1	UN	
11	SIN CODIGO	BARROTE DE FUERZA DE 20" CUADRANTE 1/2	1	UN	
12	SIN CODIGO	LLAVE PUNTA-CORONA 32MM, 38MM, 41MM, 48MM, 62MM	1	UN	
13	SIN CODIGO	ANEMOMETRO	1	UN	
14	SIN CODIGO	PIROMETRO	1	UN	
15	SIN CODIGO	JUEGO DE MANOMETROS ALTA-BAJA AIRE ACONDICIONADO	1	UN	

PROCEDIMIENTOS E INSTRUCTIVOS DE REFERENCIAS		ESPECIALISTAS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	CÓDIGO DEL TÉCNICO	ESPECIALIDAD	HH	FIRMA
GM-PE-SMM-030	"PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN SISTEMA DE BLOQUEO"		CT01			
	"INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA LUBRICACIÓN"		CT02			
	"INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DE TORQUEO Y HOLGURA"		CT03			
	"INSTRUCTIVO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA RCS"		CT04			
	"INSTRUCTIVO DE CERTIFICACIÓN DE DUCTOS"		CT05			
	"INSTRUCTIVO DE DUSTOS ESCAPE"		CT06			
	"INSTRUCTIVO DE NEUMÁTICOS"		CT07			
	"INSTRUCTIVO DE CERTIFICACIÓN DE TOLVA"		CT08			
	"CHECK LIST DE RECEPCIÓN Y SALIDA DE EQUIPO"		CT09			
RECEPCIÓN DE LA PAUTA						
CARGO	NOMBRE		FECHA Y HORA		FIRMA	
SUPERVISOR DIRECTO						
INSPECTOR						
OBSERVACIONES TÉCNICAS						

Pauta de Mantenimiento Preventivo / Versión 1 / Última fecha de actualización: 20 de Julio de 2023 / Área de Confiabilidad, Superintendencia Mantención Mina (SIMM).

 PROTOCOLO DE ENTRADA MEXO DESCUBRE TODO TU POTENCIAL									
CONDICIONES NO OPERAR ASSET INTEGRITY									
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
10	DETENIDO	EQUIPO	INSPECCIÓN VISUAL DEL EQUIPO ANTES DE ARRANCAR	SIN FILTRACIONES DE ACEITE GOLPES O RUPTURA EN LA ESTRUCTURA	3	MEC			
20	DETENIDO	CILINDRO DIRECCIÓN	EXISTE FILTRACIÓN DE LOS CILINDROS DE DIRECCIÓN	SIN FILTRACIONES DE ACEITE	1	MEC			
30	DETENIDO	CILINDRO DIRECCIÓN	SE ENCUENTRAN TODOS LOS PERNOS DE FUNCIÓN INSTALADOS EN LOS CILINDROS DE DIRECCIÓN	CON TODOS SUS PERNOS	1	MEC			
40	ENCENDIDO	CILINDRO DIRECCIÓN	REALIZAR PRUEBAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	TIEMPO DE RECORRIDO DIRECCIÓN (3.5 ± 1 seg.)	1	MEC			
50	ENCENDIDO	FRENO	REALIZAR PRUEBAS DEL SISTEMA DE FRENO	PRUEBA EJECUTADA EN UN 100%	1	MEC			
60	ENCENDIDO	MODULO SSI	EL MODULO CHECK FIRE SE ENCUENTRA CON LED EN VERDE Y QUE NO SE AVANCE NINGUNA INDICACIÓN DE ERROR	SIN ALARMAS LUMINOSAS Y SONORAS	1	MEC			
CONDICIONES DE SEGURIDAD									
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
70	ENCENDIDO	CORTA CORRIENTE	DESENERGIZA EL EQUIPO	SIN ENERGIA EN EL EQUIPO	1	MEC			
80	ENCENDIDO	PARADA DE EMERGENCIA	DETENE EL MOTOR DIESEL Y TODAS LAS OPERACIONES DE LA MAQUINA	EQUIPO DETENIDO	10	MEC			
90	ENCENDIDO	SENSOR HOMBRE MUERTO	SE BLOQUEA EQUIPOS AL ABRIR LA PUERTA	EQUIPO DETENIDO	1	MEC			
100	ENCENDIDO	BOCINA	EMITE ALARMA SONORA	OPERATIVA	1	MEC			
110	ENCENDIDO	ALARMA DE RETROCESO	EMITE ALARMA SONORA	OPERATIVA	1	MEC			
120	ENCENDIDO	ILUMINACIÓN	ENCENDEN TODAS LAS LUCES	OPERATIVA	1	MEC			
130	ENCENDIDO	BALIZA	SE ILUMINA AL ACTIVARSE	OPERATIVA	1	MEC			
140	ENCENDIDO	VIDEOCAMARAS	LA IMAGEN ES VISIBLE	OPERATIVA	1	MEC			
150	ENCENDIDO	LIMPIAPARRISAS	FUNCIONA EL LIMPIAPARRISAS	OPERATIVA	1	MEC			
160	DETENIDO	CINTURON DE SEGURIDAD	FUNCIONA EL SISTEMA RETRACTIL ENCLAVAMIENTO Y CINTA	OPERATIVA	1	MEC			
170	DETENIDO	VIDRIOS CABINA	PRESENTA TRIZADURAS	SIN FISURAS	1	MEC			
180	DETENIDO	CABINA	ACCESOS Y PASAMANOS EN BUEN ESTADO	AJUSTADOS Y EN SU UBICACION	1	MEC			
CONDICIONES DE SALUD OCUPACIONAL									
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
190	ENCENDIDO	AIRE ACONDICIONADO	HAY FLUJO DE AIRE FRIO EN LA CABINA	TEMPERATURA ENTRE 16-19 °C	1	MEC			
200	ENCENDIDO	ASIENTO	FUNCIONA LA SUSPENSIÓN Y REGULACIÓN	OPERATIVA	1	MEC			
FUNCIONAMIENTOS									
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
210	ENCENDIDO	MODULO D501 (RCS)	RECOPIAR DATOS DE ALARMAS DE ADVERTENCIAS Y CODIGOS DE FALLA O ERROR (INFO)	SIN CODIGOS ACTIVOS SIN ADVERTENCIAS SIN ALARMAS	1	MEC			
220	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	VERIFIQUE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL	RPM 700 MIN-2100 MAX 1" REFRIGERANTE 92-92 °C PRESION ACEITE 2.2-4.8 BAR	1	MEC			
230	ENCENDIDO	TRANSMISION	VERIFIQUE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISION	TEMPERATURA ACEITE 70-80 °C PRESION ACEITE 11-15 BAR	1	MEC			
240	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	PRUEBAS STALL DE MOTOR DIESEL-TRANSMISION-HIDRAULICO. LA PRUEBA NO PUEDE DURAR MAS DE 30 SEGUNDOS	RPM MINIMAS (1900± 100 rpm.) PRESION DE REFUERZO 1.9 - 2 BAR	1	MEC			
250	ENCENDIDO	CILINDROS DE LEVANTE	PRUEBAS DEL SISTEMA DE LEVANTE DE LA TOLVA	SALI	1	MEC			
260	ENCENDIDO	CILINDRO DIRECCION	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO DE LIMITADORES DE CARRERA DE LOS CILINDROS DE DIRECCION	DISMINUCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL EQUIPO	1	MEC			
270	ENCENDIDO	BARRA WAT-LINK	GIRO EL VOLANTE DE LA DIRECCION EN AMBAS DIRECCION (IZQUIERDA-DERECHA (GIROS RAPIDOS)	SIN RUIDOS O GOLPES	2	MEC			
280	ENCENDIDO	CILINDRO DE SUSPENSIÓN	PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN	ALTURA MINIMA 71MM ALTURA MEDIA 101 MM ALTURA MAXIMA 132 MM	2	MEC			
290	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS DE MARCHAS DE LA TRANSMISION AUTOMATICA Y SEMIAUTOMATICA	CAMBIO SECUENCIALES SIN RUIDOS O GOLPES	5	MEC			
300	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL RETARADOR DE LA TRANSMISION (LA TEMPERATURA DE LA TRANSMISION NUNCA DEBE SOBREPASAR LOS 135°C)	LAS RPM DEL MOTOR DIESEL PARA FRENO OPTIMO SON 1800 Y 2100 RPM	1	MEC			
310	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS FUNCIONAMIENTO DE LIMITADOR DE VELOCIDAD DEL EQUIPO	NO SOBRE PASA LA MAXIMA VELOCIDAD 30 KM/HRS	1	MEC			
320	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL TURBO-TIMER	MOTOR SE DETENE A LOS 2.5 MIN	2.5	MEC			
					Total:	46.5	[Min]		
RECEPCIÓN DE PROTOCOLO DE ENTRADA									
CARGO			NOMBRE			FECHA Y HORA		FIRMA	
Protocolo de entrada / Versión 1 / Última fecha de actualización: 24 de Julio de 2023 / Área de Confiabilidad, Superintendencia Mantenimiento Mina (SIMM)									



PROTOCOLO DE SALIDA

MEXO

DESCUBRE TODO TU POTENCIAL

EXCELENCIA OPERACIONAL

CONDICIONES NO OPERAR ASSET INTEGRITY

#	TIPO DE ATENCIÓN	SISTEMA	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
10	DETENIDO	EQUIPO	INSPECCION VISUAL DEL EQUIPO ANTES DE ARRANCAR	SIN FILTRACIONES DE ACEITE GOLPES O RUPTURA EN LA ESTRUCTURA	3	MEC			
20	DETENIDO	CILINDRO DIRECCION	EXISTE FILTRACIÓN DE LOS CILINDROS DE DIRECCIÓN	SIN FILTRACIONES DE ACEITE	1	MEC			
30	DETENIDO	CILINDRO DIRECCION	SE ENCUENTRAN TODOS LOS PERNOS DE FUNCIÓN INSTALADOS EN LOS CILINDROS DE DIRECCION	CON TODOS SUS PERNOS	1	MEC			
40	ENCENDIDO	CILINDRO DIRECCION	REALIZAR PRUEBAS DEL SISTEMA DE DIRECCION	TIEMPO DE RECORRIDO DIRECCION [3.5 ± 1 seg.]	1	MEC			
50	ENCENDIDO	FRENO	REALIZAR PRUEBAS DEL SISTEMA DE FRENO	PRUEBA EJECUTADA EN UN 100%	1	MEC			
60	ENCENDIDO	MODULO SSI	EL MODULO CHECK FIRE SE ENCUENTRA CON LED EN VERDE Y QUE NO SE ANUNCIE NINGUNA INDICACIÓN DE ERROR LUMINOSA EN LED	SIN ALARMAS LUMINOSAS Y SONORAS	1	MEC			

CONDICIONES DE SEGURIDAD

#	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
70	ENCENDIDO	CORTA CORRIENTE	DESENERGIZA EL EQUIPO	SI N ENERGIA EN EL EQUIPO	1	MEC			
80	ENCENDIDO	PARADA DE EMERGENCIA	DETIENE EL MOTOR DIESEL Y TODAS LAS OPERACIONES DE LA MAQUINA	EQUIPO DETENIDO	10	MEC			
90	ENCENDIDO	SENSOR HOMBRE MUERTO	SE BLOQUEA EQUIPOS AL ABRIR LA PUERTA	EQUIPO DETENIDO	1	MEC			
100	ENCENDIDO	BOCINA	EMITE ALARMA SONORA	OPERATIVA	1	MEC			
110	ENCENDIDO	ALARMA DE RETROCESO	EMITE ALARMA SONORA	OPERATIVA	1	MEC			
120	ENCENDIDO	ILUMINACIÓN	ENCENDEN TODAS LAS LUCES	OPERATIVA	1	MEC			
130	ENCENDIDO	BALIZA	SE ILUMINA AL ACTIVARSE	OPERATIVA	1	MEC			
140	ENCENDIDO	VIDEOCAMARAS	LA IMAGEN ES VISIBLE	OPERATIVA	1	MEC			
150	ENCENDIDO	LIMPIAPARABRISAS	FUNCIONA EL LIMPIAPARABRISAS	OPERATIVA	1	MEC			
160	DETENIDO	CINTURON DE SEGURIDAD	FUNCIONA EL SISTEMA RETRACTIL, ENCLAVAMIENTO Y CINTA	OPERATIVA	1	MEC			
170	DETENIDO	VORROS CABINA	PRESENTA TRIZADURAS	SIN FISURAS	1	MEC			
180	DETENIDO	CABINA	ACCESOS Y PASAMANOS EN BUEN ESTADO	AJUSTADOS Y EN SU UBICACION	1	MEC			

CONDICIONES DE SALUD OCUPACIONAL

#	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
190	ENCENDIDO	AIRE ACONDICIONADO	HAY FLUJO DE AIRE FRION EN LA CABINA	TEMPERATURA ENTRE 16-19 °C	1	MEC			
200	ENCENDIDO	ASIENTO	FUNCIONA LA SUSPENSIÓN Y REGULACIÓN	OPERATIVA	1	MEC			

FUNCIONAMIENTOS

#	TIPO DE ATENCIÓN	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCIÓN	ESPECIALIDAD	VERIFICACIÓN		OBSERVACIÓN
							CUMPLE	NO CUMPLE	
210	ENCENDIDO	MODULO D501 (RCS)	RECOPILAR DATOS DE ALARMAS DE ADVERTENCIAS Y CODIGOS DE FALLA O ERROR (INFO)	SIN CODIGOS ACTIVOS SIN ADVERTENCIAS SIN ALARMAS	1	MEC			
220	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	VERIFIQUE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL	RPM 700 MIN-2100 MAX 1" REFRIGERANTE 82-92 °C PRESION ACEITE 2.2-4.8 BAR	1	MEC			
230	ENCENDIDO	TRANSMISION	VERIFIQUE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISION	TEMPERATURA ACEITE 70-80 °C PRESION ACEITE 11-15 BAR	1	MEC			
240	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	PRUEBAS STALL DE MOTOR DIESEL-TRANSMISION- HIDRAULICO. LA PRUEBA NO PUEDE DURAR MAS DE 30 SEGUNDOS	RPM MINIMAS (1800x 100 rpm.) PRESION DE REFUERZO 1.9 - 2 BAR	1	MEC			
250	ENCENDIDO	CILINDROS DE LEVANTE	PRUEBAS DEL SISTEMA DE LEVANTE DE LA TOLVA	SALI	1	MEC			
260	ENCENDIDO	CILINDRO DIRECCION	VERIFIQUE FUNCIONAMIENTO DE LITADORES DE CARRERA DE LOS CILINDROS DE DIRECCION	DISMINUCION DE LA VELOCIDAD DE GIRO DEL EQUIPO	1	MEC			
270	ENCENDIDO	BARRA WAT-LINK	GIRE EL VOLANTE DE LA DIRECCION EN AMBAS DIRECCION (QUERIERA-DERECHA (GIROS RAPIDOS))	SIN RUIDOS O GOLPES	2	MEC			
280	ENCENDIDO	CILINDRO DE SUSPENSION	PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SUSPENSION	ALTURA MINIMA 71MM ALTURA MEDIA 101 MM ALTURA MAXIMA 132 MM	2	MEC			
290	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS DE MARCHAS DE LA TRANSMISION AUTOMATICA Y SEMIAUTOMATICA	CAMBIOS SECUENCIALES SIN RUIDOS O GOLPES	5	MEC			
300	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS DEL FUNCIONAMIENTO DEL RETARDADOR DE LA TRANSMISION (LA TEMPERATURA DE LA TRANSMISION NUNCA DEBE SOBREPASAR LOS 135 °C)	LAS RPM DEL MOTOR DIESEL PARA FRENO OPTIMO SON 1800 Y 2100 RPM.	1	MEC			
310	ENCENDIDO	TRANSMISION	PRUEBAS FUNCIONAMIENTO DE LIMITADOR DE VELOCIDAD DEL EQUIPO	NO SOBREPASA LA MAXIMA VELOCIDAD 30 KM/HRS	1	MEC			
320	ENCENDIDO	MOTOR DIESEL	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL TURBO-TIMER	MOTOR SE DETIENE A LOS 2.5 MIN	2.5	MEC			
Total:					48.5	[Min]			

RECEPCIÓN DE PROTOCOLO DE ENTRADA

CARGO	NOMBRE	FECHA Y HORA	FIRMA

Protocolo de entrada / Versión 1 / Última fecha de actualización: 24 de Julio de 2023 / Área de Confiabilidad, Superintendencia Mantenimiento Mina (SIMM)

ANEXO 3: PAUTA DE MANTENIMIENTO 500 HORAS CAMIÓN ARTICULADO MT-65 EPIROC

500[h]

Pauta Mantenimiento
CAMION MT65 [2-10]





Sociedad
Punta del Cobre
S.A.



Si algunas de las preguntas tienen un "SI" como respuesta, **NO** inicie el trabajo y

PAUSE

ACTIVIDADES PREVIAS A LA TAREA (Primer paso Seguro)

¿Es primera vez que realizo esta tarea?

¿Han cambiado las condiciones del entorno?

¿Existen otras tareas en paralelo?

¿En esta tarea existe algún riesgo NO controlado?

¿Me falta alguna herramienta o EPP?

¿El área de trabajo se encuentra fuera condiciones ambientales o sub estándares ?.

¿Existen claros peligros y riesgos que me impiden comenzar la tarea?

¿Faltan controles de riesgos críticos asociados a la tarea y sus controles efectivos?

¿Tengo problemas de salud o fatiga que me impidan realizar la tarea?

¿Involucra personal nuevo, sin experiencia o sin autorización?.

¿El equipo, Líder o dueño de área desconoce el alcance de esta tarea?

PAUSE

CONTROL DE HERRAMIENTAS

Color	Mes	Marcar mes actual (v)
Blue	ENERO / JULIO	
Red	FEBRERO / AGOSTO	
Yellow	MARZO / SEPTIEMBRE	
Green	ABRIL / OCTUBRE	
Black	MAYO / NOVIEMBRE	
Grey	JUNIO / DICIEMBRE	

FECHA EJECUCIÓN

HORA INICIO EJECUCIÓN

HORA TÉRMINO EJECUCIÓN

EQUIPO

OT

HORÓMETRO



¿Están todas las personas capacitadas y entrenadas en el uso y llenado de ART?

☐ Si ☐ No

PAUSE

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL



ZAPATOS
SEGURIDAD



CASCO
SEGURIDAD



GUANTES
SEGURIDAD



LENTES
SEGURIDAD



PROTECTOR
AUDITIVO



CHALLAGO
REFLECTANTE

RIESGOS CRÍTICOS PRESENTES



LIBERACIÓN
DESCONTROLA DE
ENERGÍA



CONTACTO CON
ENERGÍA ELÉCTRICA



CAÍDA DE DISTINTO
NIVEL



PELIGRO DE
ATRAPAMIENTO

MEDIO AMBIENTE



RESIDUO
INDUSTRIAL



RESIDUO
DOMÉSTICO



RESIDUO
PELIGROSO

PROCESO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Supervisor

Contabilidad

Inicio

¿Están los repuestos?

Si

Hacer una OT correctiva.

Identificar nivel de criticidad de hallazgo.

Si

Ejecutar OT.

¿Nuevos hallazgos fuera de alcance?

No

Validar información de cierre.

¿La criticidad del hallazgo es alta?

No

Realizar una SM.

Validar con confiabilidad.

Cerrar OT.

Escanear y subir documentos

Adjuntar OT con Pauta completa

Analizar OT y Pautas

Fin

Fin

86

PAUSE

ANÁLISIS DE RIESGOS DEL TRABAJO (Identifique el peligro, evalúe los riesgos y finalmente coloque controles efectivos)



CONTROLES CRÍTICOS LIBERACIÓN DESCONTROLADA DE ENERGÍA

- 1.- Aislamiento, bloqueo y prueba de energía cero
- 2.- Mantenimiento sistemas críticos (hidráulicos / neumáticos)
- 3.- Dispositivos de Seguridad (sensores, trabas mecánicas)
- 4.- Comunicación efectiva para zona segura de trabajo
- 5.- Demarcación/Delimitador/ Segregación de zona segura trabajo.



CONTROLES CRÍTICOS CAÍDA DE PERSONA DESDE ALTURA

- 1.- Arnés de seguridad y accesorios
- 2.- Plataformas y superficies de trabajo
- 3.- Segregar áreas para borde abierto y/o zonas de trabajo
- 4.- Plan específico de primera respuesta para trauma por suspensión.



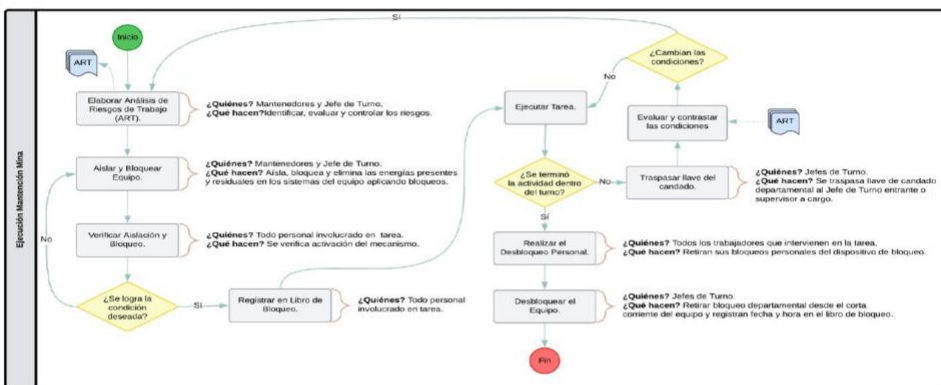
CONTROLES CRÍTICOS ATRAPAMIENTO/ APLASTAMIENTO

- 1.- Aislamiento, bloqueo y prueba de energía cero
- 2.- Protecciones físicas (barrera física entre hombre y máquina)
- 3.- Dispositivos de Seguridad (sensores, trabas mecánicas)
- 4.- Comunicación efectiva para zona segura de trabajo
- 5.- Demarcación/Delimitador/ Segregación de zona segura trabajo.



PAUSE

DETALLE DEL DIAGRAMA Y FLUJO DE AISLAMIENTO, BLOQUEO Y PRUEBA DE ENERGÍA "CERO"



CRONOGRAMA TAREAS

DESCRIPCION DE LAS TAREAS	DURACION [MIN]	ESPECIALIDAD	CANTIDAD TECNICOS	AMPLITUD 60 [MIN]													
				60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840
PROTOCOLO DE ENTRADA /LAVADO DE EQUIPO	195	MEC1-MEC2	2														
MANTENIMIENTO DE EJES Y MANDO FINALES	165	MEC1-MEC2	2														
MANTENIMIENTO DE MOTOS DIESEL	180	MEC-1	1														
MANTENIMIENTO DE TRANSMISION	20	MEC-1	1														
VERIFICACION DE TORQUE EJE CARDANES /SISTEMA SUSPENSION	180	MEC-1	1														
LUBRICACION DEL EQUIPO	90	MEC-1	1														
MANTENIMIENTO DE EJES TRASERO-UPBOX	120	MEC-2	1														
MANTENIMIENTO SISTEMA DE FRENO E HIDRAULICO	195	MEC-2	1														
MANTENIMIENTO DE NEUMATICOS/MEDIR DESGASTE DE DISCOS	75	MEC-2	1														
VERIFICACION DE PRESION ACUMULADORES/CERTIFICACION CABINA	120	MEC-2	1														
VERIFICACION TORQUE BARRA A DIRECCION-ATERCOOLER	75	MEC-2	1														
MANTENIMIENTO ELECTICO Y/A/C	420	ELEC	1														
VERIFICACION DE TOLVA	60	SOLD	1														
PROTOCOLO DE SALIDA	45	MEC1-MEC2	2														

		Pauta Mantenimiento Superintendencia de Mantención							
Mina									
Pauta Mantenimiento 500[h] CAMION MT65 [2-10]									
ITEM	TIPO DE ATENCIÓN	SISTEMA	COMPONENTE	TAREA DE MANTENIMIENTO	LÍMITE ACEPTABLE	TIEMPO EJECUCION	ESPECIALIDAD	REALIZADO	COSTO USD
								(+/-X)	
10	DETENIDO	EQUIPO	EQUIPO	ANÁLISIS DE RIESGO DE TRABAJO (ART) CON EQUIPO DETENIDO.	IDENTIFICAR LOS RIESGOS INHERENTES APLICANDO ESTÁNDAR DE J.A. SIMM.	30	TODOS		
20	ENCENDIDO	EQUIPO	EQUIPO	CHECK LIST DE RECEPCIÓN DE EQUIPO	CHECK LIST.	45	MEC1-MEC2		
30	DETENIDO	ESTRUCTURAL	CHASIS	LAVAR TOLVA LAVAR LINEA DE EJES CARDANES LAVAR INTERIOR Y EXTERIORMENTE TRANSMISION-MOTOR DIESEL LAVAR CONJUNTO DE ENFRIADORES LAVAR CABINA	APLICAR INSTRUCTIVO DE LAVADO	120	MEC1-MEC2		US\$77
40	ENCENDIDO	TREN DE POTENCIA	MANDO FINAL POS 1	1.- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE MANDO FINAL 1 2.- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL, TOMAR FOTOGRAFIA 3.- CAMBIAR ACEITE DE MANDO FINAL 14 L - ACEITE MOBILUBE HP PLUS 85W/140	LLENAR 16 [LTS] CON ACEITE 85W/140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	30	MEC1 / MEC2		US\$40
50	ENCENDIDO	TREN DE POTENCIA	MANDO FINAL POS 2	1.- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE MANDO FINAL 2 2.- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL, TOMAR FOTOGRAFIA 3.- CAMBIAR ACEITE DE MANDO FINAL 14 L - ACEITE MOBILUBE HP PLUS 85W/140	LLENAR 16 [LTS] CON ACEITE 85W/140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	30	MEC1 / MEC2		US\$40
60	ENCENDIDO	TREN DE POTENCIA	MANDO FINAL POS 3	1.- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE MANDO FINAL 3 2.- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL, TOMAR FOTOGRAFIA 3.- CAMBIAR ACEITE DE MANDO FINAL 14 L - ACEITE MOBILUBE HP PLUS 85W/140	LLENAR 16 [LTS] CON ACEITE 85W/140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	30	MEC1 / MEC2		US\$40
70	ENCENDIDO	TREN DE POTENCIA	MANDO FINAL POS 4	1.- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE MANDO FINAL 4 2.- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL, TOMAR FOTOGRAFIA 3.- CAMBIAR ACEITE DE MANDO FINAL 14 L - ACEITE MOBILUBE HP PLUS 85W/140	LLENAR 16 [LTS] CON ACEITE 85W/140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	30	MEC1 / MEC2		US\$40
80	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DIFERENCIAL DELANTERO	1.- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE DIFERENCIAL DELANTERO 2.- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL POS 1, TOMAR FOTOGRAFIA 3.- CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO 62 L - ACEITE MOBILUBE HP	LLENAR CON 79 [LTS] CON ACEITE 85W/140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	40	MEC1		US\$198
90	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DIFERENCIAL DELANTERO	CAMBIAR FILTRO RESPIRADERO DIFERENCIAL DELANTERO 1 UN - FILTRO GUARDAPOLVO NP 5590-0090-62	RESPIRADERO CORRECTAMENTE INSTALADO, VERIFICAR ESTADO DE BASE DE SUJECCION DEL FILTRO,	5	MEC 1		US\$26
100	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	TOMAR MUESTRAS DE ACEITE MOTOR	EVITAR CONTAMINACION DE LA MUESTRA	5	MEC-1		
110	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR DIESEL REPUESTOS/INSUMOS: 65 L - ACEITE MOBIL DELVAC XHP ESP S 10W-40	LLENAR 65LTS CON ACEITE 10W-40	40	MEC-1		US\$303
120	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR LOS 2 FILTROS DE ACEITE DE MOTOR (2 UN - FILTRO ACEITE MOTOR NP 6090-0042-14)	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-1		US\$137
130	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR LOS 2 FILTROS SECUNDARIOS DE COMBUSTIBLE (2 UN - FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO NP 5590-0121-73)	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-1		US\$170
140	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTRO DE COMBUSTIBLE PRIMARIO (FUEL PRO) (1 UN - FILTRO SEPARADOR DE AGUA NP 6090-0025-89)	FIRMEMENTE APERNADO Y MONTADO SIN FILTRACIONES VISIBLES DE COMBUSTIBLE POR EL SELLO	15	MEC-1		US\$363
150	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR RESPIRADERO TANQUE COMBUSTIBLE FILTRO CARTUCHO NP 5590-0120-66	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-1		US\$102
160	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIO DE FILTRO DE REFRIGERACION FILTRO (FILTER); EPIROC 5541-8307-00	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	12	MEC-1		US\$43
170	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICAR EL NIVEL DE REFRIGERANTE DE MOTOR DIESEL	EL NIVEL DEBE ESTAR ENTRE LOS LIMITES MAXIMOS Y MINIMO DE LOS VISORES	3	MEC-1		

190	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICACION DE DUCTOS DEL SISTEMA DE ADMISION DEL MOTOR DIESEL "APLICAR INSTRUCTIVO DE CERTIFICACION DE	SIN FUGAS DE AIRE POR MANGUERA DE AIRE	25	MEC-1		
190	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	CAMBIAR FILTROS DE AIRE PRIMARIO Y SECUNDARIO DEL MOTOR [2 UN - KIT FILTRO AIRE NP 3222-1881-52]	LIMPIAR CARCAZA PORTA FILTRO DE AIRE, PRECAUTION SELLE DUCTO DE ENTRADA DE PORTA FILTRO	5	MEC-1		US\$447
200	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	MOTOR DIESEL	VERIFICACION DE DUCTOS DE ESCAPE DEL MOTOR DIESEL	SIN FUGAS DE AIRE POR MANGUERA DE AIRE	30	MEC-1		
210	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE LA TRANSMISION	EVITAR CONTAMINACION DE LA MUESTRA	5	MEC 1		
220	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	CAMBIAR FILTRO DE LA TRANSMISION ELEMENTO (TRANSMISION FILTER); EPIROC 6080-0099-42	SI FILTRACIONES DE ACEITE	15	MEC 1		US\$418
230	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	CAMBIO DE SELLO FILTRO TRANSMISION, 5541-2029-00	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	5	MEC 1		US\$29
240	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	CAMBIAR RESPIRADERO DE TRANSMISION FILTRO RESPIRADERO NP 5590-0090-62	SIN FILTRACIONES POR EL SELLO	5	MEC 1		US\$26
250	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	TRANSMISION	VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE LA TRANSMISION	EQUIPO EN RELENTO TEMPERATURA SOBRE 80C NIVEL DE VARILLA EN MARCA FULL	5	MEC 1		
260	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	EJE CARDAN	VERIFICACIÓN DE LINEAS CARDANICAS "INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DE TORQUEO Y HOLGURA"	SIN HOLGURAS Y SOLTURAS	120	MEC-2		
270	DETENIDO	ESTRUCTURAL	BARRA WATT LINK	VERIFICACION DE SISTEMA DE SUSPENSION "BARRAS LINK"	SIN JUEGOS AXIALES Y RADIALES MAYORES A 1 [MM]	60	MEC-2		US\$101
280	DETENIDO	ESTRUCTURAL	LUBRICACION	VERIFICACION DE LUBRICION DE SUSPENSION "APLICAR INSTRUCTIVO DE VERIFICACION DEL SISTEMA LUBRICACION"	RELLENO DEL DEPOSITO CON 8 KG (UTILIZA GRASA MOLY 3)	90	MEC-2		US\$101
290	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DIFERENCIAL TRASERO	1- TOMAR MUESTRAS DE ACEITE DE DIFERENCIAL DELANTERO 2- REVISAR TAPON MAGNETICO DE MANDO FINAL POS 1. TOMAR FOTOGRAFIA 3- CAMBIAR ACEITE DIFERENCIAL DELANTERO 82 L - ACEITE MOBILUBE HD PLUS 85W140	LLENAR CON 79 [LTS] CON ACEITE 85W140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	40	MEC2		US\$198
300	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DIFERENCIAL TRASERO	CAMBIAR FILTRO RESPIRADERO DIFERENCIAL DELANTERO 1 UN - FILTRO GUARDAPOLVO NP 5590-0090-62	RESPIRADERO CORRECTAMENTE INSTALADO, VERIFICAR ESTADO DE BASE DE SUJECCION DEL FILTRO	5	MEC2		US\$26
310	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	DROPBOX	CAMBIAR EL ACEITE Y VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DE LA DROPBOX	RELLENAR CON 38 MOBILUBE HD 85W140 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	40	MEC-2		
320	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	UPBOX-DROPBOX	CAMBIAR LOS 2 FILTROS DE UPBOX-DROPBOX FILTRO (FILTER); EPIROC 5540-9038-00	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-2		US\$189
330	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	UPBOX-DROPBOX	CAMBIAR FILTRO COLADOR UPBOX-DROPBOX ELEMENTO FILTRANTE (ELEMENT FILTER); EPIROC 6080-0030-73	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-2		US\$152
340	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	UPBOX-DROPBOX	CAMBIO DE SELLO FILTRO COLADOR UPBOX-DROPBOX 6080-0030-62	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	5	MEC-2		US\$11
350	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	UPBOX-DROPBOX	CAMBIAR RESPIRADERO DE CAJA UPBOX-DROPBOX FILTRO RESPIRADERO NP 5590-0090-62	SIN FILTRACIONES POR EL SELLO	5	MEC-2		US\$26
360	DETENIDO	HIDRAULICO	ESTANQUE HIDRAULICO	INSTALAR MAQUINA DE DIALISIS AL ESTANQUE HIDRAULICO DURACION, "UTILIZAR INSTRUCTIVO "	DURACION HRS 12 HRS	60	MEC-2		
370	DETENIDO	HIDRAULICO	ESTANQUE HIDRAULICO	CAMBIO DE FILTRO HIDRAULICO FILTRO HIDRAULICO (HYDRAULIC FILTER); EPIROC 5590-0104-08	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	15	MEC-2		US\$259
380	DETENIDO	HIDRAULICO	ESTANQUE HIDRAULICO	CAMBIO DE FILTRO RESPIRADERO ELEMENTO FILTRANTE (ELEMENT FILTER); EPIROC 5590-0115-41	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	10	MEC-2		US\$80
390	DETENIDO	HIDRAULICO	REFRIGERACION	CAMBIAR Y VERIFICAR NIVEL DE ACEITE DEL ESTANQUE DE ENFRIADOR DE ACEITE DE FRENO.	RELLENAR CON 130 LITS DE ACEITE 424 VERIFICAR NIVEL DE ACEITE NO SOBREPASE EL MAXIMO	60	MEC-2		US\$306
400	DETENIDO	HIDRAULICO	FRENO	CAMBIA FILTRO DE FRENO ELEMENTO FILTRANTE FRENO (HYD PRESSURE); EPIROC 5580-0212-78	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y	10	MEC-2		US\$116
410	DETENIDO	HIDRAULICO	FRENO	CAMBIO DE SELLO FILTRO FRENO; SELLO (SEAL); ATLAS 5580-0256-14	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y	5	MEC-2		US\$22
420	DETENIDO	HIDRAULICO	REFRIGERACION	CAMBIA FILTRO DE REFRIGERACION DE FRENO FILTRO (FILTER); EPIROC 6080-0080-40	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y	10	MEC-2		US\$135
430	DETENIDO	HIDRAULICO	REFRIGERACION	CAMBIAR RESPIRADERO DEL ESTANQUE DE ACEITE DE ENFRIADOR DEL FRENO FILTRO VENTILACION NP 5590-9992-11)	SELLO DEL FILTRO CORRECTAMENTE MONTADO SIN MORDEDURAS ENTRE FILTRO Y ESTANQUE	5	MEC-2		US\$32

440	DETENIDO	TREN DE POTENCIA	NEUMATICOS POSICION 1-2-3-4	APLICAR MANTENIMIENTO DE NEUMATICO APLICAR INSTRUCTIVO	SIN FILTRACIONES DE AIRE 116 PSI (P1-P2) 116 PSI (P3-P4)	60	MEC 2		
450	DETENIDO	HIDRAULICO	FRENO	MEDIR EL DESGASTE DE LOS DISCOS DE FROCCION DE FRENOS DE SERVICIO "UTILIZAR INSTRUCTIVO"	DESGASTE MINIMO 0.5 [MM]	15	MEC 2		
460	DETENIDO	HIDRAULICO	FRENO	VERIFICAR CARGA DE GAS DE NITROGENO DE ACUMULADOR DE FRENO	PRESION ACUMULADOR ACC1 [80 BAR]	40	MEC 2		
470	DETENIDO	HIDRAULICO	SUSPENSION	VERIFICAR CARGA DE GAS DE NITROGENO DE ACUMULADORES DE SUSPENSION	PRESION ACUMULADOR ACC2 [30 BAR] PRESION ACUMULADOR ACC3 [140 BAR]	35	MEC 2		
480	DETENIDO	HIDRAULICO	REFRIGERACION	VERIFICAR LA PRESION DE BOMBA DE FAN DEL RADIADOR	PRESION 260 BAR		MEC 2		
490	DETENIDO	CABINA	CABINA	REALIZAR CERTIFICACION DE CABINA * APLICAR INSTRUCTIVO"	SIN PERDIDA DE ESTANQUIDAD NIVEL MAXIMO 82 db (A)	15	MEC 2		
500	DETENIDO	ESTRUCTURAL	BARRA A	VERIFICAR TORNILLOS DE: 1.- PERNOS BARRA A 2.- PERNOS CILINDROS DE DIRECCION 3.- PERNOS ALTERCOOLER 4.- PERNOS RADIADOR			MEC1 / MEC2		
510	ENCENDIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	VERIFICAR PRESIONES DEL SISTEMA A/C			ELEC		
520	DETENIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	CAMBIO DEL COMPRESOR A/C CORREA (BELT): EPIROC 5590-0155-69	TENSION DE CORREA 10 A 15 MM	15	ELEC		US\$63
530	DETENIDO	ELECTRICO	ARRANQUE Y CARGA	CAMBIO DE CORREA DE CORREA ALTERNADOR: EPIROC 5541-7110-00	TENSION DE CORREA 10 A 15 MM	15	ELEC		US\$59
540	DETENIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	"CAMBIAR FILTRO DE AIRE INTERIOR DEL AIRE ACONDICIONADO [1 UN - FILTRO POLEN NP 6060-0025-89]"	LIBRES DE POLVO Y SATURACION (SI NO SEDAN LAS CONDICIONES REEMPLAZAR EL FILTRO)	5	ELEC		US\$25
550	DETENIDO	CABINA	AIRE ACONDICIONADO	CAMBIO FILTRO DE AIRE PRESURIZACION DE CABINA [1 U - FILTRO PRESURIZACION CABINA NP 2086-0031-48]	LIBRES DE POLVO Y SATURACION (SI NO SEDAN LAS CONDICIONES REEMPLAZAR EL FILTRO)	5	ELEC		US\$48
560	DETENIDO	ELECTRICO	CONTROL	1.- REVISAR EL ESTADO DEL SOPORTE ARTICULADO DE LA TABLET. 2.- VERIFICAR PERNOS DE FIJACION DE LA BASE ARTICULADA 3.- REVISAR LA CONEXION Y EL ESTADO DE CABLE DE ALIMENTACION DE LA TABLE	TORQUE DE PERNOS FIJACION DE BRAZO 20 [Nm]	3	ELEC		
570	DETENIDO	CABINA	PANEL DE INSTRUMENTOS	RELLENAR EL DEPOSITO LIMPIABRISAS	5 LITROS DE AGUA DESMINERALIZADA	3	ELEC		US\$1
580	DETENIDO	ELECTRICO	CONTROL	VERIFICAR SISTEMA ELECTRICO DE CAJA A20		195	ELEC		US\$48
590	DETENIDO	SUPRESOR FUEGO	SUPRESOR FUEGO	VERIFICACION DEL SISTEMA SUPRESOR		60	MEC-1		
600	DETENIDO	ESTRUCTURAL	TOLVA	VERIFICACION ESTRUCTURAL DEL TOLVA "APLICAR INSTRUCTIVO DE VERIFICACION DEL TOLVA"	SIN SOLTRA DE PERNOS DE UET Y FISURAS EN LA ESTRUCTURA DE LA TOLVA	60	SOLD		
610	ENCENDIDO	EQUIPO	EQUIPO	CHECK LIST DE SALIDA DEL EQUIPO	CHECK LIST	47	MEC1 / MEC2		

Total:

1718	HH [Min]	Costo [USD]	US\$3.877
28,63	HH [Hrs]	Costo [USD] TOT	US\$2.324

N°	CÓDIGO FLEXLINE	REPUESTOS	C/u	Un.	COSTO USD	
1	6060-0055-42	KIT MANTENCIÓN 1000 HR (CAMION MT65); EPIROC 6060-0055-42	1	UN	US\$2,324	
2	8134040001 8134040002	FILTRO ACEITE (OIL FILTER); ATLAS COPCO 6060-0042-14, USO: CAMION MT65	2	UN	US\$137	
3	8134100001	FILTRO DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	2	UN	US\$170	
4	8134960003 8134960008	FILTRO SEPARADOR AGUA/COMBUSTIBLE (FILTER); ATLAS COPCO 6060-0025-96, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$383	
	8124960041 9000001521	FILTRO CARTUCHO (FILTER CARTRIDGE); EPIROC 5590-0120-66	1	UN	US\$102	
5	8134960004	KIT FILTRO AIRE, INCLUYE FILTRO PRIMARIO-SECUNDARIO (SEGURIDAD); ATLAS COPCO 3222-1861-52, USO: MT65	2	UN	US\$447	
6	8134140001 9000001765	FILTRO (FILTER); EPIROC 5541-6307-00	1	UN	US\$43	
7	6805000308	FILTRO HIDRÁULICO (HYDRAULIC FILTER); EPIROC 5590-0104-08	1	UN	US\$259	
8	8134150001	ELEMENTO FILTRANTE FRENO (HYD PRESSURE); EPIROC 5590-0212-78	1	UN	US\$116	
	8146960005 9000001995	SELLO (SEAL); ATLAS 5590-0256-14	1	UN	US\$22	
9	8134960005	ELEMENTO FILTRANTE (ELEMENT FILTER); EPIROC 5590-0115-41	1	UN	US\$80	
10	8134960006 9000001771	FILTRO (FILTER); EPIROC 5540-9038-00	2	UN	US\$189	
11	8134110001	ELEMENTO (TRANSMISSION FILTER); EPIROC 6060-0099-42	1	UN	US\$418	
12	8134110002	SELLO FILTRO TRANSMISSION; 5541-2029-00	1	UN	US\$29	
13	8134070001	FILTRO A/C (FILTER); ATLAS COPCO 6060-0025-80, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$25	
14	8134020001 001229	FILTRO PRESURIZACION CABINA (FILTER PRESSURIZER); ATLAS COPCO 3541-3216-00, USO: CAMION MT65	1	UN	US\$68	
15	8134960002	FILTRO RESPIRADERO (BREATHER FILTER); EPIROC 5599-9962-11	1	UN	US\$32	
16	8126200001	FILTRO RESPIRADERO (BREATHER FILTER); EPIROC 5590-0080-62	4	UN	US\$79	
17	8134020001	FILTRO (FILTER); EPIROC 6060-0080-40	1	UN	US\$135	
18	8134110003 9000001762	ELEMENTO FILTRANTE (ELEMENT FILTER); EPIROC 6060-0030-73	1	UN	US\$152	
	8141960012 9000001847	SELLO FILTRO COLADOR NIP 6060-0030-62	1	UN	US\$11	
19	8134200002	CORREA (BELT); EPIROC 5590-0155-69	1	UN	US\$83	
20	8134200001 9000001768	CORREA ALTERNADOR; EPIROC 5541-7110-00	1	UN	US\$59	
N°	CÓDIGO FLEXLINE	INSUMOS	C/u	Un.	COSTO USD	
1	3001000109	ACEITE MOBIL DELVAC XHP ESP S 10W-40 (TAMBOR 208 LT)	66	L	US\$303	
2	3001000082	ACEITE LUBRICANTE (1940 LT); MOBIL HD PLUS 85W/140	222	L	US\$548	
3	3001000076	ACEITE LUBRICANTE (208 LT); MOBIL MOBILUBE HD LS 80W/90	58	L	US\$179	
4	3001000114	ACEITE LUBRICANTE (1940 LT); MOBIL MOBILFLUID 424	120	L	US\$306	
5	3002000050	GRASA, 3MOLY 181 KG CAT SCOOP, FINNING 452-6007 (EX 7X-7701)	8	KG	US\$69	
6	3003000016	DESENGRASANTE SOLVENTE ROJO (20 LT)	20	L	US\$77	
7	6603000131	AGUA DESMINERALIZADA	5	L	US\$1	
8	6056011069	LOCTITE GRASA DIELECTRICA LUBRICANTE 80 ML	1	UN	US\$25	
9	6822000159	LIMPIA CONTACTO AEROSOL 3M NOVEC (NOVOTEC)	1	UN	US\$24	
10	3002000013	GRASA MOBILUX EP-2 (TAMBOR 181 KG)	1	KG	US\$2	
N°	CÓDIGO MÁXIMO	HERRAMIENTAS DE TRABAJO	C/u	Un.		
1	SIN CODIGO	CAJA DE HERRAMIENTAS ESTANDAR	1	UN		
2	SIN CODIGO	CAJA DE DADO (PI) CUADRANTE 1/4 Y 3/8	1	UN		
3	SIN CODIGO	CAJA DE DADO (PI) CUADRANTE 1/2	1	UN		
4	SIN CODIGO	CAJA DE DADO (PI) CUADRANTE 3/4	1	UN		
5	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 1/4 ESCALA 5 [NM] A 10 [NM] (USO DE AJUSTE DE ABRAZADERAS DE AJUSTE)	1	UN		
6	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 3/8 ESCALA 10 [NM] A 30 [NM]	1	UN		
7	SIN CODIGO	LLAVE DE TORQUE CUADRANTE 1/2 ESCALA 50 [NM] A 250 [NM]	1	UN		
8	SIN CODIGO	LLAVE SACA FILTRO	1	UN		
9	SIN CODIGO	LLAVE SACA FILTRO CADENA	1	UN		
10	SIN CODIGO	JUEGO DE EMBUDOS	1	UN		
11	SIN CODIGO	BARROTE DE FUERZA DE 25" CUADRANTE 1/2	1	UN		
12	SIN CODIGO	LLAVE PUNTA-CORONA 32MM, 36MM, 41MM, 46MM, 62MM	1	UN		
13	SIN CODIGO	ANEMOMETRO	1	UN		
14	SIN CODIGO	PIROMETRO	1	UN		
15	SIN CODIGO	JUEGO DE MANOMETROS ALTA-BAJA AIRE ACONDICIONADO	1	UN		
PROCEDIMIENTOS E INTRUCTIVOS DE REFERENCIAS			ESPECIALISTAS			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	NOMBRE	CÓDIGO DEL TÉCNICO	ESPECIALIDAD	HI	FIRMA
GM-PE-SMM-030	"PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN SISTEMA DE BLOQUEO"		CT01			
	"INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DEL SISTEMA LUBRICACION"		CT02			
	"INSTRUCTIVO DE VERIFICACIÓN DE TORQUEO Y HOLGURA"		CT03			
	"INSTRUCTIVO DE EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA RCS"		CT04			

	"INSTRUCTIVO DE CERTIFICACION DE DUCTOS"		CT05			
	"INSTRUCTIVO DE DUSTOS ESCAPE"		CT06			
	"INSTRUCTIVO DE NEUMATICOS"		CT07			
	"INSTRUCTIVO DE CERTIFICACION DE TOLVA"		CT08			
	"CHECK LIST DE RECEPCION Y SALIDA DE EQUIPO"		CT09			
RECEPCION DE LA PAUTA						
CARGO	NOMBRE		FECHA Y HORA		FIRMA	
SUPERVISOR DIRECTO						
INSPECTOR						
OBSERVACIONES TECNICAS						

Pauta de Mantenimiento Preventivo / Versión 1 / Última fecha de actualización: 20 de Julio de 2023 / Área de Confiabilidad, Superintendencia Mantención Mina (SIMM).

