

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Trabajo de Suficiencia Profesional

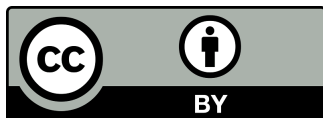
**Reubicación de módulo de control de temperatura
para optimizar la confiabilidad de los camiones
794AC**

Ronny Jonathan Fernandez Carpio

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 14 de Mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Reubicación de Módulo de Control de Temperatura para optimizar la confiabilidad de los camiones 794AC

Autor:

Ronny Jonathan Fernandez Carpio – EAP. Ingeniería Industrial

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 15 palabras | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original (no se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Julio Cesar Alvarez Barreda
Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Mg. Julio César Alvarez Barreda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por otorgarme un estado de salud óptimo, brindarme la fortaleza necesaria y por permitirme alcanzar esta etapa crucial de mi desarrollo académico y profesional.

A la Universidad Continental, por permitirme continuar con mi educación personal.

Al Ing. Julio Cesar Álvarez Barreda y a la Ing. Polhett Corali Begazo Velásquez, agradezco sinceramente su dedicación y respaldo durante este desarrollo.

Agradecer sinceramente a los miembros del jurado de esta modalidad, por su dedicación en la revisión y sus valiosas sugerencias, las cuales han enriquecido significativamente este trabajo.

Infinita gratitud es expresada hacia los profesores de Ingeniería Industrial, por impartirnos sus amplios conocimientos a lo largo de estos años.

DEDICATORIA

A mi familia, por motivarme a continuar en este camino. A la memoria de mi madre Gladys Carpio Chambi, por el respaldo recibido al comienzo de esta fase de desarrollo.

Con mucho amor a mis hijos, Bruno y Benjamín Fernández, por ser parte esencial en mi existencia, y fundamental en mi día a día; porque los valores adquiridos en mi formación profesional serán volcados en su educación y por darme fuerzas para continuar con mis objetivos.

ÍNDICE

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiv
EXECUTIVE SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	1
1.1 Datos generales de la empresa	1
1.2 Actividades principales de la empresa	1
1.3 Reseña histórica de la empresa	2
1.4 Organigrama de la empresa.....	4
1.5 Misión y visión de la empresa.....	6
1.5.1 Misión	6
1.5.2 Visión.....	6
1.6 Bases legales o documentos administrativos	6
1.7 Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	6
1.7.1 Ferreyros – Mina en Moquegua / Quellaveco.....	6
1.7.2 Talento peruano y creación de capacidades	7
1.7.3 Adopción de autonomía	7
1.7.4 Liderazgo en minería	8
1.7.5 Truck Shop.....	8
1.7.6 Grifo Fórmula 1	9
1.7.7 Campo - operaciones mina.....	9

1.7.8	Responsabilidad social	10
1.8	Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	11
1.8.1	Métricas de control interno	13
CAPÍTULO II		14
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES		14
2.1	Antecedentes o diagnóstico situacional	14
2.2	Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad	16
2.3	Objetivos de la actividad profesional.....	17
2.4	Justificación de la actividad profesional	17
2.5	Resultados esperados	18
CAPÍTULO III.....		19
MARCO TEÓRICO.....		19
3.1	Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	19
3.1.1	Mantenibilidad	19
3.1.2	Gestión de mantenimiento	19
3.1.3	Mantenimiento	20
3.1.4	Tipos de mantenimiento.....	20
3.1.5	Plan de mantenimiento.....	22
3.1.6	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	22
3.1.7	Carta de Gantt	22
3.1.8	Gestión de seguridad en mantenimiento	23
3.1.9	IPERC	23
3.1.10	Check List	24
3.1.11	Camión minero 794AC	24
3.1.12	Indicadores de mantenimiento KPI.....	25
3.1.13	Disponibilidad.....	25
3.1.14	Confiabilidad (MTBF)	26
3.1.15	Tiempo medio entre paradas (MTBS)	26
3.1.16	Tiempo medio para reparar (MTTR)	27

3.1.17	FMI (Identificador De Modo De Falla)	27
3.1.18	FMI 9	28
3.1.19	Plataforma SIGMA	29
3.1.20	Plataforma ATENTO24	29
3.1.21	Válvula termostática	29
3.1.22	Módulo de Control de Temperatura (TCM).....	30
CAPÍTULO IV		31
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES		31
4.1	Descripción de actividades profesionales	31
4.1.1	Enfoque de las actividades profesionales.....	32
4.1.2	Alcance de las actividades profesionales	32
4.1.3	Entregables de las actividades profesionales	33
4.2	Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	47
4.2.1	Metodologías.....	48
4.2.2	Técnicas	49
4.2.3	Instrumentos.....	50
4.2.4	Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	51
4.3	Ejecución de las actividades profesionales	51
4.3.1	Cronograma de actividades.....	52
4.3.2	Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	54
CAPÍTULO V		56
RESULTADOS		56
5.1	Resultados finales de las actividades realizadas	56
5.1.1	Reubicación del módulo de control de temperatura FMI 9.....	56
5.1.2	Mantenimiento preventivo	58
5.2	Logros alcanzados.....	58
5.3	Dificultades encontradas	59
5.3.1	Convencimiento a la jefatura de Ferreyros para la reubicación del TCM	59
5.3.2	Convencimiento al cliente para la prueba de reubicación del TCM	60

5.3.3	Investigación adicional	60
5.3.4	La falta de insumos y repuestos	60
5.3.5	Coordinación entre distintos departamentos	60
5.3.6	Imprevisibilidad de las condiciones climáticas.....	60
5.4	Planteamiento de mejoras	60
5.4.1	Metodologías propuestas.....	61
5.4.2	Descripción de la implementación.....	63
5.5	Análisis	64
5.6	Análisis costo – beneficio	64
5.7	Aporte del bachiller en la empresa.....	66
5.7.1	Desarrollo de una solución innovadora.....	66
5.7.2	Generación de conocimiento.....	66
5.7.3	Gestión de recursos y coordinación	66
5.7.4	Seguridad	66
5.7.5	Gestión de mantenimiento	67
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES.....		69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		70
ANEXOS		74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Datos generales de Ferreyros.	1
Tabla 2.	Códigos de Identificador de modalidad de falla.	28
Tabla 3.	Ficha de revisión documentaria.	50
Tabla 4.	Porcentaje de mejora de la confiabilidad por cada mes.	57
Tabla 5.	Porcentaje de mejora de la confiabilidad.	57
Tabla 6.	Porcentaje según el tipo de mantenimiento.....	62
Tabla 7.	Datos iniciales para el análisis costo – beneficio.	65
Tabla 8.	Comparación económica antes y después de la reubicación del TCM.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Empresas aliadas de Ferreyros.....	2
Figura 2.	Estructura corporativa de Ferreycorp.....	4
Figura 3.	Organigrama de Ferreyros.	5
Figura 4.	Truck Shop.....	9
Figura 5.	Operaciones en la mina de Moquegua.	10
Figura 6.	Disponibilidad de flota carguío y acarreo	14
Figura 7.	Indicadores de mantenimiento.	15
Figura 8.	Confiabilidad del camión 794AC	15
Figura 9.	Plataforma que muestra la falla del TCM.	16
Figura 10.	Variables y parámetros de entrada de la Gestión del Mantenimiento.....	19
Figura 11.	Camión Minero 794AC.....	25
Figura 12.	Línea de tiempo y observaciones del formato de lavado PM.	34
Figura 13.	Plantilla para la inspección para el PM.	35
Figura 14.	Formato de pruebas de motor Diesel	36
Figura 15.	Plantilla para la evaluación del sistema de frenos.....	37
Figura 16.	Plantilla para la evaluación del sistema de dirección.....	38
Figura 17.	Plantilla para la evaluación del Sistema de levante.	39
Figura 18.	Plantilla para la medición de GP Kingpin delantero.	40
Figura 19.	Plantilla para la medición del Nose Cone..	41
Figura 20.	Plantilla para la medición de suspensiones.	42
Figura 21.	Plantilla para las pruebas del sistema de engrase automático.	43
Figura 22.	Plantilla para la presurización del sistema de admisión en el motor C175-16.44	
Figura 23.	Plantilla para la evaluación transmisión AC	45
Figura 24.	Plantilla de pruebas de rendimiento del motor, frenos, dirección y levante. ...	46
Figura 25.	Plantilla para la calibración de válvulas de motor C175-16 794AC.	47
Figura 26.	Diagrama de Gantt de la reubicación del TCM.	54
Figura 27.	Diagrama de flujo de la reubicación del TCM.....	55

Figura 28.	KPI de confiabilidad y disponibilidad.	56
------------	---	----

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo del trabajo de suficiencia es optimizar la confiabilidad de los camiones mineros 794AC en una mina de Moquegua, mediante la reubicación del módulo de control de temperatura (TCM) de los referidos camiones.

El módulo, ubicado originalmente en el chasis, sufre fallas recurrentes, especialmente durante la época de lluvias, debido a la exposición a la intemperie. El diagnóstico inicial, apoyado en la revisión de datos históricos de fallas (Top Five) y análisis situacional, identifica que la ubicación del TCM en el chasis lo expone a factores ambientales adversos (polvo y humedad), causando actualizaciones anormales de datos y consecuentes paros imprevistos.

Para solucionar la problemática descrita, se propone y ejecuta la reubicación del TCM a la cabina del operador, implementando una metodología que integra la planificación con diagramas de Gantt, la gestión de recursos y la supervisión de las actividades de mantenimiento. Se utilizan metodologías de mantenimiento preventivo y predictivo, así como la metodología IPERC para asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud en el trabajo. La gestión del mantenimiento se basó en el monitoreo de indicadores clave de desempeño (KPI's), como la confiabilidad (MTBF), la disponibilidad, y el tiempo medio para reparar (MTTR).

Los resultados obtenidos, tras la reubicación, muestran un incremento significativo en la confiabilidad, un aumento en la disponibilidad mecánica que superó las metas contractuales, y una reducción en costos y tiempos de inactividad.

El trabajo concluye con recomendaciones para asegurar la sostenibilidad de la mejora en la confiabilidad, así como para compartir las mejores prácticas implementadas con otras operaciones mineras.

Palabras Clave

TCM: Modulo de Control de Temperatura **KPI:** Indicador Clave de Rendimiento

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas **Top Five:** Cinco Mejores

MTTR: Tiempo Medio Para Reparar **Gantt:** Herramienta Visual de Gestión

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of the sufficiency work is to optimize the reliability of the 794AC mining trucks at a mine in Moquegua by relocating the trucks' temperature control module (TCM).

The module, originally located on the chassis, suffers from recurring failures, especially during the rainy season, due to exposure to the elements. The initial diagnosis, supported by a review of historical failure data (Top Five) and situational analysis, identifies that the location of the TCM on the chassis exposes it to adverse environmental factors (dust and humidity), causing abnormal data updates and subsequent unplanned shutdowns.

To solve the described problem, the relocation of the TCM to the operator's cabin is proposed and executed, implementing a methodology that integrates Gantt chart planning, resource management, and maintenance activity monitoring. Preventive and predictive maintenance methodologies, as well as the IPERC methodology, are used to ensure compliance with occupational health and safety standards. Maintenance management was based on monitoring key performance indicators (KPIs) such as reliability (MTBF), availability, and mean time to repair (MTTR).

The results obtained after the relocation show a significant increase in reliability, an increase in mechanical availability that exceeded contractual targets, and a reduction in costs and downtime.

The paper concludes with recommendations to ensure the sustainability of the reliability improvement, as well as recommendations for sharing the best practices implemented with other mining operations.

Keywords

TCM: Temperature Control Module

MTBF: Mean Time Between Failures

MTTR: Mean Time To Repair

KPI: Key Performance Indicator

Top Five: Best Five

Gantt: Visual Management Tool

INTRODUCCIÓN

Ferreyros S.A. ofrece servicios de venta de repuestos y personal especializado para diversas compañías, proporcionando mantenimiento a su flota de camiones 794AC en la operación Quellaveco, situada en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua, Perú.

En la operación Quellaveco de la empresa Ferreyros S.A., se establecen metas y objetivos a nivel tanto mensual, trimestral y anual para garantizar un servicio de alta calidad y satisfacer al cliente. Un objetivo clave en Quellaveco es alcanzar una disponibilidad mecánica del 91.91%, tal como se especifica en las cláusulas del contrato MARC 794AC.

Actualmente, en la Operación Quellaveco se cuenta con una flota de 30 camiones 794 AC y 2 camiones más en proceso de armado; estos equipos como toda máquina presentan fallas tanto mecánicas como eléctricas que afectan a los indicadores de mantenimiento de la flota de camiones 794AC.

Por esta razón, el área de planeamiento realiza rankings (Top Five) de las fallas recurrentes de la flota de camiones 794 AC, que afectan la confiabilidad de los mismos, impactando directamente en la disponibilidad. La finalidad de estos Top Five es dar solución a las fallas durante el mantenimiento programado para mejorar la confiabilidad de la flota de camiones.

Una de las fallas que lideraba los Top Five fue la actualización anormal de datos del módulo de control de temperatura del chasis 2854 – 9, que es un código de falla de este evento en específico. Esta falla se presentaba cuando los componentes del módulo de control de temperatura eran expuestos al agua, por lo que, en temporada de lluvia toda la flota de camiones 794AC presentaban el mismo problema, reduciendo de manera significativa la confiabilidad de la flota de camiones.

Es ahí donde nace la idea de reubicar el módulo de control de temperatura en la cabina del operador, donde el componente no está expuesto al agua ni al polvo. De esta manera, se buscó reducir las fallas del módulo de control de temperatura. Obteniendo resultados positivos reflejados en la confiabilidad de los equipos con respecto a este problema.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Datos generales de la empresa

Se presenta los datos generales de la empresa Ferreyros en la siguiente tabla 1.

Tabla 1. Datos generales de Ferreyros.

Razón social	Ferreyros S.A.
Ruc	20100028698
Domicilio fiscal	Jr. Cristóbal de Peralta Norte 820 Santiago de Surco
Actividades económicas	
Principal	Venta por mayor de maquinarias y equipos
Secundaria	Reparación de maquinaria
Terciaria	Alquiler y arrendamiento de maquinarias, equipos y bienes

1.2 Actividades principales de la empresa

Ferreyros S.A. está orientado a la comercialización de bienes de capital y servicios en el país, surge como nueva empresa en el año 2012, luego de la reorganización simple cuando la anterior Ferreyros S.A.A. se convierte en el holding Ferreycorp S.A.A. y le asigna el negocio de distribución Caterpillar y marcas aliadas. Ferreyros S.A. lidera ampliamente el mercado local de bienes de capital, se encarga desde el 1 de julio de 2012 de la comercialización de maquinaria y equipos Caterpillar, así como de marcas aliadas, como equipos de chancado Metso, grúas Terex, equipos de minería subterránea Paus y perforadoras subterráneas Oldenburg. Asimismo, distribuye para el mercado agrícola marcas como Massey Ferguson y Landini, entre otras. Cuenta con el mayor nivel de facturación de la corporación y con más de 3,700 colaboradores a marzo de 2013. Además, es la subsidiaria con una mayor infraestructura a nivel nacional, con más de 60 puntos de operación para garantizar un servicio de post venta de excelente cobertura, oportunidad y calidad a sus clientes.



Figura 1. *Empresas aliadas de Ferreyros. Tomada de Web de Ferreyros - <https://www.ferreyros.com.pe/>*

1.3 Reseña histórica de la empresa

Ferreyros es la empresa líder en la comercialización de bienes de capital en el país y en la provisión de servicios en este ámbito. Integrante de la corporación Ferreycorp, es distribuidora de Caterpillar desde 1942, así como de otras prestigiosas marcas. Enrique Ferreyros y un pequeño grupo de socios fundaron en 1922 la empresa Enrique Ferreyros y Cía. Sociedad en Comandita, la cual se dedicó en sus primeros años de operación a la comercialización de productos de consumo masivo. Veinte años más tarde, la empresa experimentó un giro trascendental, cuando tomó la decisión de asumir la representación de Caterpillar Tractor Co. en el Perú. A partir de entonces, la compañía incursionó en nuevos negocios y comenzó a redefinir su cartera de clientes, marcando así el futuro desarrollo de toda la organización.

Dos décadas después, en la década de los 60, otras líneas de máquinas y equipos como Massey Ferguson le encomendaron su representación. Asimismo, fue en 1962 que la empresa concretó su inscripción en la Bolsa de Valores de Lima, convirtiéndose en una compañía de accionariado difundido. En 1981, la empresa se transformó en sociedad anónima, como parte de un proceso de modernización a fin de reflejar la nueva estructura accionaria. Ello la llevó finalmente a convertirse, en 1998, en una sociedad anónima abierta bajo la denominación de Ferreyros S.A.A.

En el 2012, debido al crecimiento de Ferreyros y sus empresas subsidiarias, se llevó a cabo una reestructuración corporativa. Antes de esta transformación, Ferreyros S.A.A. no solo operaba como distribuidora de bienes de capital, sino que también desempeñaba un rol estratégico, estableciendo las directrices para todas las compañías del grupo.

En el año 2013, mediante la reorganización, Ferreyros S.A.A. pasó a convertirse en Ferreycorp S.A., la cual asumió la función de holding del grupo, gestionando todas las subsidiarias, tanto a nivel nacional como internacional. Por su parte, Ferreyros S.A. quedó a cargo de la venta de maquinaria, equipos y servicios postventa de Caterpillar y sus marcas asociadas.

En el año 2015, la nueva organización fue estructurada para que cada subsidiaria de la corporación pueda centrarse en ofrecer mayor valor a sus clientes, optimizando su alcance para aprovechar sus propias oportunidades de negocio y fortaleciendo sus capacidades operativas.

En el 2016, la empresa refuerza su posición como principal distribuidor de Caterpillar en el Perú, expandiendo su presencia en el sector minero con el suministro de maquinaria de última generación para operaciones de gran escala.

En el 2017, la empresa introduce nuevas soluciones digitales, incluyendo monitoreo remoto de maquinaria a través de tecnologías de telemetría y análisis de datos. Esto permite a sus clientes optimizar la productividad y reducir costos operativos.

En el 2020, se implementa protocolos de bioseguridad y fortalece sus canales digitales para garantizar la continuidad operativa de sus clientes. Además, refuerza su estrategia de e-commerce y asistencia técnica remota.

En el 2022 Ferreyros celebra 100 años de trayectoria, destacando su evolución y liderazgo en el mercado peruano. También conmemora 80 años de relación con Caterpillar, reafirmando su compromiso con el desarrollo del país.

En el 2024 se impulsa la comercialización de maquinaria eléctrica y de bajas emisiones, alineándose con las tendencias globales de sostenibilidad en la industria.

Por último, en el 2025 la empresa continúa su evolución tecnológica con una mayor adopción de inteligencia artificial y automatización en sus servicios. Se posiciona como líder en innovación y sostenibilidad en el sector de maquinaria pesada en Perú.

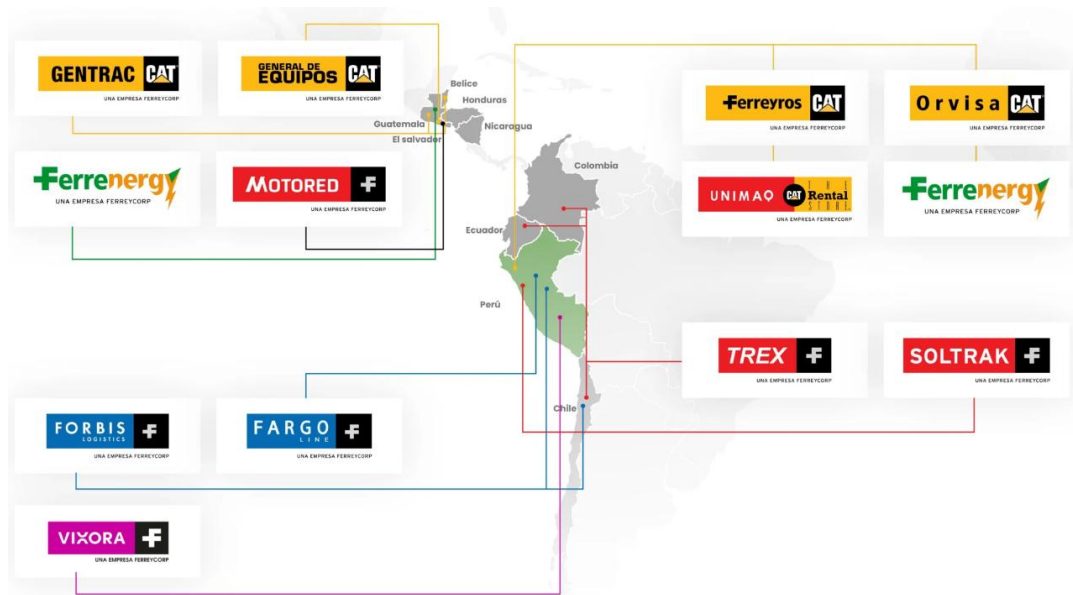


Figura 2. Estructura corporativa de Ferreycorp. Tomada de Ferreycorp - <https://www.ferreycorp.com.pe/nosotros>

1.4 Organigrama de la empresa

En toda organización hay una cadena de mando para lograr obtener un control de todas las áreas de las empresas. En el caso de Ferreyros tiene el siguiente organigrama que hace posible el funcionamiento correcto de todas las áreas de la empresa en pro de cumplir con los objetivos trazados.

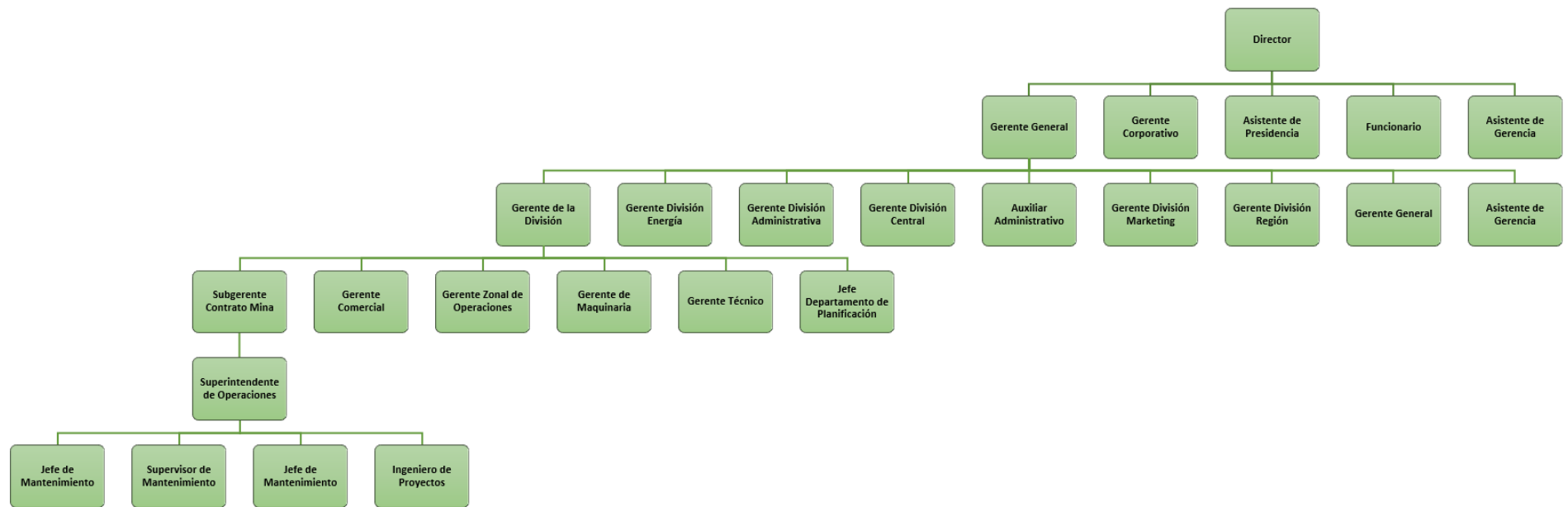


Figura 3. *Organigrama de Ferreyros.*

1.5 Misión y visión de la empresa

1.5.1 Misión

Ofrecer soluciones para cada cliente en específico, facilitándole los bienes de capital y servicios que necesita para crear valor en los mercados en los que actúa.

1.5.2 Visión

Reforzar nuestro liderazgo y ser reconocidos por nuestros clientes como la mejor alternativa, para así lograr nuestras metas de crecimiento.

1.6 Bases legales o documentos administrativos

En Ferreyros se alinean a las siguientes bases legales:

- Artículo 23° de la Constitución Política Del Perú.
- Ley N° 26842 “Ley General de la Salud”.
- Ley N° 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.
- Ley N° 29733 “Ley de Protección de Datos Personales”.
- D.S. N° 005-2012 TR “Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.
- D.S. N° 010-2020-TR “Disposiciones sobre el trabajo remoto”.
- R.M. N° 072-2020-TR “Guía para la aplicación del Trabajo Remoto”.
- DS N° 117-2020-PCM, Decreto Supremo que aprueba la activación de la fase tres de actividades económicas.
- R.M. N° 099-2020-TR que aprueba el documento denominado “Declaración Jurada” a que se refiere el numeral 8.3 del artículo 8 del Decreto Supremo N° 083- 2020-PCM.

1.7 Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

1.7.1 Ferreyros – Mina en Moquegua / Quellaveco

La autonomía ya es una realidad en la minería peruana. Ferreyros, líder en maquinaria pesada, y su representada Caterpillar pusieron en funcionamiento los primeros camiones autónomos de Perú en el proyecto minero cuprífero Quellaveco. Son cinco unidades Cat 794 AC, con una capacidad de 320 toneladas, que forman parte de una flota autónoma que llegará a un total de 27 camiones de este tipo en la mina.

El gerente general de Ferreyros Gonzalo Díaz Pró, resaltó la trascendencia de este hito. “Con casi un siglo en el país, Ferreyros y Caterpillar lideramos la introducción de innovaciones que contribuyen a la transformación de nuestra minería, acompañando todas las operaciones del territorio. Hoy es un honor ser parte del futuro de la minería en el Perú”, señaló.

“Nuestros primeros camiones autónomos Caterpillar ya vienen operando de forma segura y productiva, haciendo posible la primera operación minera de acarreo 100% autónomo en las Américas. La autonomía mejora la seguridad, incrementa la productividad y optimiza la utilización de los camiones mineros”, destacó Fernando Armas Tamayo, vicepresidente de Gran Minería de Ferreyros.

1.7.2 Talento peruano y creación de capacidades

Actualmente, ingenieros y técnicos peruanos de Ferreyros, en colaboración con Caterpillar, están haciendo posible la autonomía en Perú. Desde hace varios años, Ferreyros reconoció la relevancia de la autonomía, lo que llevó a la capacitación y el intercambio de experiencias con la fábrica y otros distribuidores de Cat de países como Australia, Canadá y Estados Unidos.

Entre los logros se encuentra el lanzamiento en Perú del SIM School, una iniciativa global de Caterpillar presente en los principales países mineros, que emplea herramientas de simulación para la formación en autonomía. De este modo, Ferreyros está creando equipos de trabajo específicos para cada proyecto autónomo en el país.

Es importante mencionar que, a nivel global, la autonomía ha impulsado la creación de nuevas posiciones técnicas en roles operativos, de mantenimiento y en diversos procesos dentro de las minas.

1.7.3 Adopción de autonomía

Todos los camiones mineros Caterpillar en el Perú tienen la opción de adoptar la autonomía, gracias a la tecnología Cat Command para acarreo, de la plataforma MineStar de Caterpillar, que permite gestionar la operación de los camiones y equipos auxiliares presente en mina de manera autónoma.

Caterpillar tiene un liderazgo global en el tema de autonomía y eso se ve reflejado en sus resultados. En tres continentes, más de 370 camiones mineros emplean la tecnología autónoma de Caterpillar, transportando hasta ahora más de 3,000 millones de toneladas de manera segura y autónoma, sin accidentes que hayan ocasionado pérdida de tiempo, a lo largo de más de 110 millones de kilómetros, y mostrando un aumento en la productividad de entre el 20% y el 30%.

1.7.4 Liderazgo en minería

En Perú, Ferreyros ha proporcionado a la industria minera más de 700 camiones Caterpillar, que incluyen tanto modelos de tracción eléctrica como mecánica, impulsados por motores diésel o con la posibilidad de incorporar un sistema dual con gas natural licuado (GNL), disponibles en diversas capacidades de carga y diseñados para operar tanto de manera convencional como autónoma.

En el último año, seis de cada diez grandes máquinas mineras son de la marca Caterpillar, según datos oficiales de importaciones. Esto resalta la posición líder de Ferreyros en tendencias como el gigantismo, con camiones de máxima capacidad. De hecho, el 76% de la flota de camiones de 400 toneladas en Perú pertenece a Caterpillar, que ofrece tanto opciones de tracción mecánica como eléctrica.

1.7.5 Truck Shop

El "truck shop" es el nombre del taller dedicado al mantenimiento mecánico, eléctrico e hidráulico de la maquinaria pesada en una operación minera. Al referirnos a maquinaria pesada, nos centramos principalmente en la flota de camiones mineros que tienen una altura de entre cinco y ocho metros y pueden transportar entre 360 y 400 toneladas de mineral extraído en sus tolvas.

Debido a sus grandes dimensiones, es necesario que estos talleres, ubicados a menudo en entornos difíciles por las condiciones climáticas y geográficas, cuenten con una infraestructura y logística adaptadas a las necesidades de este tipo de equipos, a diferencia de otros talleres dedicados a vehículos convencionales.



Figura 4. *Truck Shop. Tomada de Internet -*
<https://www.flickr.com/photos/prensapcm/albums/72177720317895669/>

1.7.6 Grifo Fórmula 1

El “Grifo Formula 1” es el nombre que se le da al grifo de camiones mineros 794AC donde se realiza trabajos como cambio de modo (autónomo a manual), abastecimiento de combustible (PRIMAX), inspecciones de maquina base (FERREYROS) e inspección de neumáticos (NEUMA); trabajos que se realizan en menos de 20 min para dar continuidad a los trabajos de movimiento de tierras.

1.7.7 Campo - operaciones mina

Los camiones eléctricos 794AC tienen como función principal realizar trabajo de acarreo de material de un punto a otro. Durante estos ciclos de trabajo los camiones suelen presentar fallas mecánicas o eléctricas. Que son reportadas vía radial por el controlador al área de mantenimiento.

Ferreyros brinda servicio de mantenimiento a la flota de camiones 794AC en Quellaveco, el equipo de campo al recibir los reportes del controlador se dirige al lugar donde para el camión para realizar la intervención pertinente y poder entregar el camión operativo.



Figura 5. Operaciones en la mina de Moquegua. Tomada de Ferreyros.

1.7.8 Responsabilidad social

a) Medio ambiente

Ferreycorp se compromete a adoptar un enfoque proactivo como principio clave para la protección del medio ambiente. De esta manera, cada empresa de la corporación se propone prevenir efectos negativos en el entorno y mejorar continuamente su rendimiento ambiental, en línea con su Política Integrada de Seguridad y Medio Ambiente.

La corporación ha implementado un Sistema Estándar de Gestión Ambiental basado en la norma ISO 14001, con el propósito de asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales y optimizar su desempeño. Además, considera fundamental reducir los impactos ambientales relacionados con el cambio climático, por lo que centra sus esfuerzos en disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a los objetivos de desarrollo sostenible y a los compromisos nacionales establecidos en el acuerdo de París.

b) Sociedad

El código de Ética de Ferreycorp estipula que los intereses de la corporación nunca se verán favorecidos por la conducta fraudulenta o ilegal de sus colaboradores, prohibiendo expresamente el uso de prácticas no éticas en las relaciones comerciales con entidades del estado. Además, exige a todos sus colaboradores – sin excepción – el cumplimiento de las leyes y regulaciones aplicables a sus actividades.

Asimismo, la corporación incentiva la ciudadanía responsable y una cultura basada en valores; promueve la formación de opinión sobre temas de interés público tales como responsabilidad social, comercio exterior y mercado de capitales, mediante la participación en foros de organizaciones sectoriales.

De igual manera, las subsidiarias Ferreyros, Unimaq, Orvisa, Motored, Soltrak y Fargoline vienen realizando esfuerzos de manera conjunta para informar su desempeño y el impacto de este en cada uno de sus grupos de interés, midiendo, comprendiendo y mejorando sus acciones en los aspectos económico, social y ambiental.

1.8 Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

En la actualidad, el bachiller se desempeña como Supervisor de Mantenimiento de Camiones Autónomos en la empresa Ferreyros S.A, destacado en la Unidad Minera Quellaveco; desempeñando las siguientes funciones:

- Adherirse a todas las regulaciones y protocolos de seguridad vinculados a sus labores, así como a los estándares establecidos por la mina en Moquegua y Ferreyros.
- Cumplir los protocolos de seguridad relacionados con la manipulación de equipos en el área de lavado y taller (completar el ATS, PETAR, bloqueo de equipos, delimitar el área de trabajo, entre otros).
- Mantener una buena presentación del personal (con uniforme, chaleco, casco, botas, guantes y lentes limpios y en óptimas condiciones).
- Asegurar su participación en la charla de seguridad al inicio del turno y en las reuniones diarias de 15 minutos.
- Asegurar e incentivar la reportabilidad de actos y condiciones inseguras en la plataforma Atento24.
- Mantener limpias, ordenadas y libres de contaminación sus respectivas áreas de trabajo, zona de lavado y bahía de mantenimiento.
- Garantizar una adecuada transición de labores en el taller.
- Asegurar el correcto traspaso de herramientas, reportar cualquier pérdida o daño, y llevar un control regular del inventario.
- Gestionar las acreditaciones del personal, como para la operación de montacargas, grúas, camiones de servicio y lubricadores, asegurando que cuenten con la autorización vigente correspondiente.

- Asegurar la recolección exhaustiva de datos (fotos, VIMS, ET, piezas dañadas, evaluaciones, etc.) para que el Especialista de Flota pueda elaborar sus informes (Pre-AFA, cambio de componentes, garantías, informes de servicio, etc.).
- Supervisar que todas las tareas se realicen de manera segura y con calidad, y solicitar apoyo al Especialista de Flota e Ingeniero de Soporte si es necesario.
- Revisar con anticipación el plan de trabajo semanal de mantenimientos programados con el Analista de Planeación, Analista de Monitoreo, Especialista y Jefe de Contrato, para validar todas las actividades programadas.
- Recoger los repuestos del almacén para los programas de mantenimiento preventivo (PM) y los atrasos, después de confirmar la llegada del despacho.
- Asegurarse de que el archivo de PM incluya: Carta GANTT (Planeador), Procedimientos CAT (Especialista), Procedimientos de Seguridad (Seguridad), Formatos de Evaluación (Especialista), Órdenes de Trabajo (OT) de FSA/SPCC (Planeador/Despacho), partes diarios (Supervisor), lista de chequeo de lavado (Monitorista), lista de chequeo de calidad (Monitorista), listado de atrasos generados (Planeador), atrasos a ejecutar (Planeador), y entregarlo al despacho al finalizar el PM.
- Verificar que las solicitudes de generación de atrasos contengan toda la información necesaria y precisa (fotos, partes, componentes, etc.) para que el Analista de Monitoreo II pueda generar la orden de trabajo (O/T).
- Asegurar la correcta ejecución de la carta GANTT, asegurando que el personal haya entendido claramente la tarea a realizar tanto del mantenimiento programado como los backlogs programados.
- Proporcionar al personal técnico los procedimientos de seguridad y del fabricante necesarios para realizar todos los trabajos.
- Ofrecer recursos y facilidades para el desarrollo del Service-Pro del personal y gestionar capacitación especializada en coordinación con el área de desarrollo técnico.
- Redactar informes sobre los REDOS que ocurran durante la jornada laboral y compartirlos con todo el personal para prevenir su repetición.
- Informar de manera oportuna al superior inmediato sobre los equipos que están inactivos en el taller y los trabajos que están en proceso o han sufrido demoras, así como cualquier incidente relacionado con la seguridad.
- Supervisar que se complete adecuadamente el feedback de las tareas realizadas en el mantenimiento (evidencias de la actividad cumplida, retroalimentación sobre lo realizado, etc.).

- Solicitar a Dispatch que coordine con el cliente o el Jefe de Operaciones para proporcionar las facilidades necesarias para la ejecución de los trabajos (grúas, montacargas, camión de lubricación, camión de servicio, etc.).
- Pedir a Dispatch que colabore con el almacén para asegurar una atención oportuna en la entrega de repuestos.
- Realizar inspecciones junto al personal técnico según los formatos establecidos y determinar si se trata de un Correctivo (Inmediato) o de Unidades Atrasadas (Programado).

1.8.1 Métricas de control interno

Asimismo, se cuenta con un control interno que se tiene como supervisión donde el personal a cargo debe realizar las siguientes actividades:

- Reporte de accidentes (cero accidentes).
- Reportes de incidentes de seguridad.
- Reporte de REDOS (Cero REDOS).
- Porcentaje de ejecución de carta GANTT.
- Solicitudes para la generación de Backlogs.
- Porcentaje de avance de Service-Pro de su guardia.
- Reporte de trabajo
- Reporte de casi accidentes o HPH por mes
- Reporte de cursos de seguridad de personal a cargo por mes
- Reporte de cantidad de atento 24 de personal a cargo por mes.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES

PROFESIONALES

2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional

Ferreiros S.A. presta servicios de venta de repuestos y mano de obra calificada a diferentes entidades mineras a nivel nacional. En esta oportunidad se habla de una mina ubicada en la provincia de Moquegua, donde Ferreiros brinda un servicio integral de mantenimiento llamado MARC. La referida mina requiere del servicio para una flota de treinta y dos camiones eléctricos 794AC Caterpillar.

En Ferreiros se trazan metas y objetivos mensuales, trimestrales y anuales, para corroborar y demostrar la reputación cumpliendo con el excelente servicio de calidad que los caracteriza y, a su vez, se busca la satisfacción del cliente. En la mina de Moquegua, explícitamente para la flota de camiones 794AC, se ha trazado como meta principal lograr una disponibilidad mecánica de 91% anual, estipulado dentro de las cláusulas del contrato MARC 794AC.

Flota carguío								
Modelo	Disponibilidad	Year 2024	Year Plan 2024	Month Plan noviembre	Month noviembre	Week Plan Week-48	Week Week-48	Day 26-nov
WE2350 (1 Cargador)	Disponibilidad Contractual	91.07 %	88.60 %		94.19 %		98.73 %	97.56 %
WE2350 (1 Cargador)	Disponibilidad Física	90.08 %	88.60 %	89.63 %	93.63 %	90.42 %	98.73 %	97.56 %
7495 (3 Palas Eléctricas)	Disponibilidad Contractual	91.01 %	89.42 %		92.18 %		92.71 %	99.94 %
7495 (3 Palas Eléctricas)	Disponibilidad Física	90.53 %	90.00 %	90.10 %	92.04 %	90.32 %	92.71 %	99.94 %
6060BH (2 Pala Hidráulica)	Disponibilidad Contractual	89.59 %	89.00 %		86.23 %		95.23 %	96.24 %
6060BH (2 Pala Hidráulica)	Disponibilidad Física	89.30 %	88.50 %	85.00 %	85.95 %	91.15 %	93.84 %	96.24 %
6015B (2 Excavadoras)	Disponibilidad Contractual	92.90 %	90.00 %		94.28 %		84.67 %	100.00 %
6015B (2 Excavadoras)	Disponibilidad Física	92.67 %	88.00 %	90.10 %	94.22 %	86.40 %	84.67 %	100.00 %

Flota acarreo								
Modelo	Disponibilidad	Year 2024	Year Plan 2024	Month Plan noviembre	Month noviembre	Week Plan Week-48	Week Week-48	Day 26-nov
794AC CMD (30 Camiones)	Disponibilidad Contractual	91.88 %	90.24 %		90.77 %		91.61 %	90.48 %
794AC CMD (30 Camiones)	Disponibilidad Física	90.39 %	90.10 %	88.41 %	89.69 %	89.25 %	89.96 %	89.77 %
777G (3 Camiones)	Disponibilidad Contractual	93.81 %	90.00 %		95.22 %		91.33 %	100.00 %
777G (3 Camiones)	Disponibilidad Física	91.21 %	90.00 %	89.30 %	94.74 %	86.88 %	90.78 %	100.00 %

Figura 6. Disponibilidad de flota carguío y acarreo. Tomada de Ferreiros.

Actualmente, en la mina de Moquegua se cuenta con una flota de treinta y dos camiones eléctricos 794 AC; camiones gigantes destinados al acarreo de material fragmentado producto

del proceso de voladura. Los camiones mineros 794AC cargan y transportan material desde la pala hasta la chancadora o los botaderos según la designación del dispatch, dependiendo la calidad del mineral. Durante estos ciclos de trabajo los camiones mineros 794AC presentan fallas ya sean operacionales, (ocasionados por una mala operación y/o condiciones que están fuera del estándar), o fallas propias del producto (fallas mecánicas o eléctricas).

Toda falla en los camiones mineros 794AC, después de realizar un mantenimiento preventivo en truck shop, afectan directamente a los indicadores de mantenimiento KPI's (disponibilidad, confiabilidad, MTTR) en especial impacta en la confiabilidad; indicador que influye directamente a la disponibilidad. Muchas de estas fallas en operación se repiten constantemente en la flota de camiones, por esta razón el área de planeamiento realiza rankings (Top Five) de fallas recurrentes de la flota de camiones 794 AC, que afectan la confiabilidad de los equipos, impactando directamente en la disponibilidad de nuestra flota.

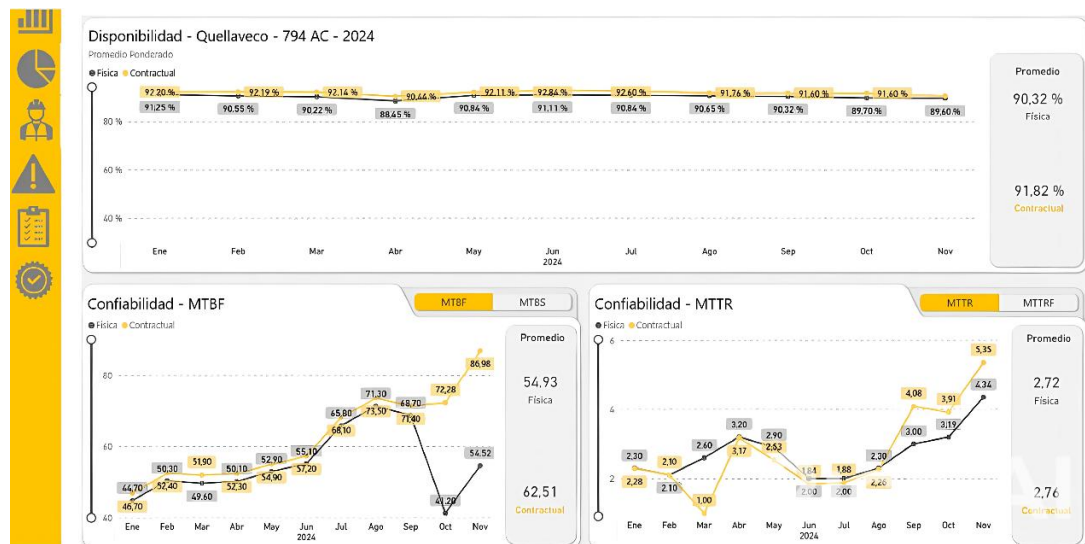


Figura 7. Indicadores de mantenimiento. Tomada de Plataforma Sigma de Ferreyros.

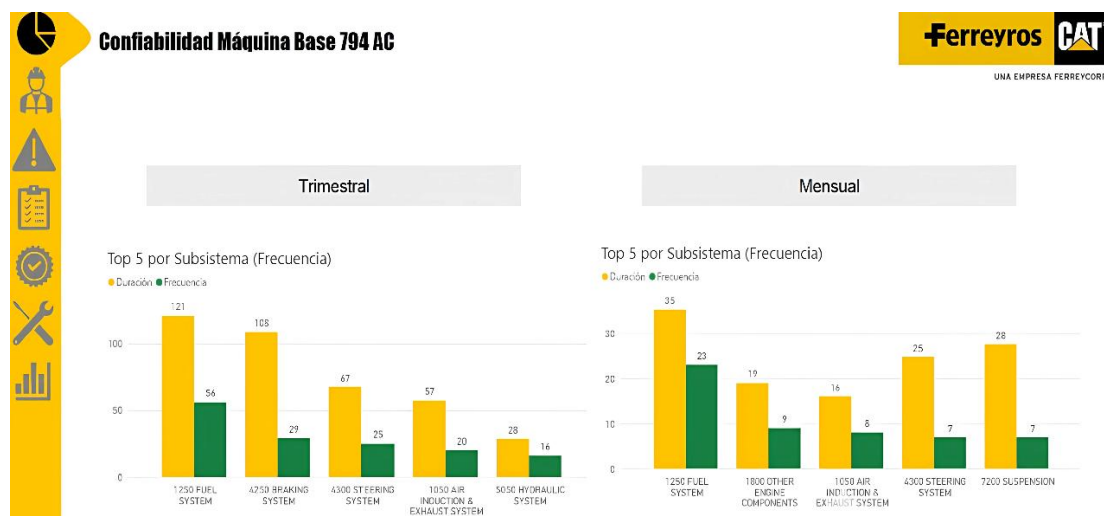


Figura 8. Confiabilidad del camión 794AC. Tomada de Plataforma Sigma de Ferreyros.

Este Top Five tiene como objetivo principal identificar las fallas recurrentes en la flota de camiones y así poder proponer planes de acción que serán programados cuando ingresen a mantenimiento preventivo a truck shop. De esta manera, se busca incrementar directamente la confiabilidad de los equipos.

En la actualidad, se está padeciendo de una falla en el módulo de control de temperatura de chasis, falla que se presenta horas después de entregar el equipo operativo a control mina luego del mantenimiento preventivo. Esto impacta directamente en el indicador de confiabilidad dejándolo por debajo de lo esperado, que son 70 horas como mínimo. Dicho de otra manera, los camiones no deben parar por ningún motivo 70 horas después de cada mantenimiento preventivo realizado en truck shop, evidenciando un mantenimiento de calidad.

La falla de actualización anormal de datos del módulo de control de temperatura de chasis 2854 – 9, ha venido liderando el ranking mensual y trimestral de la lista Top Five de fallas. Hecho que continúa afectando el indicador de mantenimiento.

2.2 Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad

Ferreiros tiene como necesidad eliminar y/o disminuir la cantidad de eventos 2854 -9 Actualización anormal de datos del módulo de control de temperatura del chasis en la flota de camiones 794AC, para poder mejorar el indicador de mantenimiento y confiabilidad. Indicador que garantiza que se está realizando un mantenimiento de calidad.

Durante todas las intervenciones de campo por este evento 2854 – 9, el personal se limitaba a realizar el procedimiento que indica el fabricante (Caterpillar).

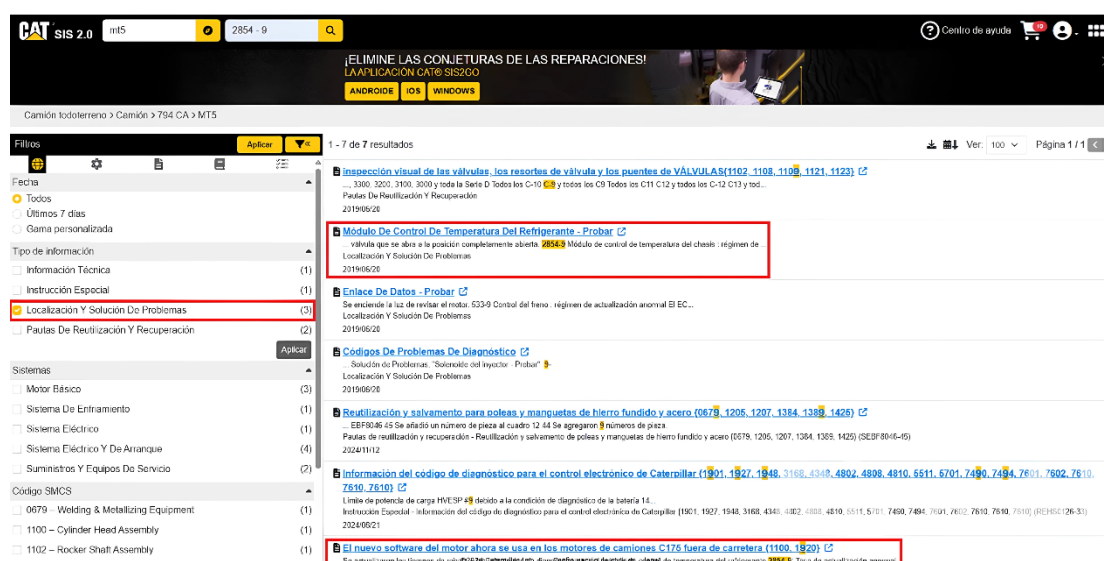


Figura 9. Plataforma que muestra la falla del TCM. Tomada de Ferreyros.

Lamentablemente este procedimiento brinda una solución temporal. Es decir, nuestros equipos volvían a presentar la falla después de unas horas o días, haciendo que la confiabilidad de los equipos continúe disminuyendo.

2.3 Objetivos de la actividad profesional

El objetivo de esta actividad profesional, es incrementar la confiabilidad de la flota de camiones 794AC, que se tiene como Ferreyros en la mina de Moquegua; de esta manera, poder cumplir con las estipulaciones del contrato Marc.

Satisfacer las expectativas y necesidades del cliente; finalmente, mantener la fidelidad del cliente.

2.4 Justificación de la actividad profesional

La motivación para llevar a cabo este proyecto radica en la baja confiabilidad que posee la flota de camiones eléctricos 794AC en la mina de Moquegua. Por lo tanto, se pretende llevar a cabo una reubicación del módulo de control de temperatura en los camiones eléctricos 794AC, con el objetivo de disminuir y/o eliminar los sucesos constantes de actualización anormal de datos del módulo de control de temperatura del chasis (2854 – 9) luego del mantenimiento e incrementar la confiabilidad de la flota de camiones.

Para llevar a cabo este proyecto se tiene que realizar un plan de acción, aplicando conocimientos adquiridos durante toda la formación académica, de la mano con la experiencia obtenida en los años de experiencia en la empresa:

- Realizar el procedimiento de reubicación del módulo de control de temperatura del chasis hasta la cabina.
- Presentar procedimiento a jefatura y solicitar aprobación correspondiente para su ejecución.
- Gestionar repuestos necesarios para implementación de la mejora.
- Planificar de la tarea “la reubicación del módulo de control de temperatura” dentro de la carta Gantt del mantenimiento programado.
- Supervisar y verificar la correcta aplicación de la mejora.
- Monitoreo y seguimiento a los equipos con la mejora.

2.5 Resultados esperados

- Los resultados que se espera obtener con la ejecución del presente proyecto es incrementar sustancialmente la confiabilidad de la flota de camiones 794AC, disminuyendo y/o eliminando el evento de actualización anormal de datos del módulo de control de temperatura de la lista Top Five mensual y trimestral.
- Hay una preocupación por la baja confiabilidad, reflejada en la alta frecuencia de fallas del módulo de control de temperatura. Antes de la reubicación, se estimaba un MTBF de aproximadamente 50 horas, lo cual es inaceptablemente bajo para la operación minera. Se esperaba un incremento del 50% en la confiabilidad tras la reubicación, alcanzando un MTBF de 75 horas. Este incremento se basa en la expectativa de que la eliminación de la principal causa de falla (exposición a las lluvias y al polvo) tendría un impacto considerable en la vida útil del componente.
- El contrato MARC establece una meta de disponibilidad mecánica anual del 91%. Considerando la mejora esperada en la confiabilidad, se proyecta alcanzar una disponibilidad del 92%, lo que representa un incremento del 1% con respecto a la meta, como consecuencia de la disminución de las paradas no programadas causadas por las fallas del TCM.
- Antes de la reubicación, los eventos FMI 9 (actualización anormal de datos del módulo de temperatura) eran muy frecuentes. Se espera una reducción del 75% en la ocurrencia de estos eventos después de la reubicación del módulo.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1 Mantenibilidad

La mantenibilidad es la habilidad de un sistema o equipo para ser mantenido, reparado o ajustado de forma eficiente, minimizando el tiempo de inactividad y el esfuerzo requerido. Se refiere a lo sencillo que resulta llevar a cabo tareas de mantenimiento, como reparaciones, ajustes o reemplazo de componentes, para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente del equipo.

Según KNEZEVIC (2016), esta función se enfoca principalmente en el diseño, el análisis, la previsión y las pruebas que contribuyen a evaluar la efectividad de un dispositivo para mantenerlo o devolverlo a su estado operativo. La mantenibilidad también se puede definir como la habilidad de restaurar un producto de manera eficiente.

3.1.2 Gestión de mantenimiento

Un Sistema de Gestión del Mantenimiento es un conjunto de técnicas, funciones, métodos y herramientas administrativas que, al integrarse con el personal calificado, facilitan la realización eficiente del mantenimiento, con el objetivo de prevenir fallas y el deterioro de propiedades, edificios, equipos e instalaciones (CRESPO, 2007).



Figura 10. Variables y parámetros de entrada de la Gestión del Mantenimiento.

3.1.3 Mantenimiento

El mantenimiento abarca todas las actividades que deben llevarse a cabo de manera ordenada, con el fin de mantener en condiciones seguras, eficientes y económicas los equipos de producción, herramientas y demás activos físicos de las diferentes instalaciones de una empresa (GARCIA, 2006).

Así, se puede concluir que la función principal del mantenimiento es aumentar la confiabilidad de las máquinas o equipos, aplicando herramientas de mantenimiento como la planificación, organización y ejecución de métodos, entre otros. Su relevancia se evidencia en la reducción de fallas en las máquinas o equipos dentro de una organización, como resultado de una gestión de mantenimiento efectiva.

3.1.4 Tipos de mantenimiento

Dentro del mantenimiento se tiene 3 tipos de mantenimiento, los cuales involucran distintas acciones que el personal técnico de mantenimiento realizar a las máquinas y equipos. Estos tipos de mantenimiento son:

- Mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento predictivo

a) Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en llevar a cabo un sistema de inspecciones periódicas programadas de manera lógica sobre los activos fijos de la planta y sus equipos. Su objetivo es identificar condiciones o estados inadecuados de estos elementos que podrían provocar paradas temporales en la producción o un deterioro significativo de máquinas, equipos o instalaciones. También implica el cuidado constante del mantenimiento de la planta para evitar tales situaciones, realizando ajustes o reparaciones en la fase inicial de desarrollo de cualquier falla potencial (PATTON, 1995).

De acuerdo con la definición de Patton, el mantenimiento preventivo comprende un conjunto de acciones que deben ejecutarse de forma periódica para prevenir y/o corregir fallos que, en el transcurso de la operación, podrían dar lugar a paradas inesperadas o daños graves en las máquinas o equipos.

En resumen, la función principal del mantenimiento preventivo es evaluar el estado actual del equipo en cuestión, utilizando los registros de control que se llevan para cada uno de los equipos y en coordinación con el área de planificación, con el fin de realizar la tarea preventiva en el momento más adecuado.

En palabras simples, el mantenimiento preventivo consiste en no esperar a que las máquinas sufran fallas para repararlas, sino que se deben programar los reemplazos de piezas con suficiente antelación antes de que ocurra la avería. Esto se puede lograr mediante un correcto registro de control de las fallas de los equipos o el conocimiento de las especificaciones técnicas de los equipos, las cuales se encuentran en los manuales correspondientes (VARGAS, 2004).

b) Mantenimiento correctivo

Según Navarro et. al. (1997), el mantenimiento correctivo consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo, las personas encargadas de reportar la ocurrencia de las averías son los propios operarios de las maquinas o equipos, y las reparaciones corresponden al personal de mantenimiento. Para que sea efectivo, el mantenimiento correctivo requiere una respuesta ágil y adecuada en las reparaciones, lo que incluye la asignación de recursos humanos, herramientas, repuestos y medios de transporte, entre otros. Así, se puede entender que el mantenimiento correctivo implica realizar reparaciones de manera rápida y eficiente, con el objetivo de que la máquina o equipo vuelva a su estado operativo.

c) Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo analiza la evolución a lo largo del tiempo de ciertos parámetros para relacionarlos con la ocurrencia de fallas, con el objetivo de identificar el período en que dicha situación podría dar lugar a resultados que se desvíen de los estándares. Esto permite planificar con antelación todas las tareas proactivas necesarias, a fin de evitar que estas averías provoquen consecuencias graves o paradas inesperadas de los equipos.

La predicción del comportamiento de estos parámetros se realiza a través de diversas ciencias, como matemáticas, estadísticas, análisis proyectivo y correlacional, tanto univariantes como multivariantes, entre otras. Una de las características más relevantes es que su aplicación no debe interrumpir el funcionamiento normal de la planta (MORA, 2009).

Por lo tanto, se entiende que el mantenimiento predictivo se centra en la condición actual de las máquinas o equipos, utilizando herramientas para medir parámetros operativos con la finalidad de conocer la situación del equipo en tiempo real. Estos parámetros son analizados para

organizar tareas proactivas y así prevenir fallas graves o paradas imprevistas de las máquinas o equipos.

3.1.5 Plan de mantenimiento

Es un documento el cual recopila las tareas de mantenimiento programado que deben realizarse en una planta para garantizar los niveles de disponibilidad establecidos. Es un documento dinámico, ya que se actualiza constantemente a partir del análisis de las incidencias ocurridas en la planta y la evaluación de los diferentes indicadores de gestión (GARCIA Garrido, 2004).

Este plan establece las tareas de mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo que deben realizarse, especificando la frecuencia, el procedimiento, los recursos necesarios y las responsabilidades para implementarlo.

3.1.6 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento enfocado en la confiabilidad es un procedimiento que se utiliza para determinar las acciones requeridas a fin de asegurar que cualquier activo físico continúe satisfaciendo las expectativas de sus usuarios en su entorno de operación actual (MOUBRAY, 2004).

Este mantenimiento requiere de la definición de los siguientes conceptos:

- Funciones y parámetros de funciones: antes de adquirir un activo, es fundamental establecer qué se espera que realice por parte de los usuarios, y no se puede asegurar que el activo sea capaz de satisfacer esas expectativas (MOUBRAY, 2004).
- Fallas funcionales: se producen cuando el activo no es capaz de realizar una función según el parámetro de operación que el usuario considera aceptable (MOUBRAY, 2004).
- Modos de falla: son los hechos que hayan causado una falla (MOUBRAY, 2004).
- Efectos de falla: describe el modo de falla (MOUBRAY, 2004).
- Consecuencias de falla: Nos dice que las fallas afectan a la empresa en algún sentido (MOUBRAY, 2004).

3.1.7 Carta de Gantt

Es una herramienta que sirve para planificar y gestionar proyectos, creada por Henry Gantt a principios del siglo XX, combina un eje horizontal para representar el tiempo y un eje vertical para listar las actividades, utilizando barras horizontales para reflejar la duración de cada tarea.

Es ampliamente utilizada en áreas como construcción, desarrollo de software y organización de eventos, ya que facilita el seguimiento del progreso, la identificación de obstáculos y la gestión eficiente del proyecto.

En esta representación, se visualizan las actividades programadas como parte del proceso de ejecución del mantenimiento, utilizando barras horizontales que indican la duración de cada actividad, así como su secuencia y orden de realización. Al final, se resume en la fecha y hora de inicio, la fecha y hora de finalización, y el tiempo total de la parada, que se compromete con el área de operaciones al inicio de la programación. De este modo, se definen las horas restringidas para la ejecución del mantenimiento, lo que, a su vez, se traduce en la mantenibilidad de los equipos y de la flota en su conjunto (POMPA, 2018).

3.1.8 Gestión de seguridad en mantenimiento

En la industria minera, la seguridad es el factor más importante a considerar. La necesidad de prevenir accidentes laborales ha llevado a la implementación de un reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería, basado en la Ley N.º 29783, que es la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Sin embargo, las acciones del gobierno se han centrado más en evadir responsabilidades y castigar a los responsables de los accidentes laborales, en lugar de establecer mecanismos efectivos para la prevención de riesgos (REYNOSO, 2021).

3.1.9 IPERC

El IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles) es una metodología utilizada en seguridad y salud ocupacional para detectar peligros en el trabajo, analizando los riesgos asociados y definiendo las estrategias necesarias para mitigarlos o eliminarlos. Este proceso en primer lugar reconoce condiciones o actividades riesgosas, evalúa la probabilidad y gravedad de posibles incidentes, para luego establecer medidas preventivas como procedimientos, capacitaciones o el uso de equipos de protección personal.

(MTPE, 2020) señala que para su desarrollo se recomienda realizar las siguientes acciones:

- Especificar las tareas correspondientes a cada puesto de trabajo.
- Determinar los peligros y riesgos relacionados con las actividades de cada puesto.
- Analizar los riesgos siguiendo la metodología de evaluación establecida.
- Implementar medidas de control para los peligros y riesgos identificados.
- Actualizar la matriz conforme a la periodicidad establecida por la normativa.

3.1.10 Check List

Según MEZA (2022), un checklist exhaustivo de seguridad laboral se utiliza para evaluar los procedimientos, los espacios de trabajo y las conductas. También permite revisar el estado de los equipos, máquinas y herramientas. Además, se utiliza para confirmar que se cumplen todos los requisitos necesarios para realizar una tarea específica.

3.1.11 Camión minero 794AC

El nuevo camión eléctrico Cat 794 AC fue sometido a pruebas exitosas a gran altura durante un año en una reconocida mina del sur del país. Este modelo, con una capacidad de carga de 320 toneladas, amplía la gama de capacidades de carga de los camiones Cat en Perú.

Ferreyros, distribuidor de la marca CATERPILLAR en Perú, presenta el camión eléctrico Cat 794 AC, que tiene una capacidad de carga de 327 toneladas, luego de la exitosa prueba realizada en una importante mina del sur del país. Así, se complementa la variedad de capacidades de carga de los camiones Cat en el Perú.

Con una potencia de 3,500 HP, el camión minero 794AC es el primer modelo Caterpillar con propulsión eléctrica en el país. Durante las pruebas realizadas con una flota de este modelo, el camión Cat 794 AC mostró un rendimiento sobresaliente, registrando una disponibilidad superior al 92% y alcanzando una velocidad de 16 km/h en subida, cuando está cargado.

El camión de tracción eléctrica Cat 794 AC ofrece una carga útil total de 327 toneladas, una mayor velocidad en pendientes, un 34% más de potencia de retención en comparación con otros camiones de la competencia, un rendimiento de frenado superior y un mantenimiento más fácil. ¿El resultado? alta disponibilidad, operadores más seguros y mayor productividad. El camión 794AC cuenta con una cadena cinemática eléctrica de eficacia comprobada, diseñada, integrada y respaldada por Caterpillar. Valorado en proyectos de todo el mundo, el 794AC ha demostrado su eficiencia en una amplia gama de aplicaciones. Las especificaciones técnicas se pueden consultar en el anexo 1.



Figura 11. Camión Minero 794AC. Tomada de Ficha Técnica de Camión minero 794AC - https://static.ferreyros.com.pe/fcsaprdferreyros01/2024/10/794-Brochure.pdf?_gl=1*1sqkb3s*_gcl_au*MTk0ODQ5Nzk3My4xNzM1MTkwNzgx

3.1.12 Indicadores de mantenimiento KPI

El KPI, que se refiere a las siglas en inglés de "Key Performance Indicator" o "indicador clave de rendimiento" en español, son métricas empleadas para evaluar la eficacia y productividad de la información dentro de una empresa (SAMANIEGO, 2021).

Estos indicadores analizan si las operaciones están alcanzando los objetivos de mantenimiento, tales como la disminución de costos y el tiempo de inactividad. Los indicadores de mantenimiento constituyen un conjunto de datos que mide el rendimiento de las operaciones, permitiendo observar la evolución a lo largo del tiempo y establecer un camino hacia la mejora continua.

3.1.13 Disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo opere de manera satisfactoria en el momento en que se necesite, una vez que ha comenzado su operación (MORA, 2009).

La disponibilidad es un indicador de mantenimiento que refleja el porcentaje de tiempo durante el cual un equipo está listo para su uso y funcionamiento. En un escenario ideal, se lograría una disponibilidad excelente si el equipo nunca se avería; sin embargo, en la realidad, es necesario que los equipos interrumpan sus actividades para recibir el mantenimiento adecuado. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas por mtto.}}{\text{Horas totales}} \quad (1)$$

3.1.14 Confiabilidad (MTBF)

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo realice adecuadamente las funciones para las cuales fue diseñado durante un período específico y en condiciones normales (MORA, 2009).

En este sentido, se puede afirmar que la confiabilidad es el tiempo durante el cual una máquina o equipo opera sin experimentar su primera falla. Un alto nivel de confiabilidad indica que la gestión del mantenimiento aplicado a las máquinas evaluadas está siendo adecuada, mientras que un bajo nivel sugiere que las fallas no se están detectando a tiempo (en el marco del mantenimiento preventivo) y, como resultado, la máquina podría sufrir paradas inesperadas. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas por paradas no programadas}}{\text{Horas totales}} \quad (2)$$

3.1.15 Tiempo medio entre paradas (MTBS)

El tiempo promedio entre reparaciones imprevistas mide la eficiencia y calidad de las reparaciones, y permite calcular el promedio de tiempo que transcurre entre fallas inesperadas.

Un alto MTBS es indicativo de que la máquina tiene una baja frecuencia de fallas, es decir que esta la mayor parte del tiempo produciendo. Visto de otra manera, mide la eficacia del mantenimiento correctivo. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MTBS} = \frac{\text{Tiempo Operativo (horas)}}{\text{Nº de paradas programadas} + \text{Nº de paradas no programadas}} \quad (3)$$

De acuerdo con Zegarra (2016), las buenas prácticas en actividades mineras sugieren que este indicador debería situarse entre 60 y 80 horas de promedio por parada. Los valores objetivos de este indicador variarán según el tipo de máquina y la aplicación a la que está sujeta.

3.1.16 Tiempo medio para reparar (MTTR)

Este indicador refleja el tiempo promedio que requieren las reparaciones o intervenciones en la máquina debido a problemas mecánicos. Representa el periodo en que la máquina está fuera de operación por estar en reparación.

Asimismo, proporciona información sobre la eficiencia en la gestión de la planificación y del personal técnico, así como del área de logística y otras secciones involucradas en la provisión de los recursos necesarios para llevar a cabo las reparaciones del equipo.

Es importante considerar también lo siguiente: el MTTR está relacionado con la duración efectiva de la reparación. El tiempo adicional, como el que se gasta esperando herramientas, repuestos o inactividad, generalmente también se incluye en el cálculo del MTTR.

El MTTR se calcula de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total por mantenimiento (horas)}}{\text{Numero de reparaciones}} \quad (4)$$

Finalmente, según Zegarra (2016), un alto valor de MTTR sugiere que se dedican muchas horas a la reparación de la máquina, lo que puede ser un indicativo de deficiencias en la gestión del mantenimiento. Por otro lado, un bajo valor de MTTR indica que las labores de mantenimiento se están llevando a cabo de manera adecuada. Las buenas prácticas en mantenimiento aconsejan que el valor promedio del indicador MTTR se sitúe entre 3 y 6 horas.

3.1.17 FMI (Identificador De Modo De Falla)

Este método de identificación de falla permite agrupar fallos similares y marcarlos con un código común. Así se evita usar múltiples términos para denominar incidencias parecidas desde el punto de vista de su gestión. El operario no pierde tiempo buscando la descripción de fallo correspondiente a una avería concreta y, a su vez, el técnico de mantenimiento recibe información más detallada que simplemente “avería”. Todo ello dinamiza el proceso de identificación y notificación de averías. Asimismo, permite asignar la reparación a los técnicos adecuados. Como resultado, el tiempo de inactividad se reduce significativamente.

Entonces se puede decir que el FMI es un código de uno o dos dígitos que indica que tipo de problema o falla ocurrió.

Tabla 2. Códigos de Identificador de modalidad de falla.

N° FMI	Descripción
0	Datos válidos, pero superiores a la gama normal de operación
1	Datos válidos, pero inferiores a la gama normal de operación
2	Datos irregulares, intermitentes o incorrectos
3	Voltaje por encima de lo normal o cortocircuito de alto voltaje
4	Voltaje inferior a lo normal o cortocircuito de bajo voltaje
5	Corriente interior a lo normal o circuito abierto
6	Corriente por encima de lo normal o circuito conectado a tierra
7	El sistema mecánico no responde correctamente
8	Frecuencia, duración de impulsos o periodo anormales
9	Actualización anormal de datos

Nota: tomada de Ferreyros.

3.1.18 FMI 9

El código FMI 09 está asociado con la comunicación entre los controles electrónicos en el enlace de datos CAT (CDL). Este código se genera cuando un control electrónico no puede recibir información de otro control electrónico y está en espera de adquirir dicha información.

Las causas posibles de un código de diagnóstico FMI 9 son:

- Se instaló el software incorrecto en un ECM.
- Se utilizó una llave inapropiada.
- El ECM funciona de manera intermitente.
- Las resistencias de terminación en el enlace de datos J1939 (CAN) están defectuosos.
- El ECM no puede comunicar con otros ECM por medio del enlace de datos, pero si con la herramienta de servicio ET.
- Circuito abierto o conexión deficiente en el circuito del enlace de datos.
- Cortocircuito en el circuito del enlace de datos.
- Un ECM o dispositivo inteligente no está siendo energizado ni desenergizado correctamente.
- Falta la entrada del interruptor de llave en un ECM o un dispositivo inteligente.
- Ruido excesivo en el circuito del enlace de datos.

- Ha fallado uno de los ECM o de los dispositivos inteligentes, esta condición es poco probable.

Caterpillar tiene un procedimiento de evaluación de un FMI 9, el cual presentamos a continuación:

- Verificar números de pieza del hardware y software.
- Inspeccionar las conexiones del mazo de cables.
- Revisar voltaje de alimentación del enlace de datos.
- Revisar si hay un cortocircuito a tierra en el enlace de datos.
- Revisar si hay un cortocircuito entre los cables del enlace de datos.
- Revisar las resistencias del sistema de enlaces de datos.
- Revisar si hay un cortocircuito con el terminal positivo de alimentación del enlace de datos.
- Verificar si el código de diagnóstico permanece activo.

3.1.19 Plataforma SIGMA

Plataforma donde se sube todos los datos de mantenimiento pasados como las fallas, incidencias, nuevos métodos de reparaciones, etc. En esta plataforma se encuentra el “Top Five” de las fallas recurrentes en la mina de Moquegua, es una plataforma bien interactiva, donde se puede ver todos los datos necesarios para un correcto mantenimiento.

3.1.20 Plataforma ATENTO24

Plataforma creada para administrar las actividades diarias y fomentar la colaboración en un entorno corporativo, con un enfoque en alcanzar la excelencia operativa, en el caso de la mina de Moquegua se usa para el tema de seguridad en esta empresa.

3.1.21 Válvula termostática

La válvula termostática es un componente del sistema de refrigeración del motor que regula la temperatura del líquido refrigerante. Está ubicada entre el motor y el radiador y controla el flujo de refrigerante hacia el radiador en función de la temperatura del motor. Cuando el motor alcanza una temperatura específica, la válvula se abre para permitir que el refrigerante circule hacia el radiador y se enfríe. Una vez que el motor se enfría hasta cierto punto, la válvula se cierra para conservar el calor.

Cuando arrancas el motor en frío, la válvula termostática está cerrada, lo que permite que el motor alcance rápidamente su temperatura de funcionamiento óptima. Una vez que el motor alcanza esta temperatura, la válvula se abre gradualmente para permitir que el refrigerante circule hacia el radiador y se enfríe. Esto evita el sobrecalentamiento del motor y asegura un funcionamiento eficiente en todo momento.

3.1.22 Módulo de Control de Temperatura (TCM)

Un controlador de temperatura es un dispositivo utilizado para regular la temperatura. Este instrumento cuenta con una entrada que proviene de un sensor de temperatura y una salida que está conectada a un elemento de control, como un calentador o un ventilador.

El TCM recibe una señal de temperatura del refrigerante del sensor de temperatura del refrigerante instalado en la salida de la bomba de refrigerante. El TCM procesa esta señal de entrada y produce un voltaje que se usa para controlar la posición de la válvula de refrigerante. De esta manera se controla la temperatura de motor.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1 Descripción de actividades profesionales

Como supervisor de Mantenimiento de Camiones Autónomos de una minera en Moquegua para Ferreyros S.A., el rol principal es mantener la confiabilidad y disponibilidad de la flota de camiones 794AC en relación con los objetivos contractuales de Ferreyros, que incluyen metas de disponibilidad y productividad. No solo se limita a la supervisión, sino que participa activamente en la solución de problemas y en la mejora continua de los procesos como en el caso de reubicar el módulo de control de temperatura, que en temporadas de lluvia fallaba, por eso se reubicó en la cabina para así protegerlo del clima adverso y del polvo.

Se describen las siguientes funciones realizadas durante el desempeño laboral:

- Asegurar que los trabajadores cumplan las normas y procedimientos de seguridad.
- Seguir los procedimientos de seguridad durante las intervenciones de los equipos (ATS, petar, delimitación del área de trabajo, entre otros).
- Garantizar que el personal mantenga una buena imagen.
- Garantizar que el personal a cargo asista a la charla diaria de 15 minutos y a la charla de seguridad.
- Asegurar que los trabajadores reporten los casos inseguros en la plataforma Atento24.
- Asegurar el orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.
- Asegurar un relevo adecuado para los trabajos en el taller.
- En el caso de las herramientas asegurar su relevo y reportar cualquier daño o pérdida.
- Gestionar las acreditaciones del personal, como la operación de montacargas, grúa, camión de servicio y lubricador, asegurando que cuenten con la autorización vigente correspondiente.
- Garantizar la recolección exhaustiva de datos (fotos, VIMS, ET, piezas dañadas, evaluaciones, entre otros) para que el especialista de flota pueda preparar sus informes (pre-AFA, cambio de componentes, garantías).

4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales

El enfoque de las actividades del profesionista encargado de la supervisión está centrado en el mantenimiento preventivo y predictivo ya explicadas con anterioridad, ello se da como una estrategia para poder minimizar las fallas inesperadas en pleno trabajo y maximizar la disponibilidad de los camiones. En esa línea, el mantenimiento correctivo - también explicado anteriormente - pasa a un segundo plano, ya que se considera priorizar la prevención sobre la reacción. Todo esto busca reducir los costos que tienen que ver con las paradas no programadas de los camiones mineros, así también optimizar recursos como repuestos o mano de obra mediante la planificación bien implementada de los trabajos y usando metodologías eficientes, como el uso de herramientas diagnóstico, el módulo de control de temperatura y siguiendo las mejores prácticas instauradas por el proveedor. La seguridad también es un aspecto muy importante y todas las actividades se realizaron siguiendo estrictos protocolos de seguridad, tanto para el personal como para las máquinas.

4.1.2 Alcance de las actividades profesionales

- Planificación y programación: participa en la planificación del mantenimiento predictivo y preventivo de los camiones 794AC, coordinando con el área de planificación de Ferreyros y la mina en Moquegua para optimizar los tiempos de parada y la asignación de recursos. Utiliza herramientas como la carta Gantt para la gestión del tiempo y las actividades.
- Supervisión del personal técnico: supervisar y dirigir al equipo de técnicos de mantenimiento, asegurando que todos los trabajos se realicen de acuerdo con los estándares de calidad y seguridad de la minera en Moquegua. Esto incluye la asignación de tareas, la formación del personal y el seguimiento del desempeño.
- Gestión de recursos: gestiona la solicitud y asignación de los recursos necesarios para el mantenimiento (repuestos, herramientas, equipo especializado), coordinando con el almacén.
- Solución de problemas: diagnóstico y reparación de fallas en los camiones, especialmente enfocándose en la problemática (descrita en párrafos anteriores) del módulo de control de temperatura FMI 9. El proceso de diagnóstico y reparación se realiza siguiendo los procedimientos establecidos por Ferreyros, asegurando el uso de las herramientas y técnicas adecuadas.
- Control de calidad y seguridad: monitoreo continuo de las actividades para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad, utilizando métodos de control

de calidad. Esto incluye la realización de charlas de seguridad y el reporte de incidentes o accidentes.

- Reportes y seguimiento: generación de reportes periódicos para la mina en Moquegua, detallando el estado de los equipos, el progreso de los trabajos de mantenimiento y el cumplimiento de los indicadores clave de rendimiento

4.1.3 Entregables de las actividades profesionales

Los principales entregables del supervisor del trabajo son:

- Informes de mantenimiento: reportes detallados y precisos sobre el estado de cada camión, el mantenimiento realizado, las fallas encontradas, los tiempos de reparación y las acciones correctivas implementadas. Estos informes son cruciales para la toma de decisiones estratégicas en el área de mantenimiento.
- Cumplimiento de los KPI: alcanzar y superar las metas establecidas para los indicadores clave de rendimiento o KPI, como la disponibilidad, la confiabilidad y los tiempos de reparación (MTTR), demostrando la eficiencia del proceso de mantenimiento. Los datos son esenciales para justificar la efectividad de las estrategias implementadas.
- Mejoras en los procesos de mantenimiento: el trabajo del supervisor debe contribuir a la mejora continua del proceso de mantenimiento, a través de la identificación de oportunidades de optimización, la implementación de nuevas técnicas y la resolución de problemas recurrentes. Este aspecto se refleja en la solución al problema del módulo de control de temperatura.
- Seguridad del personal y equipos: el mantenimiento de un ambiente de trabajo seguro y el cuidado de la maquinaria son entregables fundamentales. El reporte de cualquier incidente o riesgo es parte importante del trabajo. Gracias a la implementación de prácticas de seguridad rigurosas, el supervisor contribuyó a mantener un ambiente de trabajo seguro para todo el equipo. (Ver anexo2-6)
- Reducción de los tiempos de parada: una mejor planificación, un proceso más eficiente de mantenimiento y una resolución más efectiva por parte de la supervisión de los problemas contribuyeron a una reducción notable en los tiempos de inactividad de los camiones.

Los entregables o plantillas en específico durante la labor desempeñada son:

a) Formato de lavado PM:

Trata del lavado del camión 794 AC, donde se ve todo el proceso de lavado, qué personal en específico se necesita para ejecutar tarea, las partes donde la presión del agua no debe ir dirigida debido a que puede ocurrir alguna falla de algún componente involucrado y, por último, los puntos principales para el lavado, recalca que en tiempos de lluvia es posible que se necesite más limpieza.

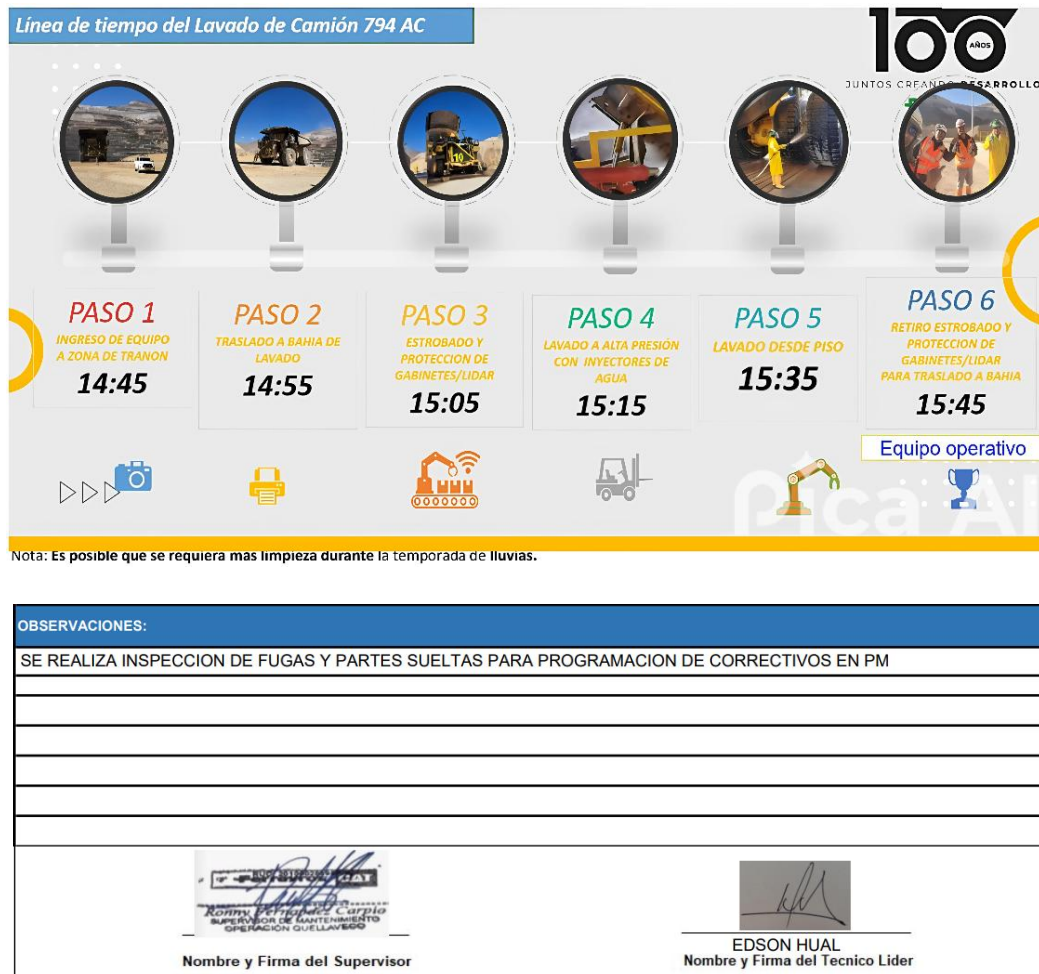


Figura 12. Línea de tiempo y observaciones del formato de lavado PM. Tomada de Ferreyros.

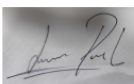
b) Inspección para el PM:

Trata de revisar todo el equipo (si está en buen estado) antes de darle un mantenimiento programado, en la figura a continuación se verá la inspección de la máquina de nivel medio, donde se puede observar que los cuadros resaltados con rojo son puntos críticos, pero este no es el único punto a revisar.

INSPECCIÓN DE NIVEL MEDIO	OK	OBS	¿QUÉ SE ESTÁ BUSCANDO?	SE CREA BACKLOG PAR EL PM, SE REPARO, REQUIERE SEGUIMIENTO
LÍNEAS DE ADMISIÓN #1 TURBOS,ATAC. (SOPORTES, CLAMP,MANGUERAS, TUBERIAS)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
TURBOCOMPRESOR#1,2 (SOPORTES, CLAMP)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, FALTA DE LUBRICIÓN,CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
LÍNEAS DE ESCAPE BANCO LH (SOPORTES, CLAMP,BELLOWS, TUBERIAS, ROD, SILENCIADOR)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA,CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
LÍNEAS DE ADMISIÓN #2 TURBOS,ATAC. (SOPORTES, CLAMP,MANGUERAS, TUBERIAS)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
TURBOCOMPRESOR#3,4 (SOPORTES, CLAMP)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, FALTA DE LUBRICIÓN,CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
LÍNEAS DE ESCAPE BANCO RH (SOPORTES, CLAMP,BELLOWS, TUBERIAS, ROD, SILENCIADOR)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
LÍNEAS DEL VENTILADOR ENFRÍAMIENTO DEL MOTOR (CLAMP,SOPORTES)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA, CONDICIÓN	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO
RADIATOR (TEMPLADORES,MANGUERAS, SOPORTES, REJILLA,MOTOR HYD,ALABES)	✓		FLOJO,FALTANTE,FISURADO/ROTO,FUGA,CONDICIÓN, FALTA LIMPIEZA CELDAS	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO

COMENTARIOS ADICIONALES:

SE REALIZA INSPECCION DE EQUIPO ANTES DEL MANTENIMIENTO PROGRAMADO, SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO, EQUIPO OPERATIVO LISTO PARA PM

Elaborado por: LEONEL PONCE
Nombre / Función

Firma

Revisado por: RONNY FERNANDEZ
Nombre / Función

Firma

Figura 13. Plantilla para la inspección para el PM. Tomada de Ferreyros.

c) Formato de pruebas de motor Diesel:

Indica las pruebas del motor Diesel, donde se prepara la máquina para realizar las pruebas y los datos como la velocidad del motor, potencia, presión del aceite, presión del combustible, entre otros, en un software dado por el especialista, donde se ve que los valores están dentro de lo permitido por el fabricante.

Pruebas de Sistema Combustible mediante ET	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Presión de combustible de la bomba de transferencia - Motor en ralentí.	85 ± 5 psi (586 ± 34.4 Kpa). Visualizar en estados ET	89 psi	89 psi
Presión de combustible de la bomba de transferencia - Activar la prueba de rendimiento del motor.	118 ± 5 psi (813.5 ± 34.4 Kpa). Visualizar en estados ET	113 psi	118 psi
Comparar la presión de riel deseada v.s la real - Activar la prueba de rendimiento del motor.	Valores deben ser similares (estados ET)	18059 psi	13053 psi
Comparar la posición de la FCV deseada v.s la real - Activar la prueba de rendimiento del motor.	Valores deben ser similares (estados ET)	50%	50%
Presión de bomba de cebado y CFM (Maquina energizada) - Mediante el ET active una bomba a la vez visualice los valores con el sensor de presión de combustible del sistema de baja presión.	>75 psi (517 kPa)	82 psi	82 psi

Nota: Si las temperaturas no cumplen con las especificaciones, podría surgir un problema y el sistema necesitará ser reparado. Para aceptar los valores, asegúrese de que sean estables.

OBSERVACIONES:

SE EJECUTAN PRUEBAS SEGÚN FORMATO ADJUNTO POR ESPECIALISTA

SE ENCUENTRAN VALORES DENTRO DE LO PERMITIDO POR FABRICANTE

 Nombre y Firma del Supervisor	 Nombre y Firma del Tecnico Lider
-----------------------------------	--------------------------------------

Figura 14. Formato de pruebas de motor Diesel. Tomada de Ferreyros.

d) Formato de evaluación sistema frenos:

Aquí se evalúa el sistema de frenos, donde se muestra pasos y se revisan parámetros para evaluar la correcta funcionalidad del freno del camión, donde se encontró acumuladores de frenos descargados, se realiza recarga a 910 PSI.



Diagrama de un acumulador de freno

Se muestra un diagrama de un acumulador de freno con una válvula de carga y una válvula de descarga de gas.



Fotografía de un acumulador de freno

Se muestra una fotografía de un acumulador de freno con una válvula de carga y una válvula de descarga de gas.

vez una solución jabonosa que alcancen las tapas del acumulador y válvulas de carga y descarga de gas.

Medición de desgaste discos de freno de servicio i09734383/M0113257-10 (Solo equipos que cuentan con los accesorios de medición)	Medición de línea base (X)	Medición de corriente (Y)	Medición del desgaste (Z)
Rueda trasera derecha	N/A	N/A	N/A
Rueda trasera izquierda	N/A	N/A	N/A
Rueda delantera derecha	7,18 mm (0,283 pulgadas)	1,37 MM (0,054 PULGADAS)	0,46
Rueda delantera izquierda	7,18 mm (0,283 pulgadas)	1,37 MM (0,054 PULGADAS)	0,46

Vida útil del freno de servicio trasero

Porcentaje de desgaste de los frenos	Medición (Z) (Voltaje)
0	0
10	0,15
20	0,30
30	0,45
40	0,61
50	0,76
60	0,91
70	1,06
75	1,13
80	1,21
90	1,36
100	1,52

Vida útil del freno de servicio delantero (utilizando el indicador de desgaste del freno 434-3987)

Porcentaje de desgaste de los frenos	Nueva línea base nominal (1)	Adicional al accidente cerebrovascular desde el inicio
10	7,18 mm (0,283 pulgadas)	0,46 mm (0,018 pulgadas)
20		0,91 mm (0,036 pulgadas)
30		1,37 mm (0,054 pulgadas)
40		1,83 mm (0,072 pulgadas)
50		2,29 mm (0,090 pulgadas)
60		2,74 mm (0,108 pulgadas)
70		3,20 mm (0,126 pulgadas)
80		3,66 mm (0,144 pulgadas)
90		4,11 mm (0,162 pulgadas)
100		4,57 mm (0,180 pulgadas)

Herramientas necesarias

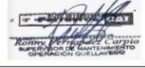
Artículo	Cantidad	Número de pieza	Nombre de la pieza
11	1	257-6140	Multímetro digital
12	1	276-7273	Caja de prueba de sensores
13	1	434-3987 (1)	Indicador de desgaste de frenos como

Nota: Para las mediciones use el documento i09734383

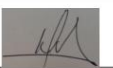
OBSERVACIONES:

SE ENCUENTRAN ACUMULADORES DE FRENOS DESCARGADOS; SE REALIZA RECARGA A 910 PSI

SE REALIZA PRUEBAS Y RECOLICACION DE VALORES SEGÚN FORMATO ADJUNTO



Nombre y Firma del Supervisor



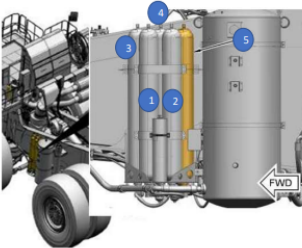
Nombre y Firma del Técnico Líder

Figura 15. Plantilla para la evaluación del sistema de frenos. Tomada de Ferreyros.

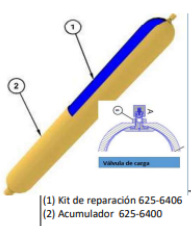
e) Formato de evaluación del sistema de dirección:

Revisa el sistema de dirección del camión, donde hay un conjunto de pruebas y procedimientos bien detallados a seguir para la correcta revisión de este sistema. Se observa que un acumulador se encuentra dañado y se realiza el respectivo cambio.

Prueba presión de gas nitrógeno en acumuladores I09793249	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Presión de nitrógeno acumulador posición 1 - Equipo apagado y sin energía residual.	1500 psi (10342 kPa)	1500 PSI	1500 PSI
Presión de nitrógeno acumulador posición 2 - Equipo apagado y sin energía residual.	1500 psi (10342 kPa)	0 PSI	1500 PSI
Presión de nitrógeno acumulador posición 3 - Equipo apagado y sin energía residual.	1500 psi (10342 kPa)	1500 PSI	1500 PSI
Presión de nitrógeno acumulador posición 4 - Equipo apagado y sin energía residual.	1500 psi (10342 kPa)	1500 PSI	1500 PSI
Presión de nitrógeno acumulador posición 5 - Equipo apagado y sin energía residual.	1500 psi (10342 kPa)	1500 PSI	1500 PSI



(1) Kit de reparación 625-6406
(2) Acumulador 625-6400



Temperatura ambiente versus presión de carga

Temperatura ambiente	Acumuladores de vólvula	Acumuladores de pistón
	Presión de carga (1)	Presión de carga (2)
-18°C (0°F)	9058 kPa (1314 psi)	9074 kPa (1313 psi)
-12°C (10°F)	9271 kPa (1345 psi)	9708 kPa (1401 psi)
-7°C (20°F)	9448 kPa (1370 psi)	9929 kPa (1438 psi)
-1°C (30°F)	9692 kPa (1401 psi)	10054 kPa (1458 psi)
4°C (40°F)	9836 kPa (1427 psi)	10178 kPa (1468 psi)
10°C (50°F)	10052 kPa (1458 psi)	10302 kPa (1494 psi)
16°C (60°F)	10269 kPa (1489 psi)	10426 kPa (1512 psi)
21°C (70°F)	10342 kPa (1500 psi)	10550 kPa (1530 psi)
27°C (80°F)	10606 kPa (1548 psi)	10674 kPa (1548 psi)
32°C (90°F)	10725 kPa (1558 psi)	10798 kPa (1568 psi)
38°C (100°F)	11047 kPa (1602 psi)	10922 kPa (1594 psi)
43°C (110°F)	11224 kPa (1628 psi)	11046 kPa (1612 psi)
49°C (120°F)	11438 kPa (1659 psi)	11170 kPa (1630 psi)
54°C (130°F)	11615 kPa (1688 psi)	11294 kPa (1650 psi)
60°C (140°F)	11828 kPa (1718 psi)	11418 kPa (1670 psi)

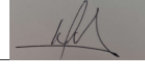
(1) 345 kPa (50 psi)
(2) 340 kPa (50 psi)

Nota: Las fallas en los acumuladores pueden darse por fugas internas y externas que pueden identificarse con una ligera recarga del acumulador aplicando a la vez una solución jabonosa que alcancen las válvulas de carga y descarga de gas.

OBSERVACIONES:
SE ENCUENTRA ACUMULADOR NUMERO 2 DAÑADO,
SE REALIZA CAMBIO DE ACUMULADOR



Nombre y Firma del Supervisor

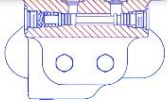


Nombre y Firma del Técnico Líder

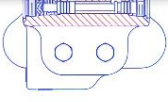
Figura 16. Plantilla para la evaluación del sistema de dirección. Tomada de Ferreyros.

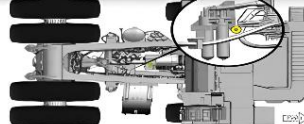
f) Formato Evaluación del Sistema de levante:

Se ve la evaluación del sistema de levante, donde se observa los estados de los cilindros de elevación, posiciones, pruebas de válvula de alivio y de fugas internas de estos cilindros, se analiza que todo se encontraba en buen estado.



Calzas para ajustar la configuración de alta/baja presión de alivio.
Número de pieza Espesor Cambio de presión
SJ-2721 0,13 mm (0,005 pulgadas) 257 kPa (37 psi) por cuña
SJ-2722 1,22 mm (0,048 pulgadas) 2410 kPa (349 psi) por cuña

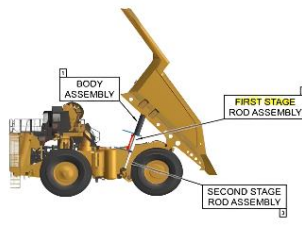




Nota: Las presiones también puede tomarse en los taps de la bomba de levante. Es recomendable tomar la presión en ambos cuerpos para determinar si un cuerpo esta con falla, ambas presiones deben ser similares.

Nota: Si el tiempo del ciclo de elevación o la presión durante la elevación es baja, se recomienda medir la presión en ambos cuerpos de la bomba. Si la presión de un cuerpo de la bomba está por debajo de lo especificado, puede ser un indicio de falla. Puede inspeccionar partes internas la bomba, cortar el filtro hidráulico y confirmar el particulado, envíe una muestra de aceite al laboratorio.

Prueba fuga interna de los cilindros de levante	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Corrimiento de los cilindros de levante - Eleve la tolva hasta cuando la primera etapa de los cilindros de elevación se extienda 305 mm (12 pulgadas) , mueva la palanca de elevación a la posición MANTENER. El tiempo aceptable para el corrimiento del cilindro depende de la temperatura del aceite hidráulico en los cilindros de elevación. Consulte la siguiente tabla. En paralelo tome las temperaturas de los cilindros con la cámara termográfica	Ver tabla	0.25 PULGADAS	0.25 PULGADAS



Desviación aceptable del cilindro		
Minutos	Temperatura del aceite	Deriva del cilindro
12.4	26 °C (79 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
5.6	43 °C (110 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
7.8	49 °C (120 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
6.4	54 °C (130 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
5.3	60 °C (140 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
4.4	66 °C (150 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
3.3	71 °C (160 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
3.2	77 °C (170 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)
2.8	82 °C (180 °F)	6,60 mm (0,26 pulgadas)

El corrimiento excesivo de los cilindro puede ser causada por las siguientes condiciones:

- Fugas en las líneas entre el tanque de aceite hidráulico y los cilindros de elevación.
- Carrete de válvula de control desgastado
- Sellos desgastados en los cilindros de elevación

OBSERVACIONES:

SE REALIZAN PRUEBAS SEGÚN FORMATO SE ENCUENTRAN DATOS SEGÚN LO ESPERADO



Nombre y Firma del Supervisor



Nombre y Firma del Tecnico Lider

Figura 17. Plantilla para la evaluación del Sistema de levante. Tomada de Ferreyros.

g) Formato de medición GP Kingpin delantero:

Trata de la medición de GP Kingpin delantero, donde se puede observar que el trusth ring rueda RH está rota y se programa un cambio para el siguiente mantenimiento.

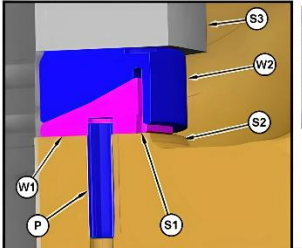
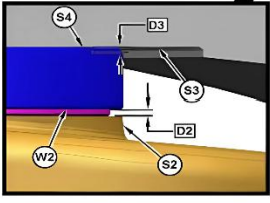
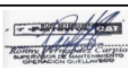
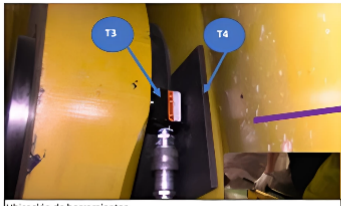
Reste la "medición actual" de la "medición de referencia" para obtener la "medición de desgaste real" (línea de base - actual = real). Una "medición de desgaste real" mayor que la "medición de desgaste máximo" (3,4 mm (0,13 pulgadas)) indica un desgaste excesivo en el conjunto de husillo/cojinete/carcasa/anillo de empuje que debe corregirse.		4	15
 Vista en corte del anillo de empuje y el pasador helicoidal. (P) Pasador de bobina (S1) Ranura (inferior) (S2) Alojamiento del husillo (S3) Eje delantero (W1) Anillo de empuje inferior (W2) Anillo de empuje superior  Ubicación de la medición del desgaste del anillo de empuje (D2) Medición del desgaste (D3) Medición del desgaste (S2) Alojamiento del husillo (S3) Eje delantero (S4) Característica de ranura (superior) (W2) Anillo de empuje superior			
OBSERVACIONES: SE REALIZA MEDICION SEGÚN PROCEDIMIENTO SE OBSERVA TRUSTH RING RUEDA RH ROTO SE PROGRAMA CAMBIO DE RUEDA PARA SIGUIENTE PARADA POR PM			
 Nombre y Firma del Supervisor		 Nombre y Firma del Tecnico Lider	

Figura 18. Plantilla para la medición de GP Kingpin delantero. Tomada de Ferreyros.

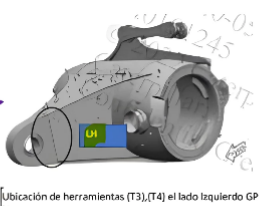
h) Formato de medición Nose Cone:

Se hace la medición de Nose Cone, el cual tiene un procedimiento detallado, donde evidencia que el juego radial está dentro del rango esperado, pero el axial no, así que se debe evaluar por un especialista.

Coloque la herramienta (T3) en el lado izquierdo de la máquina de modo que el pistón quede horizontalmente alineado con el centro del pasador como se muestra en la ilustración. Es posible que se requiera una cuña (T4) -	-5.22	-5.24	-5.22
Empuje con las herramientas (T3),(T4) hasta que complete su recorrido - Registre la medición del indicador (T2b) en la tabla como horizontal 2.	Horizontal2	Horizontal2	Horizontal2
Usando la herramienta (T3), centre el conjunto nose cone en el pin.	5	5.01	5.01
Baje la carcasa del eje trasero hasta que el peso esté completamente libre de los soportes de elevación (T1). Compruebe que el indicador vertical (T2a) haya vuelto a cero.	5	5.01	5.01
Habiendo finalizado la primera prueba repita los mismos pasos para la prueba 2 y 3. Registre todos los resultados en la Tabla y detalle si requiere reparación.	5	5.01	5.01



Ubicación de herramientas (T3) 360-6955 CAPACIDAD DE 5 TONELADAS, Gato de perfil bajo (T4) Calza



Ubicación de herramientas (T3),(T4) el lado izquierdo GP Nose cone.



Ubicación de herramientas (T3),(T4) el lado derecho GP Nose cone.

Nota: Si las medidas registradas en la Tabla para el indicador "Medición Vertical" (T2a) exceden 1,3 mm (0,05 pulgadas), o si las medidas registradas para el Horizontal, del indicador (T2b), excede los 4 mm (0,16 pulgadas), se debe reemplazar el rodamiento. Se recomienda anotar los valores de las mediciones en las unidades de las herramientas 8T S096.

OBSERVACIONES:
La medición de juego radial se encuentra dentro del rango esperado. (1.3 mm).
En la medición de juego axial NO se encuentra dentro del rango esperado (4 mm), se recomienda su evaluación por parte de especialistas.

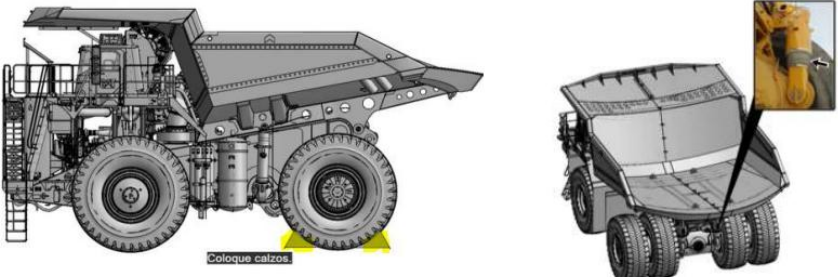

 Nombre y Firma del Supervisor


 Nombre y Firma del Técnico Líder

Figura 19. Plantilla para la medición del Nose Cone. Tomada de Ferreyros.

i) Formato de medición de suspensiones:

Se hace la medición de las suspensiones del camión, donde en primer lugar se prepara para la medición para luego medir las alturas de todas las suspensiones. Se observa que todas están dentro de los valores recomendados.

Preparación para la medición	Realizado
Verificar que la tolva esté vacío y libre de cualquier material residual	☒
Asegúrese de que todos los niveles de líquido de la máquina estén llenos (Nivel de combustible)	☒
Estacione la máquina en una superficie nivelada. La maquina debe detenerse por si sola no usar el freno para detenerse.	☒
Calce las ruedas y espere 15 minutos para que las presiones se estabilicen.	☒
Suspensión delantera RH - Inspecciones fugas de gas y aceite en las válvulas de carga o vástago. Aplique solución jabonosa para detectar fugas de gas.	☒
Suspensión delantera LH - Inspecciones fugas de gas y aceite en las válvulas de carga o vástago. Aplique solución jabonosa para detectar fugas de gas.	☒
Suspensión posterior LH - Inspecciones fugas de gas y aceite en las válvulas de carga o vástago. Aplique solución jabonosa para detectar fugas de gas.	☒
Suspensión posterior RH - Inspecciones fugas de gas y aceite en las válvulas de carga o vástago. Aplique solución jabonosa para detectar fugas de gas.	☒
Registrar la presión del cilindro de suspensión delantera RH (Advisor). La presión no debe variar en un valor >1035 kPa (150 psi) respecto a su par.	747 PSI
Registrar la presión del cilindro de suspensión delantero LH (Advisor). La presión no debe variar en un valor >1035 kPa (150 psi) respecto a su par.	717 PSI
Registrar la presión del cilindro de suspensión posterior RH (Advisor). La presión no debe variar en un valor >345 kPa (50 psi) respecto a su par.	146 PSI
Registrar la presión del cilindro de suspensión posterior LH (Advisor). La presión no debe variar en un valor >345 kPa (50 psi) respecto a su par.	159 PSI
	

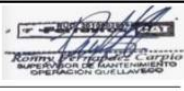
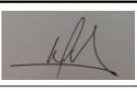
Preparación para la medición	Realizado
Calibre la balanza mediante Advisor/ET siguiendo las instrucciones automáticas mostradas. I06714997	☒
OBSERVACIONES:	
SE OBSERVA SUSPENSIONES DENTRO DE LOS VALORES RECOMENDADOS	
 Nombre y Firma del Supervisor	 Nombre y Firma del Técnico Líder

Figura 20. Plantilla para la medición de suspensiones. Tomada de Ferreyros.

j) Formato de pruebas del sistema de engrase automático:

Se hace las pruebas necesarias para revisar el sistema de engrase automático del camión, donde se ve que mediante distintos pasos se pudo observar que todos los puntos del camión están correctamente lubricados.

Etiqueta ident. (3)	Ubicación del punto de engrase	Estado	Etiqueta 581-3933 (3) y el soporte 586-3612 (4) Etiqueta 581-3932 (5)	Etiqueta ident. (5)	Ubicación del punto de engrase	Estado
20	(AB) Pivote de tolva izquierdo	✓		21	(AL) Pivote del bastidor A (cojinete del nose cone)	✓
25	(AC) Pivote del cilindro levante superior izquierdo	✓		22	(AM) Pivote del bastidor A (pasador del cojinete del nose cone)	✓
35	(AD) Puntal suspensión superior derecho (trasero)	✓		30	(AN) Puntal suspensión inferior derecho (trasero)	✓
40	(AE) Cilindro de elevación inferior izquierdo	✓		35	(AP) Barra estabilizadora (extremo interior)	✓
45	(AF) Puntal suspensión superior izquierdo (trasero)	✓		40	(AR) Puntal inferior izquierdo (trasero)	✓
50	(AG) Pivote del cilindro levante superior derecho	✓				
55	(AH) Barra estabilizadora (extremo exterior)	✓				
60	(AJ) Pivote de tolva derecho	✓				
65	(AK) Cilindro cilindro levante inferior derecho	✓				
Observaciones:						
OBSERVACIONES:						
SE LUBRICÓ MANUALMENTE TODOS LOS PUNTOS DEL EQUIPO						
 Nombre y Firma del Supervisor			 Nombre y Firma del Técnico Líder			

Figura 21. Plantilla para las pruebas del sistema de engrase automático. Tomada de Ferreyros.

k) Formato de presurización del sistema de admisión en el motor C175-16:

En este formato de presurización del sistema de admisión en el motor C175-16, se sigue una serie de pasos para luego instalar la herramienta para la presurización del sistema de admisión y ver si hay fugas.

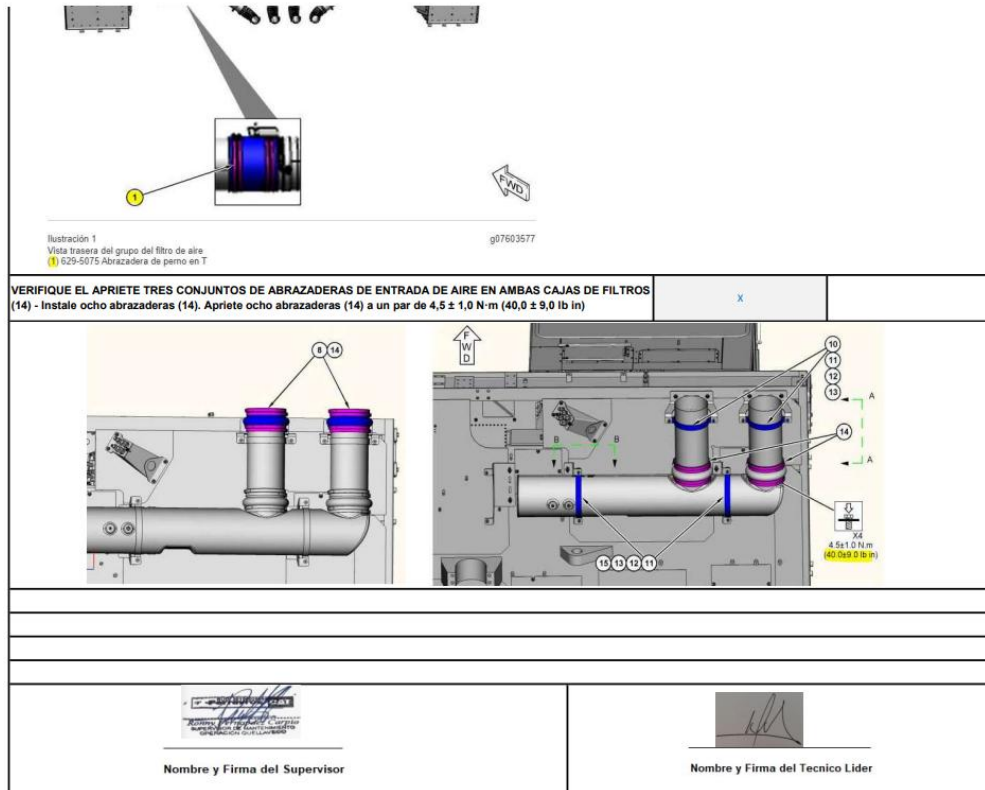
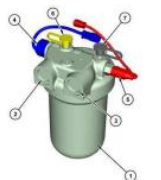


Figura 22. Plantilla para la presurización del sistema de admisión en el motor C175-16. Tomada de Ferreyros.

l) Formato de evaluación transmisión AC:

Acá se hace la evaluación de transmisión AC, donde en primer lugar se prepara la máquina, para luego hacer las respectivas pruebas. Se observa que todo está correcto.

Verifique el nivel de aceite en el mandos finales RH.	Nivel Ok	Nivel Ok	Nivel Ok
Verifique el nivel de aceite en el mandos finales LH.	Nivel Ok	Nivel Ok	Nivel Ok
Caliente el aceite de lubricación de mandos finales y visualice la temperatura en estados del ET en el ECM frenos.	>60 °C (140 °F) .	62 °c	62 °c
Conecte la herramienta (T1) 198-4240 Indicador de presión digital a las tomas de presión de los filtros de aceite (6).	Indicador de presión de 0- 500 psi - Instalado	Instalado	instalado
Mediante el ET vaya al menú de diagnostico y Seleccione "Anular parámetros" del ECM del freno. Seleccione "Anulación del solenoide de derivación de aceite de la bomba del eje trasero". Y cambie a la posición OFF.	Solenoide apagado/desconectado	Solenoide apagado/desconectado	Solenoide apagado/desconectado
Pruebas de presión de lubricación de los mandos finales i08782645	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Presión en el mando final RH	40-120 PSI	100	100
Presión en el mando final RH	40-120 PSI	90	90



Vista de un filtro de aceite
 (1) Carcasa del filtro
 (2) Entrada
 (3) Salida
 (4) Interruptor de derivación
 (5) Sensor de presión
 (6) Toma de presión
 (7) Puerto de muestreo de aceite

Nota:
 Si la presión no está dentro de las especificaciones, puede haber un problema y el sistema necesita reparación. Para lograr estos valores, debe asegurarse de que sean estables.
 El valor de presión debe coincidir con la lectura del sensor (consulte Advisor/Cat ET/manómetro de presión).

OBSERVACIONES:

Se encuentran presiones dentro de lo especificado por fabricante


 Nombre y Firma del Supervisor

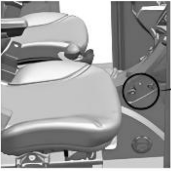
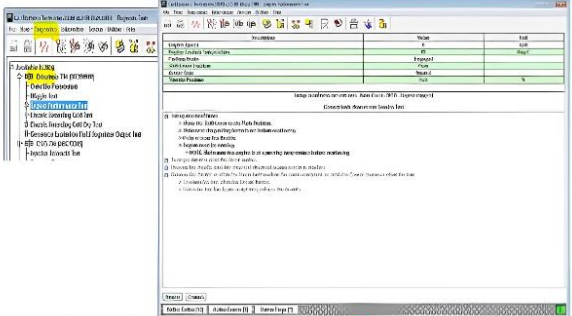

 Nombre y Firma del Técnico Líder

Figura 23. Plantilla para la evaluación transmisión AC. Tomada de Ferreyros.

m) Formato de pruebas de rendimiento del motor, frenos, dirección y levante:

Se realiza en conjunto las pruebas de rendimiento del motor, frenos, dirección y levante donde se ve que todo está correcto.

Prueba Rendimiento del motor mediante ET/Advisor (009770025)	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Velocidad del motor Diesel.	1790 - 1840 rpm	1810 RPM	1800 RPM
Potencia real total del generador (Valores se pueden ver en estados ECM motor tracción 2 mediante ET).	>2815 caballos de fuerza (2100 kilovatios)	2100	2100
Consumo de energía de la red de retardo eléctrico (mínimo)	2682 caballos de fuerza (2000 kilovatios)	2000	2000

Nota: Conduzca la máquina hasta que la temperatura del aceite hidráulico sea de aproximadamente 65 °C (150 °F)

Pruebas de capacidad de retención del freno I10126188/SEBU9099-10	Especificaciones	Valor Encontrado	Valor dejado
Temperatura de refrigerante - Si la temperatura de refrigerante esta fuera de la especificación, cargue el motor con la prueba de rendimiento suba y baje la tolva hasta alcanzar la temperatura de operación	>79 °C (174 °F)	174°C	174°C
Prueba de capacidad de retención del freno de servicio - Presione completamente el pedal de control del freno de servicio - Mueva la palanca de control de cambios a la posición D - Presione el acelerador al 100%	La máquina no debe moverse	MÁQUINA NO SE MUEVE	MÁQUINA NO SE MUEVE
Prueba de capacidad de retención del freno dinámico - Presione completamente el pedal de control del freno dinámico - Mueva la palanca de control de cambios a la posición D - Presione el acelerador al 100%	La máquina no debe moverse	MÁQUINA NO SE MUEVE	MÁQUINA NO SE MUEVE
Prueba de capacidad de retención del freno de resortes - Presione completamente el pedal de control del freno dinámico - Mueva la palanca de control de cambios a la posición D - Presione el botón (3) y presione el botón (4) al mismo tiempo para activar el freno de estacionamiento - Presione el acelerador.	La máquina no debe moverse	MÁQUINA NO SE MUEVE	MÁQUINA NO SE MUEVE





OBSERVACIONES:
SE REALIZA PRUEBAS SEGÚN PROCEDIMIENTO
SE ENCUENTRA VALORES DENTRO DE LO ESTABLECIDO

 Nombre y Firma del Supervisor	 Nombre y Firma del Técnico Líder
--	---

Figura 24. Plantilla de pruebas de rendimiento del motor, frenos, dirección y levante. Tomada de Ferreyros.

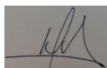
n) Calibración de válvulas de motor C175-16 794AC:

Se ve la calibración de las válvulas del motor, donde se sigue un conjunto de pasos específicos para esta tarea y se termina dejándolas en los valores nominales.

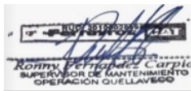
REGISTRO DE CALIBRACIÓN.					
CILINDRO	ADMISION		ESCAPE		
	ENCONTRADO	CALIBRADO	ENCONTRADO	CALIBRADO	
1	0.82 MM	0.8MM	1.32 MM	1.3 MM	Escape
2	0.82 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
3	0.83 MM	0.8MM	1.32 MM	1.3 MM	
4	0.80 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
5	0.82 MM	0.8MM	1.28 MM	1.3 MM	Compresión
6	0.82 MM	0.8MM	1.28 MM	1.3 MM	
7	0.80 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
8	0.80 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
9	0.82 MM	0.8MM	1.32 MM	1.3 MM	
10	0.80 MM	0.8MM	1.32 MM	1.3 MM	
11	0.80 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
12	0.82 MM	0.8MM	1.32 MM	1.3 MM	
13	0.82 MM	0.8MM	1.28 MM	1.3 MM	
14	0.82 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	
15	0.82 MM	0.8MM	1.28 MM	1.3 MM	
16	0.82 MM	0.8MM	1.30 MM	1.3 MM	

Nota: Use los medidores de holgura antes que el dial para comprobar la luz de válvulas y si ingresa el lado No Go debe use el indicador de dial para registrar la medición real y ajuste la luz de válvulas a lo especificado por el fabricante. Si durante la calibración encuentra que la holgura de la válvula es menor que la especificada (no ingresa el lado nominas 1), puede deberse a que la válvula está desgastada y necesita revisar la recesión para reemplazar la culata.
La calibración/recesión de válvulas se realizara en las primeras 250 hrs y posteriormente cada 4000 hrs.

OBSERVACIONES		
CILINDRO	1	SE REALIZA CALIBRACION Y SE DEJA EN VALORES NOMINALES
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
	13	
	14	
	15	
	16	



NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO



NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

Figura 25. Plantilla para la calibración de válvulas de motor C175-16 794AC. Tomada de Ferreyros.

4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional

En el caso de la seguridad se puede ver los siguientes documentos, donde se evalúan y se firman los mismos:

- Se hace los Check List de manos antes de las labores, donde se identificaba diversos peligros, como por ejemplo para el desmontaje de la rueda RH, todo esto en el área de mantenimiento.

- Hay distintas capacitaciones o entrenamientos donde se inducía a los trabajadores para que realicen una función, como por ejemplo la difusión de PETS 794AC para el cambio de ruedas de este camión.
- Se realiza inspección a las escaleras, para el área de mantenimiento (Ver anexo 2)
- Se realiza un pedido para el aislamiento y bloqueo de las energías eléctricas, dando todas las especificaciones necesarias (Ver anexo 3)
- Se firma permisos para realizar actividades temporales peligrosas donde no se pueda bloquear la energía o se trabaje con máquinas en movimiento. (Ver anexo 4)
- IPERC: se identifica los distintos peligros a los que pueden estar expuestos los operadores en una tarea, para evaluar los riesgos e implementar las medidas de control necesarias, aquí como supervisor se da recomendaciones para evitar accidentes y comentarios de las tareas a realizar, todo esto antes de realizar las tareas. (Ver anexo 5)
- IPERC continuo: la evaluación y dinámica de los riesgos en tiempo real durante el desarrollo de actividades laborales. (Ver anexo 6)

4.2.1 Metodologías

El tipo de metodología aplicado en el presente trabajo de suficiencia, según su propósito, es descriptiva, debido a que el proyecto se centra en describir y documentar las características del trabajo que se realizó como supervisor de una mina en Moquegua; y, según el enfoque, es cualitativa, porque se enfoca en comprender el trabajo como supervisor con datos no numéricos, dado que en este trabajo se captarán las experiencias y aprendizajes que se obtuvo en el trabajo de supervisor en una mina de Moquegua. También se sigue una metodología cuantitativa en el caso de los KPI's, debido a que la confiabilidad resultante son datos numéricos de porcentajes.

Las metodologías usadas en el trabajo de supervisión fueron las siguientes:

- Mantenimiento preventivo y predictivo: la realización de inspecciones y mantenimientos programados para evitar fallas. Se planifican tareas a intervalos regulares basadas en el tiempo de operación o el uso del equipo. El objetivo es identificar y corregir cualquier posible falla antes de que ocurra, minimizando así el tiempo de inactividad no planificado y manteniendo la fiabilidad de la flota.
- Gestión por indicadores (KPI): se emplean indicadores clave de rendimiento para medir la efectividad de las actividades de mantenimiento. Esto abarca el monitoreo de la disponibilidad mecánica, la confiabilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR). Los indicadores facilitan la evaluación del

desempeño de la operación y la fijación de metas para la mejora continua. (Ver anexo 7)

- Documentos, software y plantillas: se ayuda de diferentes documentos y plantillas para la supervisión del mantenimiento, donde se ve los distintos pasos para el correcto mantenimiento y elementos de los camiones que se deben de revisar y hacer pruebas, para que todo salga de la mejor manera posible y elevar la efectividad de los camiones, revisiones periódicas, como también documentos avocados a la seguridad de los trabajadores, así como un software para el estudio de estas pruebas.
- Análisis de fallas: se lleva a cabo un análisis sistemático de las fallas recurrentes mediante la elaboración de un ranking (Top Five) de problemas frecuentes (Ver anexo 8). Esto permite identificar patrones y priorizar las intervenciones para abordar las causas fundamentales de las fallas más perjudiciales para la operación.

4.2.2 Técnicas

A continuación, se presenta las técnicas usadas.

a) Planificación y prevención

Se usa el Diagrama de Gantt para planificar las diferentes tareas que se hicieron en el mantenimiento y en la reubicación del TCM, también por el lado de la prevención se usó diversas plantillas y procedimientos dados por el fabricante para ver posibles fallas y prevenir paradas de la flota de camiones en el futuro.

b) Revisión documentaria

Se usa la revisión documentaria; es decir, la revisión de datos pasados respecto al mantenimiento, donde se detecta la constante falla del TCM, esto en el “Top Five” (anexo 8) de fallas que se encontró en la plataforma Sigma en el primer trimestre del año, donde se da a conocer una solución para su posterior implementación, con la experiencia y conocimientos teóricos de la formación universitaria.

c) Supervisión e interpretación

Con esta técnica se comprobó que las nóminas establecidas en el contrato MARC se ejecuten conforme a lo acordado y que la confiabilidad esté alrededor del 91%, asegurando que el proceso se realice correctamente y sin comprometer la seguridad del trabajador. Además, se busca interpretar las fallas para ofrecer posibles soluciones.

4.2.3 Instrumentos

- Se utilizó como documento la ficha de revisión documentaria (anexo 9). Para la revisión documentaria se usa los “Top Five” de la plataforma Sigma.

Tabla 3. Ficha de revisión documentaria.

FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA	
Documento	Top 5 Fallas
Lugar	Moquegua
Contexto	Mantenimiento en Mina
Año	2024
Destino	A todos los trabajadores del sector Mantenimiento
Finalidad (público o privado)	Público
Resumen del Documento	
Objetivo	Registrar datos sobre el mantenimiento de todos los equipos, para su posterior uso.
Resumen/Resultados Principales	Los Top Five sirven para detectar las 5 fallas más recurrentes en cada mes/Se tiene como resultado que la falla más recurrente es el Módulo de Control de Temperatura.
Conclusiones	Se debe dar una solución respecto a esta falla recurrente. La solución propuesta es cambiar la ubicación del TCM.
Extraído de	Plataforma Sigma

- Herramientas digitales que permiten gestionar la programación de mantenimiento, el seguimiento de intervenciones y la recopilación de datos necesarios para análisis posteriores.
- Documentos detallados que especifican los pasos a seguir durante el mantenimiento, incluyendo cheques de seguridad y procedimientos de bloqueo de maquinaria.
- Plantillas diseñadas para registrar el estado de los equipos, las intervenciones realizadas y cualquier incidencia ocurrida. Estos reportes son fundamentales para la elaboración de informes de eficiencia.

- Diagrama de Gantt para planificar el trabajo, hacer seguimiento del progreso y coordinar tiempos, ya que facilitan la visualización de las dependencias entre tareas y los plazos de entrega (Ver anexo 10).

4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

A continuación, se dan los equipos y materiales usados.

a) Herramientas de mantenimiento

Se usa un conjunto variado de herramientas manuales y eléctricas específicas para el mantenimiento de maquinaria pesada, que incluye llaves de torsión, destornilladores, herramientas de medición y equipos de diagnóstico.

b) Componentes y repuestos

Se hace un inventario de piezas de repuesto críticas que son necesarias para realizar reparaciones y mantenimientos correctivos de manera eficiente, asegurando tiempos de inactividad mínimos en una mina de Moquegua.

c) Equipos de protección personal

Se supervisa el uso de elementos de protección, como cascos, guantes, gafas y chaquetas de alta visibilidad, que son esenciales para cumplir con las normativas de seguridad y garantizar la protección del personal durante las operaciones.

4.3 Ejecución de las actividades profesionales

La ejecución de las actividades profesionales se da de la siguiente manera.

a) Planificación del mantenimiento

- Desarrollo de un cronograma de mantenimiento, que incluye el mantenimiento preventivo regular y el manejo de reparaciones correctivas.
- Se programan las actividades en función del tiempo de operación y el análisis de las fallas registradas.

b) Supervisión de intervenciones

- Durante las actividades de mantenimiento, se supervisa las operaciones, asegurando que el personal técnico siga los procedimientos de seguridad y los estándares de calidad establecidos.
- Reuniones diarias de seguridad y se revisan los planes de trabajo antes de comenzar.
- Supervisión del uso de EPP's.

c) Monitoreo de indicadores de desempeño

- El supervisor evalúa diariamente los KPI's para garantizar que se cumplan las metas especificadas en el contrato Marc 794AC a partir de los datos recolectados.

4.3.1 Cronograma de actividades

Con la ayuda de la carta de Gantt se entiende la planificación de todo proyecto de reubicación del TCM, el cual será descrito en el siguiente párrafo:

a) Desglose de tareas

- Donde se descompone las tareas para las personas encargadas del mantenimiento, así como también las necesarias para la reubicación del módulo de control de temperatura.
- Análisis de la situación actual: se tuvo una recopilación de datos sobre la frecuencia de fallas de este módulo de control, también de la causa por la cual fallaba, como el polvo y las condiciones climáticas adversas (lluvia) y una evaluación de las consecuencias que traía estas fallas en la confiabilidad y operatividad de los camiones.
- Nueva ubicación: el diseño de la nueva ubicación de este módulo viendo la ergonomía, accesibilidad y facilidad de mantenimiento.
- Adquisición de materiales: una solicitud al área correspondiente para la compra de materiales que se necesitan para la reubicación donde se incluye las especificaciones técnicas y plazos de entrega.
- Preparación de área de trabajo: tener preparado el área de trabajo para la reubicación (limpieza, seguridad, materiales listos, etc.)
- Instalación del nuevo módulo (Ver anexo 11): instalación del módulo de control de temperatura en su nueva ubicación, siguiendo los procedimientos de instalación de Caterpillar y las normas de seguridad. Las cuáles serán los siguientes:
 - Los puntos de alimentación positiva y negativa se tomarán de la caja de fusibles y la conexión a tierra de la cabina, respectivamente. Estos se conectan directamente al punto de instalación del TCM dentro de la cabina. Se emplean fusibles de 5a como

dispositivos de protección. Se utiliza la línea de color naranja como guía de referencia.

- Para la conexión red de comunicación CAN se deriva del conector CONN 22 utilizando un conector EN y, permitiendo conservar la red existente hacia los VIMS y agregar una nueva conexión para el TCM en la cabina. La resistencia 170-3416 debe instalarse en el nuevo extremo del circuito, por lo que será necesario reubicarla cerca del CONN18, utilizando un conector en y 133-0970 en el CONN 15.
 - Para la conexión del sensor de temperatura existen dos alternativas, siendo la primera la conexión directa del sensor mediante un arnés 366-8856 (utilizando únicamente dos conductores) hasta el TCM reubicado en la cabina. Se requerirá una longitud aproximada de 8 metros. Realizar el enrutado siguiendo la línea marrón y la otra alternativa es que es posible obtener la señal del sensor para la bomba de agua desde el conector 44.
 - Para la conexión del TCM con el motor de la E-STAT se emplea un cable 366-8857 (utilizando 4 conductores) desde el TCM. El cable se divide mediante un conector de 12 pines cerca del radiador para simplificar el desmontaje del módulo de enfriamiento. La conexión del shield será omitida, y se utilizará tubo termo encogible para proteger el conector C.
- Pruebas: pruebas exhaustivas del sistema de refrigeración después de la instalación, incluyendo mediciones de temperatura y pruebas de funcionamiento para verificar la efectividad de la reubicación.
 - Documentación: documentación completa de todo el proceso, incluyendo fotos, diagramas, y reportes técnicos, para asegurar la trazabilidad y la replicabilidad de la solución.
 - Seguimiento y comparación: monitoreo post-instalación para evaluar la efectividad de la solución en términos de reducción de las fallas y aumento de la confiabilidad, también comparándolo con camiones que no tuvieron una reubicación y viendo los resultados y la mejora de reubicar este módulo.

b) Dependencias entre tareas

La carta de Gantt refleja que unas tareas solo se pueden iniciar cuando otras culminan, un ejemplo claro sería que la instalación del módulo de control de temperatura, solo se puede realizar si se han adquirido los materiales.

c) Duración de las tareas

Tiempo necesario para completar cada tarea.

d) Recursos asignados

Mano de obra y materiales para cada tarea, viendo que se disponen de los recursos necesarios en el momento adecuado.

Se debe tener una visualización general de todo el cronograma, mostrando la duración real de cada tarea, para identificar retrasos y posibles soluciones para el futuro.

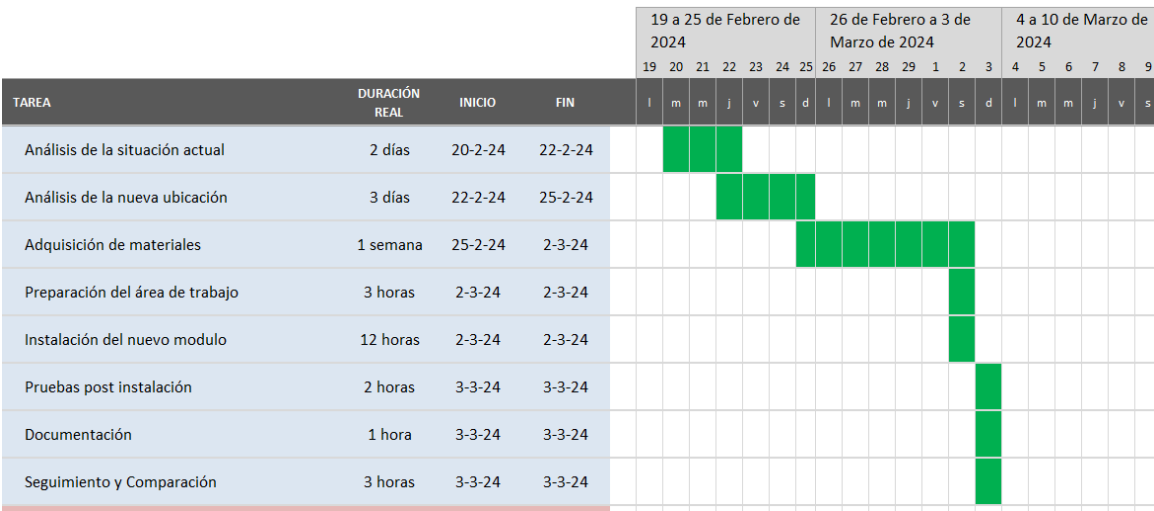


Figura 26. Diagrama de Gantt de la reubicación del TCM.

Para el proceso de mantenimiento en general, todo se hace de acuerdo a la planificación que son detalladas en los Gantt (Ver Anexo10).

4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Para la ejecución de las actividades profesionales se siguió el siguiente proceso:

a) Planificación

- Recopilar información de fallas pasadas, estudio de la documentación técnica de Caterpillar y Ferreyros, y revisión de los estándares de seguridad.
- Escoger la nueva ubicación y diseñar para cumplir con todos los estándares, también escoger materiales, elaborar los planos y las especificaciones técnicas.
- Para una planificación detallada usar la carta de Gantt para dar las responsabilidades todas las personas encargadas, asignar recursos y definir plazos para las tareas.

b) Fase de implementación

- Gestión de los materiales necesarios para la reubicación del módulo, donde se incluye cables, soporte y otros componentes necesarios.
- Preparación del área de trabajo, donde se incluye la seguridad, la limpieza, etc.
- La instalación del módulo en su nueva ubicación, siguiendo cuidadosamente las instrucciones del fabricante y las normas de seguridad.
- Pruebas del sistema de refrigeración después de la instalación para verificar su correcto funcionamiento.

c) Fase de seguimiento

- Recopilación de datos sobre el rendimiento del módulo de monitoreo de la temperatura después de la reubicación.
- Análisis de los datos recopilados para evaluar la efectividad de la reubicación en términos de reducción de las fallas y aumento de la confiabilidad.
- Generación de informes sobre los resultados obtenidos, incluyendo el impacto en la disponibilidad y la confiabilidad de la flota de camiones.
- Identificación de posibles áreas de mejora en el proceso de mantenimiento y la implementación de medidas correctivas para optimizar el proceso y reducir las fallas futuras.

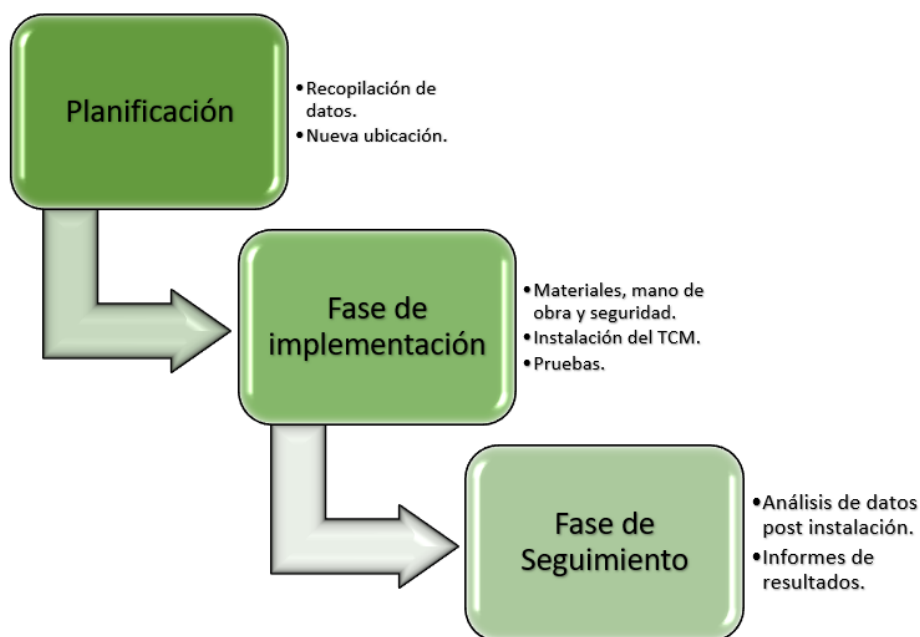


Figura 27. Diagrama de flujo de la reubicación del TCM.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Resultados finales de las actividades realizadas

A continuación, se resaltan las principales actividades y mejoras que se tuvo como supervisor de mantenimiento de una mina en Moquegua, se alcanzó a mejorar la confiabilidad de la flota de camiones 794AC con las siguientes actividades efectuadas:

5.1.1 Reubicación del módulo de control de temperatura FMI 9

Por el polvo y mayormente en épocas de lluvia, este módulo de control de temperatura tendía a fallar, afectando directamente en la disponibilidad de los camiones; este módulo estaba en una zona expuesta a la intemperie (chasis del camión) y sufría daños por el polvo y el agua de los climas adversos, generando así paradas imprevistas donde se reducía la productividad y un aumento de costos en mantenimiento y reparación.

Por eso, la reubicación a la cabina del operador resultó exitosa, debido a que este módulo ya no quedaba expuesto a estos factores climáticos adversos y se minimizó significativamente las fallas del TCM, lo que representó un aumento de confiabilidad de los camiones. Esta información se ve reflejada en los KPI's, la cual fue adecuada en la siguiente figura:

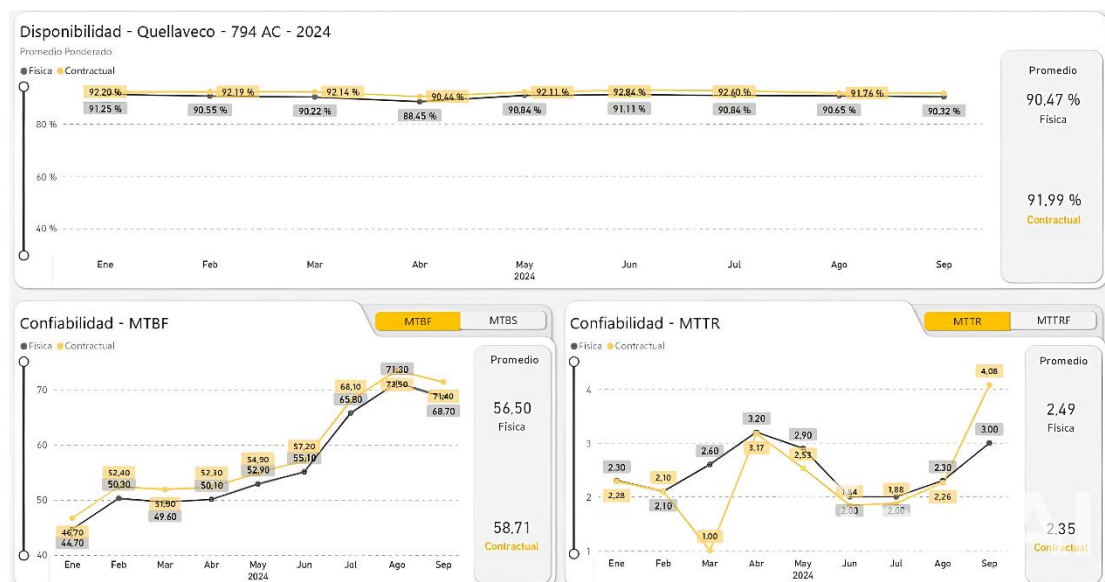


Figura 28. KPI de confiabilidad y disponibilidad.

En la imagen se evidencia que, en el primer trimestre del año, los índices de confiabilidad eran demasiado bajos, pero al implementar esta mejora, que fue la reubicación del TCM, se pudo observar que en los siguientes meses la confiabilidad fue aumentando poco a poco, hasta tener el pico más elevado en el mes de agosto; esto confirma la solidez de la propuesta brindada y el aporte a Ferreyros y a la mina en Moquegua, no solo para la flota de camiones 794AC ni para solo el presente, sino que se puso en marcha para otras operaciones y todos estos datos seguirán siendo usados para futuras mejoras.

Tabla 4. Porcentaje de mejora de la confiabilidad por cada mes.

Confiabilidad		
Mes	MTBF	Porcentaje de Mejora
Enero	44.7	
Febrero	50.3	13%
Marzo	49.6	-1%
Abril	50.1	1%
Mayo	52.9	6%
Junio	55.1	4%
Julio	65.8	19%
Agosto	71.3	8%
Setiembre	68.7	-4%

De este cuadro, se observa que el mayor porcentaje de mejora en la confiabilidad se registró de junio a agosto, con un 19% de porcentaje de mejora; también se puede precisar que los tiempos entre fallas en el primer trimestre eran muy bajos, lo que representa un problema debido a que los camiones duran menos trabajando hasta que se presente una falla. A partir de marzo, que fue la reubicación del TCM, empieza a mejorar para que los camiones duren más tiempo trabajando hasta que se presente la siguiente falla, ya que los fallos ocurren con menos frecuencia.

Tabla 5. Porcentaje de mejora de la confiabilidad.

Confiabilidad		
Mes	MTBF	Porcentaje de Mejora
Marzo	49.6	
Agosto	71.3	44%

El siguiente gráfico muestra que desde la reubicación del TCM, en marzo, hasta alcanzar el punto máximo en agosto, se logró un incremento del 44% en el porcentaje de mejora.

5.1.2 Mantenimiento preventivo

En el trabajo se incluye la supervisión y ejecución de un programa de mantenimiento preventivo integral para los camiones 794AC. Todo esto implicaba realizar inspecciones, siguiendo los procedimientos que establecen los fabricantes ayudándose de las plantillas pertinentes, con el objetivo de detectar posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores y afecten a la productividad del trabajo. Entre las inspecciones se pueden ver la verificación de presión de neumáticos, potencia del motor, niveles de fluidos, etc. En el caso del estudio del motor, se usó un software, y los demás puntos fueron estudiados según las plantillas ya mencionadas que se tenía a disposición. El objetivo era minimizar las fallas imprevistas y maximizar la disponibilidad mecánica de los camiones, lo que se logró exitosamente. Dentro del mantenimiento preventivo está el mantenimiento predictivo.

a) Supervisión de seguridad

La seguridad es una prioridad máxima y en este trabajo no fue la excepción, se implementaron rigurosas medidas de seguridad durante todas las actividades, tanto de mantenimiento preventivo como correctivo. Se incluyeron las charlas de seguridad, verificación del uso de los EPP's, implementación de un sistema de reporte de incidentes y accidentes, el IPERC (Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos Continuo), IPERC Continuo y el llenado de los permisos de trabajo antes de realizar cualquier tarea de alto riesgo, todo esto es un ejemplo de que se tiene un gran compromiso con la seguridad de las demás personas.

5.2 Logros alcanzados

Tras mencionar las distintas técnicas y procedimientos hechos en la supervisión de una mina en Moquegua se pueden deslindar los siguientes logros alcanzados:

- **Confiabilidad:** toda la flota aumentó su confiabilidad, medida por el MTBF. En el caso del TCM, sus fallas se redujeron a lo más mínimo debido a la reubicación, reflejando una mejora en la confiabilidad de la flota, calidad del mantenimiento preventivo y la eficacia de las reparaciones. Se puede ver cómo la confiabilidad estaba baja en los meses de enero, febrero y marzo, pero con la reubicación del TCM, esto cambió y en los siguientes meses empezó a elevarse.
- **Disponibilidad mecánica:** se completó el objetivo del 91% de disponibilidad mecánica establecido en el contrato MARC, mostrando un aumento considerable en el tiempo operativo de los camiones. Los datos recogidos en los informes de mantenimiento demuestran claramente este incremento.

- Reducción de costos: al aumentar la confianza y productividad y disminuir las reparaciones imprevistas y tiempos de inactividad, se disminuye la mano de obra, también los insumos; es decir, todo lo que se pudo hacer necesitado para darle una reparación temporal a la falla luego del mantenimiento. También la reducción del tiempo gastado en hacer mantenimiento correctivo, se logró una reducción en los costos asociados al mantenimiento en general de la mina en Moquegua.
- Reducción de consumibles: quiere decir la reducción de mano de obra y tiempo al reubicar el TCM, debido a que hubo menos fallas y, por ende, menos mantenimiento correctivo.
- Mejora en la seguridad: la reubicación del módulo contribuyó a mejorar la seguridad, al reducir la necesidad de intervenciones en una zona potencialmente peligrosa como el chasis del camión en operación.
- Satisfacción del cliente: el cumplimiento de los objetivos del contrato MARC y la mejora en la disponibilidad y confiabilidad de la flota dieron como resultado en una mayor satisfacción del cliente, haciendo que la mina en Moquegua y Ferreyros mejoren su relación laboral.
- Experiencia y capacitación: este proyecto permitió aplicar los conocimientos teóricos brindados en la universidad sobre mantenimiento y gestión de proyectos, ayudando así a aumentar el desarrollo como profesional y capacitarse para proyectos futuros.
- Creación de una base de datos para futuras mejoras: gracias a todos los datos recopilados durante el trabajo como supervisor se creó una base de datos para que pueda ser usada en el futuro (en otras operaciones) y así mejorar el mantenimiento en general.

5.3 Dificultades encontradas

En el trabajo se presentó varias dificultades que serán expuestas en los siguientes puntos:

5.3.1 Convencimiento a la jefatura de Ferreyros para la reubicación del TCM

Convencer a la jefatura de Ferreyros sobre la reubicación del TCM, fue una de las dificultades al momento del tiempo laborando, debido a que la mayoría de empresas tienen un apego a las prácticas actuales y, a menudo, generan resistencia al cambio; también que la jefatura se preocupa por los costos iniciales asociados a la reubicación, el tiempo de inactividad y el riesgo de que no funcione esta reubicación, pero la propuesta era bien sólida y bien fundamentada y justificaba que este cambio iba a hacer un bien para la empresa.

5.3.2 Convencimiento al cliente para la prueba de reubicación del TCM

Al igual que el punto anterior, el convencer a la mina en Moquegua fue una dificultad debido a la incertidumbre respecto a los resultados de la reubicación, además el tiempo de inactividad puede afectar algo que es importante en una minera que es la eficiencia, pero esta propuesta sólida hizo que se convencieran de esta reubicación que al final resultó satisfactoria.

5.3.3 Investigación adicional

Al buscar soluciones del fabricante para el problema que hubo con el TCM, solo se encontró un simple procedimiento de diagnóstico y reparación. El método no solucionaba el problema a fondo; por eso, se tuvo que hacer una investigación adicional y se analizaron datos de fallas previas, consultando a las personas idóneas que conocen más sobre mantenimiento se llegó a la conclusión de hacer la respectiva reubicación del TCM.

5.3.4 La falta de insumos y repuestos

La reubicación del módulo de control de temperatura requirió una planificación cuidadosa de la gestión de insumos y repuestos, incluyendo la adquisición de materiales, la coordinación con el equipo de mantenimiento de la mina, y el aseguramiento de la disponibilidad de las herramientas y equipos necesarios, ya que no se tenían estos repuestos y eso se tenía que gestionar con otras áreas para su adquisición y puesta en marcha de la reubicación del TCM.

5.3.5 Coordinación entre distintos departamentos

La necesidad de coordinar con departamentos como los de Seguridad, Logística, Planeamiento, Mantenimiento, etc. para la correcta puesta en marcha del proyecto.

5.3.6 Imprevisibilidad de las condiciones climáticas

Las condiciones climáticas, como la lluvia en la mina de Moquegua, han influido en la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento como la reubicación del TCM.

5.4 Planteamiento de mejoras

A continuación, se sigue con el planteamiento de mejoras, que vienen a ser las metodologías propuestas y la descripción de la implementación

5.4.1 Metodologías propuestas

Se implementaron metodologías de mantenimiento centradas en prevenir fallas. Se utilizaron metodologías de mantenimiento preventivo y predictivo, con el objetivo de evitar paradas imprevistas y optimizar los recursos. Se utilizó la metodología de análisis de fallas (FMEA) para identificar las causas de las fallas y desarrollar soluciones apropiadas. Se empleó la técnica de gestión por indicadores KPI's (Disponibilidad, Confiabilidad, MTBF, MTTR) para monitorear el desempeño de los equipos y la efectividad de los procesos de mantenimiento. También se predijeron la mayoría de las fallas analizando datos pasados. De todo esto podemos desglosar:

Para la reubicación del TCM

a) Metodología descriptiva-cualitativa

Se basó en la observación del funcionamiento de los camiones 794AC, prestando especial atención a las condiciones operativas, los tiempos de inactividad y los posibles factores que contribuían a las fallas en el módulo de control de temperatura, todo esto se registra para un análisis posterior. Luego se revisa la documentación técnica del fabricante, debido que se halla una incidencia en la ubicación del TCM, tras la investigación se dio a conocer la posible solución para su puesta en marcha.

b) Metodología cuantitativa

Se emplearon los KPI's para obtener datos importantes sobre los camiones como: disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio de reparación y la frecuencia de fallos en un determinado tiempo del TCM. La información se extrajo en forma de datos para su posterior estudio.

c) Metodología de planificación, gestión de proyectos y resolución de problemas

- Diagrama de Gantt: se usa este diagrama para planificar las actividades del proyecto, estableciendo las tareas, la secuencia de ejecución, los recursos necesarios y los plazos, todo esto para una mejor organización y un control efectivo del tiempo.
- Gestión de recursos: se realiza una gestión eficiente de recursos, incluyendo la solicitud y adquisición de materiales, la asignación de personal a las tareas y la optimización del tiempo de trabajo.
- Resolución de problemas: se hace un análisis para identificar el problema, luego se busca una posible solución para ponerla en marcha, que fue la reubicación en la cabina,

luego al implementar esta solución se da una evaluación del impacto de este cambio resultando en una mejora.

Para el mantenimiento:

a) Metodologías para la gestión del mantenimiento preventivo y predictivo

El objetivo es detectar las fallas antes de que puedan causar averías graves y desembocar en otros problemas más grandes. Se emplean herramientas de diagnóstico y datos proporcionados por el sistema de monitoreo de la máquina para identificar anomalías o tendencias que indicaran una falla inminente, así como también se usaron los KPI's para evaluar la eficacia de las estrategias de mantenimiento.

b) Metodologías para la gestión del mantenimiento correctivo

Si bien el enfoque principal era preventivo y predictivo, el mantenimiento correctivo fue necesario para la reparación de fallas imprevistas, como las que podemos ver en algunas de las plantillas, donde estas revisiones presentaban algunas fallas en los distintos componentes del camión.

De estos dos puntos propuestos hubo un porcentaje de cada uno aplicado en la mina, que se da en la siguiente tabla:

Tabla 6. Porcentaje según el tipo de mantenimiento

Tipo de Mantenimiento		Porcentaje
Preventivo 80%	Preventivo en sí	65%
	Predictivo	15%
Correctivo 20%		20%

Donde se puede desglosar que el mantenimiento predictivo está dentro del mantenimiento preventivo y en las plantillas o fichas se observa que, en algunas, luego de la revisión presentaban fallas, las mismas que son parte del 20% del mantenimiento correctivo.

c) Metodología para la gestión del proyecto

Para la planificación se emplea diversos diagramas Gantt para las distintas tareas de mantenimiento.

d) Metodologías para la gestión de la seguridad

Antes de cualquier trabajo, se realiza un análisis de peligros y evaluación de riesgos (IPERC), que incluye la identificación de peligros potenciales, la evaluación de la probabilidad y severidad de los riesgos, y la implementación de medidas de control, así como también si hay tareas de alto riesgo se utilizaron permisos de trabajo para asegurar que se cumplieran los procedimientos de seguridad, se informa al personal afectado y se documentan las medidas de control implementadas. Por último, hay capacitación permanente para que los trabajadores realicen sus actividades de la mejor manera priorizando la seguridad.

5.4.2 Descripción de la implementación

a) Análisis de la situación actual

Se realiza un análisis de las fallas recurrentes, especialmente las fallas del TCM, donde se utilizan datos pasados de mantenimiento.

b) Diseño e ingeniería

Se diseña la nueva ubicación del módulo, considerando aspectos de ergonomía, accesibilidad y facilidad de mantenimiento. Se seleccionan y se gestionan los materiales y componentes adecuados para poder adquirirlos y reubicar el TCM.

c) Preparación de la zona de trabajo

Se prepara el área de trabajo con las medidas de seguridad correspondientes, asegurando un ambiente adecuado para la instalación.

d) Instalación del nuevo módulo

Se lleva a cabo la reubicación del módulo de control de temperatura, siguiendo los procedimientos del fabricante y las normas de seguridad.

e) Pruebas y verificaciones

Se realizan pruebas para verificar el correcto funcionamiento del TCM después de la reubicación, incluyendo mediciones de temperatura y presiones.

f) Seguimiento y monitoreo

Se realiza un monitoreo continuo del desempeño del sistema de refrigeración tras la reubicación, registrando datos relevantes para el cálculo de KPI's. Estos datos proporcionaron evidencia de la efectividad de la solución y permitieron identificar posibles áreas de mejora.

g) Documentación

Todo el proceso fue cuidadosamente documentado.

5.5 Análisis

La reubicación del módulo de control de temperatura revela el éxito de una estrategia de mantenimiento. La alta frecuencia de fallas del TCM, debido a la exposición a la intemperie, el cual sufrió daños por el polvo y a la lluvia, evidencia la necesidad de un cambio en la reubicación del módulo, guiada por el análisis de las causas de esta falla y validada con el fallo de este TCM y la parada de la operación de los camiones cuando este fallo aparecía, todo esto resultó en una mejora significativa en la confiabilidad y disponibilidad de los camiones 794AC. También se pudo observar que el monitoreo continuo de KPI's, la utilización de herramientas de diagnóstico y la documentación meticulosa, permitieron verificar la eficacia de la intervención y demostrar una reducción sustancial en los costos de mantenimiento. La resolución de problemas y la gestión eficiente de recursos, contribuyeron a la implementación exitosa del proyecto, mejorando significativamente el rendimiento y la rentabilidad de la operación minera. Enfocándonos en el mantenimiento en general se vio que usando distintas plantillas dadas por el fabricante (todo bien detallado con los pasos a seguir) para la revisión de los camiones, todo esto para prevenir posibles fallas futuras, también el enfoque en la seguridad de los trabajadores; como supervisor se prioriza la seguridad usando diferentes plantillas como el check list de manos, la revisión de escaleras, el IPERC, etc. En resumen, el análisis muestra una clara transición hacia una gestión de mantenimiento más eficiente y basada en la prevención, con la reubicación del módulo como un ejemplo práctico de éxito.

5.6 Análisis costo – beneficio

Se analiza el impacto económico al reubicar el TCM a la cabina del operador en los camiones mineros 794AC, esta modificación busca una mejor confiabilidad de los equipos, reduciendo paros no programados y los costos que se derivan luego. A continuación, en la tabla 7 se brinda los datos considerados en el análisis y la inversión para la reubicación.

Tabla 7. Datos iniciales para el análisis costo – beneficio.

Concepto	Valor
Número de camiones	32
Horas operativas anuales por camión	6500 horas
MTBF antes – después de la reubicación	49.6 – 71.3 horas
Número de paradas anuales	Antes: 131 paradas por camión Luego: 91.1 paradas por camión
Costo por hora de indisponibilidad	\$ 300
Costo de mano de obra en mantenimiento no programado	\$160
Costos adicionales (materiales, trámites, gestión, etc.)	\$ 100
Costo total por parada en 1 hora	\$ 720
Mano de obra para la reubicación (4 técnicos - 5 horas por camión)	\$ 1600
Materiales y accesorios	\$ 200
Inversión total para los 32 camiones	\$ 57600

En la tabla 8 se muestra el análisis realizado de los beneficios respecto a lo económico del cambio de lugar del TCM, mostrando los datos y valores antes y después del cambio, como también una comparación de estos valores mostrando las diferencias y el ahorro que se obtuvo con la implementación del cambio de lugar del TCM.

Tabla 8. Comparación económica antes y después de la reubicación del TCM.

Concepto	Antes de la Reubicación del TCM	Después de la Reubicación del TCM	Diferencias
Número de paradas anuales por camión	131 paradas	91.1 paradas	Reducción del 30.4%
Costo total por parada (2 horas)	\$ 1440	\$ 1440	-
Costo anual por camión	\$ 188 640	\$ 131 184	Ganancia de \$ 57 456
Costo anual para los 32 camiones	\$ 6 036 480	\$ 4 197 888	Ganancia de \$ 1 838 592
Inversión de la reubicación	\$ 0	\$ 1800	\$ 1800 Inversión por camión y \$ 57 600 por toda la flota aproximadamente
Retorno de la inversión	-	-	≈ 0.4 meses

Como se puede observar en la tabla, la implementación del cambio en el TCM supone muchas ventajas económicas a lo largo del tiempo, recuperando toda la inversión inicial en aproximadamente en medio mes; además de estas mejoras en la economía, también afecta a los costos de las reparaciones correctivas, se mejora la vida útil y productividad de los equipos, en general mejora la eficiencia general del mantenimiento.

5.7 Aporte del bachiller en la empresa

En los siguientes puntos se muestra la aportación a la empresa:

5.7.1 Desarrollo de una solución innovadora

Se presenta una solución innovadora investigando y analizando datos pasados y presenciando el problema en la misma actividad como supervisor de una mina en Moquegua, este problema recurrente afectaba en la confiabilidad y disponibilidad de los camiones 794AC, la reubicación del Módulo de Control de Temperatura FMI9 del chasis a la cabina solucionó este problema recurrente, especialmente al presentarse lluvias por estas zonas. Este problema estaba registrado como una falla recurrente en los "Top Five" de la empresa. Se aplicó una metodología para el diagnóstico y reparación, asegurando la calidad del trabajo y la seguridad del personal, donde se analiza datos pasados y se consulta a expertos en el tema, para luego llegar a esta solución innovadora.

5.7.2 Generación de conocimiento

La solución de este problema genera más conocimiento para el futuro en la base de datos para mejorar el mantenimiento de estos camiones y así se pueda implementar esta solución en otros contextos o con otras máquinas de la mina en Moquegua o de otras minas donde Ferreyros brinda sus equipos. La información quedó registrada y sirve para futuras mejoras.

5.7.3 Gestión de recursos y coordinación

La reubicación del TCM requiere una gestión eficaz de recursos. Se gestiona toda la adquisición de materiales, su entrega en el tiempo oportuno, y la coordinación eficiente entre los diferentes departamentos involucrados (almacén, logística, seguridad, etc).

5.7.4 Seguridad

Se refuerza las medidas de seguridad, incluyendo el uso correcto de Equipos de Protección Personal (EPP), análisis de riesgos (IPERC) antes de cada tarea, así como otros formatos ya

mencionados en el documento, pero la seguridad no solo se limita a la implementación de medidas, sino que también incluye la capacitación del equipo de mantenimiento sobre procedimientos de seguridad, el correcto uso de las herramientas y equipos, y la importancia de la prevención de accidentes.

5.7.5 Gestión de mantenimiento

No solo se supervisa la reparación de fallas, sino que hay una participación activa en la planificación del mantenimiento preventivo y predictivo, donde se utilizan técnicas de diagnóstico para identificar fallas y realizar reparaciones efectivas, como diagramas de Gantt, el Sigma donde se cargaban las fallas pasadas (todo lo que la empresa tenía para aplicarlo), las diversas plantillas dadas para la identificación de fallas en algún componente del camión 794AC donde se usó las mismas plantillas, software especializado y un sistema de monitoreo de los Indicadores Clave de Rendimiento (KPI's) relacionados con la confiabilidad (MTBF), disponibilidad, y tiempo medio de reparación (MTTR). Este seguimiento continuo permite evaluar el éxito de sus intervenciones y la eficiencia del proceso de mantenimiento. A groso modo se supervisa al equipo de mantenimiento, garantizando el cumplimiento de estándares de calidad, seguridad y los procedimientos establecidos todo esto para maximizar la disponibilidad de la flota de camiones y reducir recursos y costos en mantenimiento.

CONCLUSIONES

Se obtuvo las siguientes conclusiones del trabajo de suficiencia profesional que trata de la reubicación de módulo de control de temperatura para optimizar la confiabilidad de los camiones 794AC en una mina de Moquegua:

Se logró reubicar con éxito el módulo de control de temperatura del chasis del camión a la cabina, reduciendo significativamente los fallos causados por la exposición al polvo y la lluvia, desde marzo que fue la reubicación del TCM hasta el pico más alto que fue el mes de agosto. Se obtuvo un 44% de porcentaje de mejora, los datos reflejan el aporte a la confiabilidad de los camiones 794AC; también se pudo observar el aumento del tiempo medio entre fallas, más aún en un trabajo de mina, donde es crucial mantener la operación continua y minimizar el tiempo de inactividad.

Un correcto manejo de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, que incorpora diversas listas de verificación y procedimientos detallados, se implementa de manera efectiva. Esto resulta en la detección temprana y mitigación proactiva de posibles problemas, como también la supervisión de la reparación de fallas en el mismo instante.

Se logró una mejora económica según el análisis realizado, al reducir el número de paradas por mantenimientos no programados, aunque supone una inversión inicial, esta se recupera aproximadamente en medio mes, lo que hace viable económicamente la implementación de esta estrategia para optimizar la confiabilidad operativa y reducir los costos de mantenimiento.

Se toma medidas de seguridad rigurosas, incluyendo IPERC, IPERC Continuo, Check List de manos, revisión de escaleras, entre otras; todo esto resulta en un ambiente de trabajo más seguro para la prevención de accidentes.

El proyecto utiliza eficazmente el análisis de datos, incluyendo informes de fallos Top Five y el monitoreo de KPI, para tomar decisiones informadas y demostrar la efectividad de las mejoras implementadas.

RECOMENDACIONES

Del trabajo de suficiencia profesional, con respeto y consideración, se presenta las siguientes recomendaciones:

Se debe mantener un monitoreo constante del módulo de control de temperatura reubicado y una evaluación continua de los KPI's para asegurar el éxito a largo plazo e identificar posibles mejoras futuras.

Compartir las estrategias exitosas y mejores prácticas descritas en este documento con otras operaciones mineras para asegurar la implementación generalizada de protocolos efectivos de mantenimiento y seguridad.

Establecer un proceso formal para revisar y actualizar los procedimientos de mantenimiento y protocolos de seguridad basado en el análisis continuo de datos y la experiencia operativa.

Ampliar la recolección de datos más allá de los KPI's actuales, para obtener una comprensión más integral del rendimiento de los camiones y mayores oportunidades de mejora. Esto podría implicar la recopilación de datos sobre costos operativos e impacto ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRESPO, A. The Maintenance Management Framework. Models And Methods For Complex Systems. Londres: Springer-Verlag, 2007. 341 pp. ISBN: 978-1-84628-820-3.
- FERREYROS CAT. Camiones para Minería: CAMIÓN MINERO 794. [fecha de consulta: 2 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ferreyros.com.pe/equipo/camion-minero-794/?parent=761>
- FERREYROS. Ferreyros S.A. [fecha de consulta 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ferreyros.com.pe/>
- FERREYROS. Historia. Ferreyros S.A. [fecha de consulta 5 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.ferreyros.com.pe/nosotros/acerca-de-ferreyros/historia/>
- GARCÍA, O. El mantenimiento general [en línea]. Boyacá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2006 [fecha de consulta: 25 de octubre del 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1297>
- GARCÍA, S. El Plan de Mantenimiento en Centrales Termosolares. España: Renovetec, 2012. 278 pp. ISBN: 978-84-616-1820-0.
- KNEZEVIC, J. Mantenibilidad. Madrid: Edison, 2016. 210 pp. ISBN: 84-89338-08-6
- Ley 29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 20 de agosto de 2011
- MEZA, E. Informe de Suficiencia Profesional y Competencias Desarrolladas en el Área de Servicios de la Empresa Ferreyros S. A. sucursales Ayacucho - Ica. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Continental, 2022. 129 pp. [fecha de consulta: 3 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12374>
- MINISTERIO de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE). Guía para la implementación del Reglamento de SST de los obreros municipales del Perú. 2020 [fecha de consulta: 26 de octubre de 2024]. Disponible en: www.gob.pe/mtpe

- MORA, L. Mantenimiento - planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo Editor, 2009. 513 pp. ISBN: 607707344X
- MOUBRAY, J. Mantenimiento centrado en confiabilidad. España : Aladon LLC, 2004. 450 pp. ISBN: 09539603-2-3.
- NAVARRO, L., Pastor, A. y Mugaburu, J. Gestión Integral de mantenimiento. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores, 1997. 116 pp. ISBN: 8426711219.
- PATTON, J. Preventive Maintenance. 2.º ed. USA: The International Society for Measurement and Control, 1995. 202 pp. ISBN: 9781556175336.
- POMPA, A. Diseño del proceso de planificación y programación para incrementar la mantenibilidad de la flota de camiones CAT 793C de mantenimiento mina. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2018. 126 pp. [fecha de consulta: 16 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/14566>
- REYNOSO, J. Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Huancayo: Universidad Continental, 2021. 144 pp. [fecha de consulta: 1 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9748>
- SAMANIEGO, J. Diseño de Indicadores de Rendimiento (KPI), para la mejora de los procesos del área de mantenimiento de Equipo Caminero en la empresa Progecon S. A. Proyecto Técnico (Título de Ingeniero Industria). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2021. 96 pp. [fecha de consulta: 10 de octubre de 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20777>
- VARGAS, P. Programa de mantenimiento para la maquinaria pesada de la zona vial 11, de caminos, en el Departamento de Izabal. Tesis (Tesis de Ingeniería Mecánica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 166 pp. [fecha de consulta: 11 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://biblio.ingenieria.usac.edu.gt/library/index.php?title=3201&lang=%20%20&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@subheadings=MANTENIMIENTO%20@mode=&recnum=741>

ZEGARRA, M. Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. Revista Científica Ciencia y Desarrollo [en línea]. Abril, 2016, 19(1), 25 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2024]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v19i1.1219>

ANEXOS

Anexo 01. Especificaciones Técnicas del camión minero 794AC.

MOTOR		
Modelo de motor	Cat C175-16	
Potencia bruta: SAE J1995:2014	2.610 kW	3.500 hp
Potencia neta: SAE J1349:2011	175 mm	6,9"
Velocidad nominal	1.800 rpm	
Tasa de emisiones	Optimización de combustible	
Perforación	175 mm	6,9"
Carrera	220 mm	8,7"
Cilindrada	85 L	5.187 pulg³
+ La potencia neta anunciada es la potencia disponible en el volante cuando el motor está equipado con sistema de admisión de aire, sistema de escape y alternador.		
+ Clasificaciones de potencia optimizada de combustible: 2.312 kW/3.100 hp; 3.688 kW/2.750 hp		
+ Tier 4 final de la EPA de EE. UU./Stage V de la UE disponible para los mercados correspondientes con opción de clasificación de potencia adicional de 3.688 kW/2.750 hp		
+ Opción de configuración de motor de altitud elevada disponible con opción de clasificación de potencia adicional de 2.312 kW/3.100 hp		

PESOS: APROXIMADOS		
Peso bruto nominal de la máquina (RGMW)	521.631 kg	1.150.000 lb
Peso del chasis (CW)	193.338 kg	426.237 lb
Peso de la caja (BW)	29.187 kg	64.346 lb
Carga útil nominal (NRP)	297 ton métricas	327 tons EE.UU.
+ Comuníquese con el fabricante de los neumáticos para conocer la carga máxima.		
+ Peso del chasis con tanques de combustible y fluidos llenos, accesorios estándar y obligatorios, dispositivo de levantamiento, grupo de montaje de la caja, llantas y neumáticos.		
+ Consulte la Política de sobrecarga para camiones mineros Cat 10/10/20 (AEXQ0250) para conocer las limitaciones de peso bruto máximo de la máquina.		

DISTRIBUCIONES DEL PESO: APROXIMADAS		
Eje delantero: vacío	49 %	
Eje trasero: vacío	51 %	
Eje delantero: con carga	33 %	
Eje trasero: con carga	67 %	

DISPOSITIVOS DE LEVANTAMIENTO DE CAJAS		
Cilindros hidráulicos dobles de dos etapas con válvula de amortiguación.		
Flujo de la bomba: velocidad alta en vacío	910 L/min	240 gal/min
Ajuste de la válvula de alivio: levantamiento	20.884 kPa	3.029 lb/pulg²
Tiempo de levantamiento de la caja: velocidad alta en vacío	23,5 segundos	
Tiempo de bajada de la caja: posición libre	21,4 segundos	
Disminución de la potencia de la caja: velocidad alta en vacío	17,5 segundos	
+ Cilindros hidráulicos dobles de dos etapas montados dentro del bastidor principal; cilindros de doble acción en ambas etapas.		
+ Elevación y disminución de la potencia en ambas etapas.		
+ La baja modulación de la caja automática reduce el impacto en el bastidor.		

SISTEMA DE MANDO DE CA		
Relación de reducción total	35:1	
Velocidad ascendente (cargado)	60 km/h	37 mph
Generador/alternador	Sin escobillas, de montaje en el motor y cojinete doble Cat	
Controles IGBT	Gabinete presurizado con filtración, enfriamiento por aire y tecnología de inversor IGBT Cat	
Motor de ruedas	Inducción CA Cat, montado en el eje trasero	
Sistema de enfriamiento	Sistema de enfriamiento de accionamiento hidráulico de velocidad variable Cat	

Nota: tomada de Ficha Técnica de 794AC -
https://static.ferreyros.com.pe/fcsaprdrferreyros01/2024/10/794-Brochure.pdf?_gl=1*1sqkb3s*_gcl_au*MTk0ODQ5Nzk3My4xNzM1MTkwNzgx

Anexo 02. Inspección de escaleras.



*Anexo 1
Procedimiento HSE 2.14
Revisión: Agosto 2016
Página 1 de 1

ANEXO 1

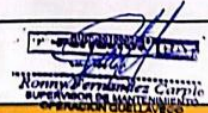
INSPECCIÓN DE ESCALERAS													
Empresa Contratista		FERREYROS S.A.							N° Contrato				
Área de Trabajo		Mantenimiento							Fecha		12/12/2021		
Supervisor o Inspector Competente		Juan Carlos Rodríguez							Color del Mes		Amarillo		
CRITERIOS DE INSPECCIÓN													
- Cada escalera debe recibir una inspección inicial con anterioridad a poner en el servicio y cada mes (usar códigos de Color), usar "OK" para Buena y "F" para Falla - Devolver una copia de esta inspección al Dpto. de HSE. - Todas las escaleras defectuosas deben etiquetarse y retirarse del servicio		Anillada o anclada adecuadamente	Hendiduras en madera o fibra de vidrio, astillas	Tratamiento preventivo para escaleras de madera	Rigidez: Condición de pedales	Inclinación correcta (4 a 1)	Abolladuras o Encostraduras	Zapatas antideslizantes	Estado de las cuerdas de extensión	Instalación de cuerdas de tensión correctas	Altura adecuada	Orden y limpieza	Plan de Acción (responsable y fecha de cumplimiento)
Truck Shop	ESC MA 12-P	/	N.A	N.A	/	/	N.A	/	N.A	N.A	/	/	
Truck Shop	OK RL 3P	/	N.A	N.A	/	/	N.A	/	N.A	N.A	/	/	
Truck Shop	OK TJS 023	/	N.A	N.A	/	/	N.A	/	N.A	N.A	/	/	

Anexo 03. Planilla de traspaso de equipo.

 AngloAmerican		FOR 0069_PLANILLA DE TRASPASO DE EQUIPO				F17-GM-OPQCO-F-001 VERSION: 02 FECHA DE APROBACIÓN: 30/08/2023			
A. ÁREA QUE SOLICITA EL BLOQUEO									
Gerencia/Superintendencia: AS&R / MANTENIMIENTO		Motivo de solicitud de Aislamiento y Bloqueo: <i>Desmontaje de rueda RH camion HTO10</i>				Vigencia de traspaso			
						Inicio de traspaso		Fin de traspaso	
						Fecha	Hora	Fecha	Hora
						<i>12/12/24</i>	<i>20:00</i>	<i>12/12/24</i>	<i>20:10</i>
Líder de bloqueo (Nombre y apellidos)		Supervisor / Líder de trabajo (Nombre y apellidos)		Empresa Contratista:					
<i>Edson Hual</i>		<i>Ronny Terando</i>							
Firma		Firma		Ronny Fernandez Carpio OPERACION QUELLAVECO					
B. AISLAMIENTO Y BLOQUEO DE LAS ENERGÍAS									
Energía	Punto de bloqueo	Aislamiento y Drenaje de energía residual		Bloqueo y prueba de energía cero				Auditoría	
		Maniobra de Aislamiento	Responsable	Bloqueo y Prueba de energía cero	Maniobra de drenaje de energía residual	Responsable	Hora de Bloqueo y Prueba de energía cero		V'B* Líder de Bloqueo (firma)
<i>Electrica</i>	<i>master switch</i>	<i>Aislamiento y Bloqueo</i>	<i>E.H</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
				<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
				<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>

D.- PERSONAL AUTORIZADO					
Nombre y Apellido	Hora de Ingreso	FIRMA	Hora Salida	FIRMA	Observaciones
<i>Juan Carlos Rodriguez</i>	<i>20:06</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Merwin Bajarona Aleman</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Edson Hual Rubin</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Abraham Soñanaya</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Shon Pacheco Silvín</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Jose Puma A.</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	
<i>Soray Avancin</i>	<i>20:10</i>	<i>[Firma]</i>	<i>6:30</i>	<i>[Firma]</i>	

Anexo 04. Permisos de trabajo de pruebas y/o arranque.

¡LOS PERMISOS DE TRABAJOS DE PRUEBAS Y/O ARRANQUE NO PODRAN SER AUTORIZADOS POR MAS DE UN TURNO!				
N	PRECAUCIONES REQUERIDAS	SI	NO	N/A
1	El responsable del área, equipo, instalación y/o sistema que va ser intervenido ha evaluado el procedimiento para la realización del trabajo y/o prueba?	/		
2	Las herramientas y equipos que se utilizaron son apropiadas para el trabajo, se encuentra en buenas condiciones y el personal esta familiarizados con ellas?	/		
3	El equipo de protección personal es apropiado para hacer frente a los riesgos presentes en la labor, se encuentra en buen estado y los trabajadores conocen su uso.	/		
4	El personal del área y el personal encargado de las labores conocen los riesgos inherentes al equipo, instalaciones y sistemas, así como los provenientes del método del trabajo adecuado?	/		
5	¿Se encuentran bloqueados todos los mandos (seccionadores, interruptores, botoneras, fusibles, válvulas compuertas, etc) cuya operación errónea pueda significar peligro a las personas o la propiedad? Así mismo, que dentro de lo posible los circuitos han sido bloqueados en más de un punto.			/
6	Al término del trabajo las condiciones del equipo o área DEBEN HABER sido restituidas a su estado original, deben haberse repuesto las guardas y otros elementos de seguridad y el área debe quedar limpia y ordenada, libre de desperdicios, repuestos usados o derrames de líquidos.			/
7	Los trabajadores conocen el procedimiento del trabajo.	/		
8	Habrà un vigia disponible durante el proceso de trabajo.			/
9	Se ha comunicado a las personas del área sobre el trabajo a realizar.	/		
Supervisor de la Tarea: <u>Ronny Fernandez</u>		Firma:  RONNY FERNANDEZ GARRIDO SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO OPERACION DELTA VES		Fecha: 12/12 Hora: 20:00

Anexo 05. IPERC.

[illegible]

Anexo 06. IPERC Continuo.

"Trabajamos con seguridad, disfrutamos la vida, junto a nuestra familia en unidad"

IPERC CONTINUO		CODIGO AAG-QL-SHE-FOR-009
		VERSION 00
		FECHA DE APROBACION 28/10/2020

I. IDENTIFICACION DE LA TAREA:

NOMBRE DE LA TAREA O TRABAJO <u>Desmontaje de Rueda RH HTO10</u>	EMPRESA <u>FERREYROS S.A.</u>	FECHA <u>18/10/20</u>	HORA DE INICIO <u>20:00</u>	HORA DE FIN <u>6:30</u>
LUGAR DE LA TAREA <u>Truck Shop Bahia #3</u>	SUPERVISOR RESPONSABLE DEL TRABAJO <u>Romy Ferrnando</u>	CAPATAZ / LIDER DEL EQUIPO DE TRABAJO <u>Edson Hual</u>		

II. PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO

2) ES UNA TAREA RUTINARIA? (Trabajo identificado en el IPERC de línea base)

SI ☒ NO ☐

SI LA RESPUESTA ES "SI" IDENTIFIQUE EL PETS RELACIONADO A LA ACTIVIDAD

SI LA RESPUESTA ES "NO" ELABORE EL ATS (Análisis de Trabajo Seguro) DE LA TAREA

NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO (PETS)
PETS 794 AC Cambio de ruedas delanteras camion 794 AC

ANTES DE REALIZAR LA TAREA VERIFICAR QUE:

1) LOS TRABAJADORES HAN SIDO ENTRENADOS EN EL PROCEDIMIENTO (PETS)?

2) EL ATS HA SIDO REVISADO Y DIFUNDIRLO ANTES DE INICIAR LA TAREA

3) EL PELIGRO SE ENCONTRA DISPONIBLE PARA SER CONSULTADO DURANTE LA EJECUCION DE LA TAREA?

SI ☐ NO ☐ N/A ☐

**Nota: En caso de incumplirse alguno de los 3 items el trabajo no se inicia.*

III. PERMISO ESCRITO PARA TRABAJO DE ALTO RIESGO (PETAR):

SI LA TAREA INCLUYE ALGUNO DE LOS SIGUIENTES TRABAJOS DE ALTO RIESGO, VERIFICAR SI CUENTA CON EL PETAR ESPECIFICO CORRESPONDIENTE

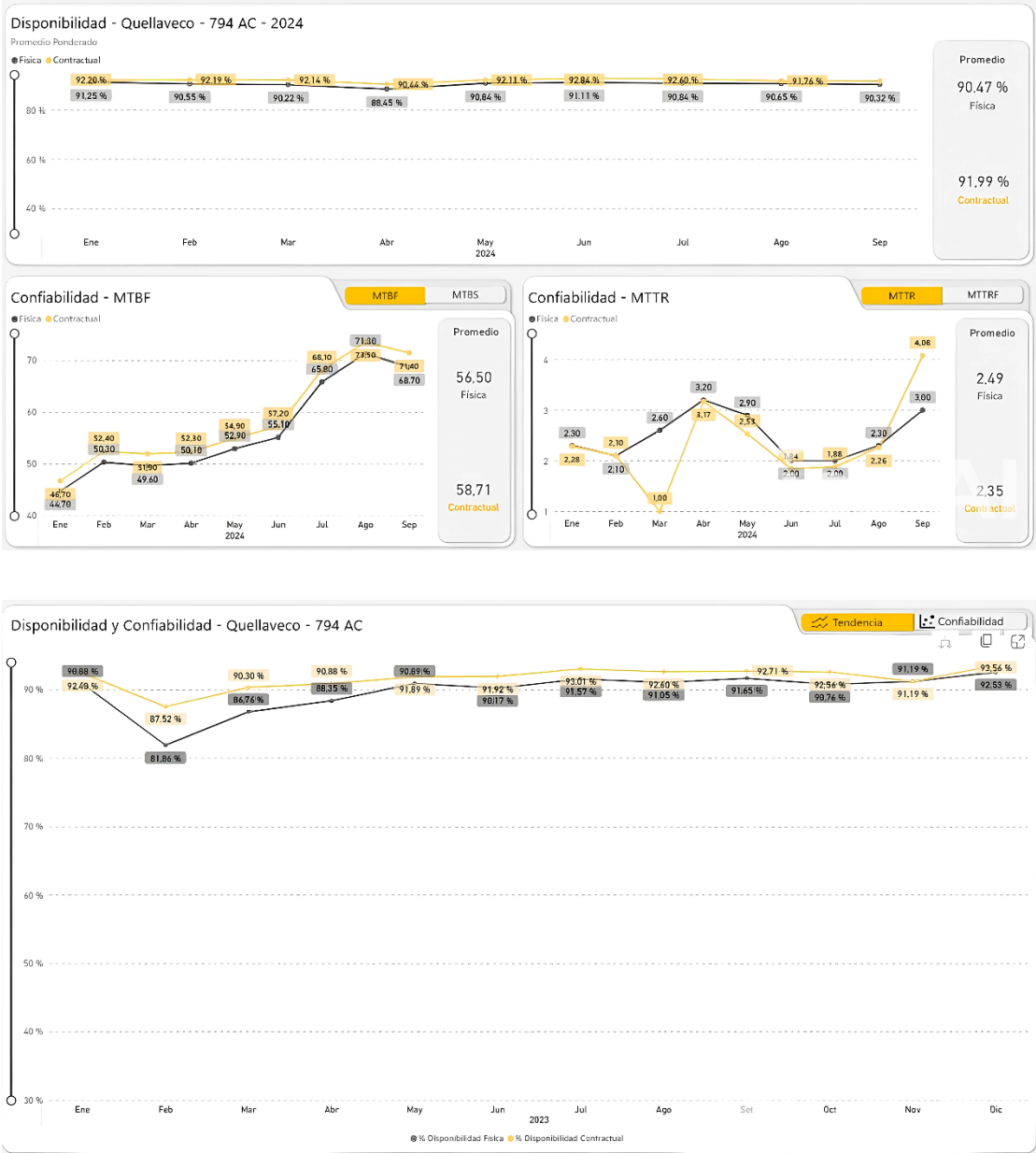
TRABAJOS EN ALTURA ☒ SI ☐ NO TRABAJOS EN CALIENTE ☐ SI ☒ NO AISLAMIENTO, BLOQUEO Y ETIQUETADO ☒ SI ☐ NO OTROS: (especificar) <u>N/A</u>	EXCAVACIONES Y ZANJAS ☐ SI ☒ NO ABERTURAS EN PISO (OPEN HOLE) ☐ SI ☒ NO	TRABAJOS ELECTRICOS EN ALTA TENSION ☐ SI ☒ NO TRABAJOS DE INSTALACION, OPERACION, MANEJO DE EQUIPOS Y MATERIALES RADIACTIVOS ☐ SI ☒ NO ESPACIOS CONFINADOS ☐ SI ☒ NO CAÍDAS CRÍTICAS ☐ SI ☒ NO
--	--	---

IV. IDENTIFICACION PRELIMINAR DE PELIGROS Y EVALUACION DE RIESGOS DE LA TAREA Y DEL ENTORNO

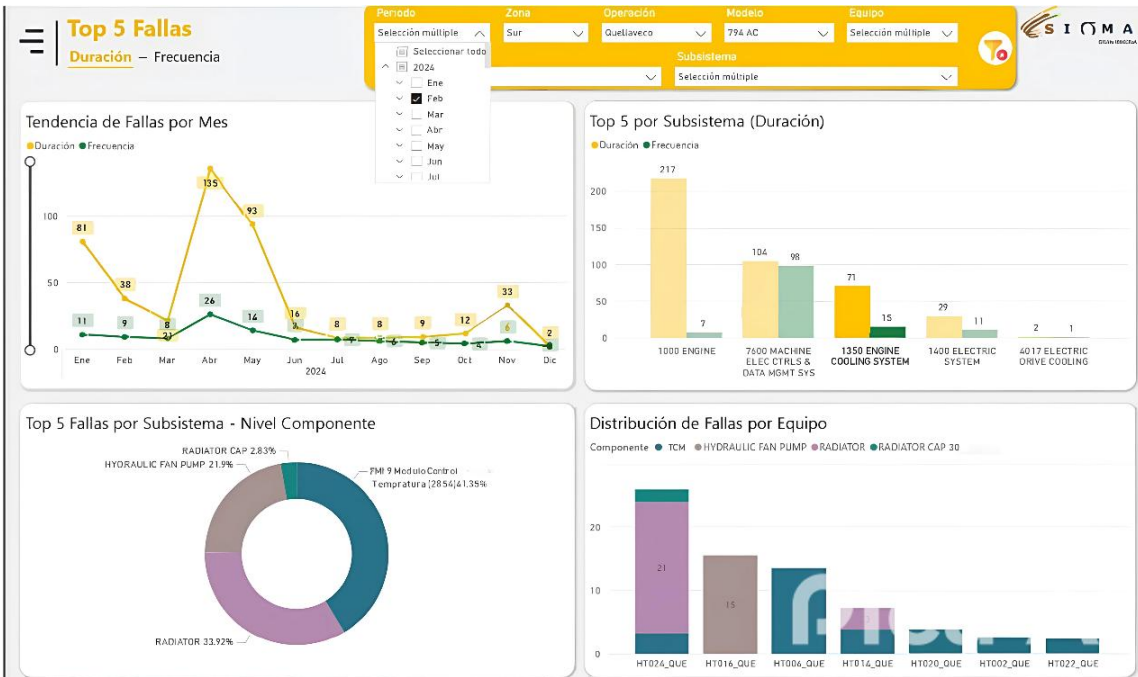
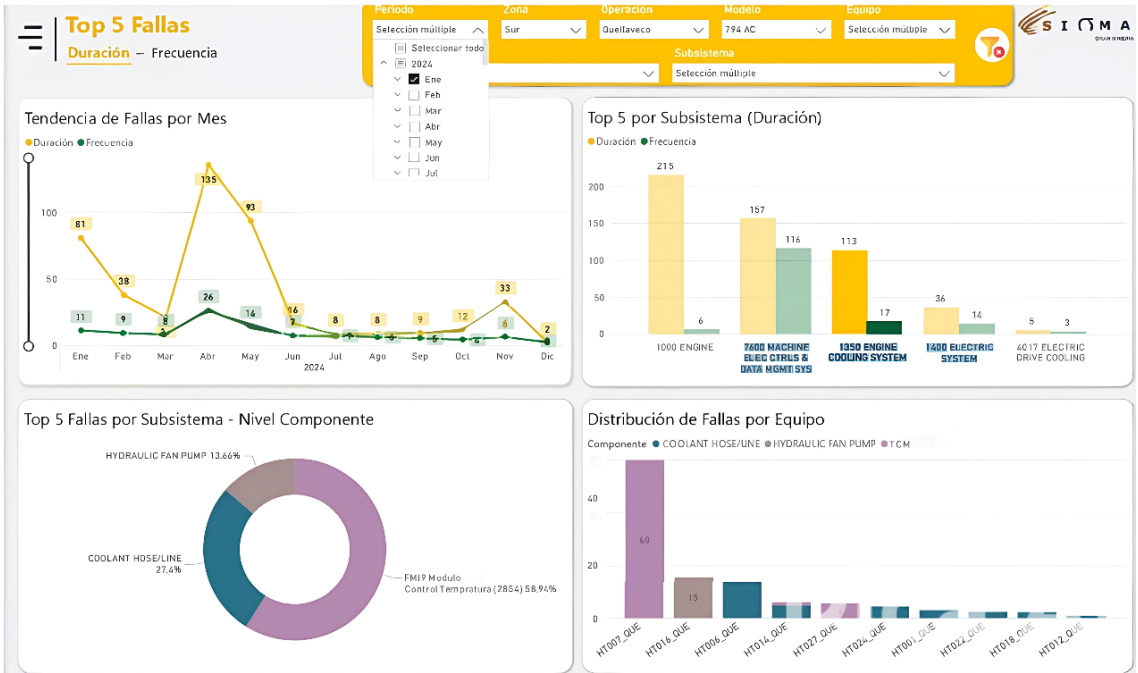
PELIGROS Y RIESGOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL, ASOCIADOS A LA TAREA (En caso la respuesta sea "SI", en la sección V deberá identificar el peligro, evaluar el riesgo y establecer controles que va a adoptar)	SI	NO	N/A
RIESGO DE COLISION POR OPERACION DE VEHICULO URBANO O EQUIPO PESADO	☒	☐	☐
RIESGO DE ATRAPAMIENTO POR MANIPULACION DE HERRAMIENTAS O EQUIPOS ENERGIADOS	☒	☐	☐
RIESGO DE DESCARGA ELECTRICA POR EJECUCION DE TRABAJOS CON EQUIPOS ENERGIADOS	☒	☐	☐
RIESGO DE CONTACTO CON Y/O INHALACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS	☒	☐	☐
RIESGO DE EXPLOSION, INCENDIO O COMBUSTION ESPONTANEA	☒	☐	☐
RIESGO DE ASFIXIA Y/O ATRAPAMIENTO POR EJECUCION DE TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS	☒	☐	☐
RIESGO DE CAIDAS A DISTINTO NIVEL POR EJECUCION DE TRABAJOS EN ALTURA	☒	☐	☐
RIESGO DE ADOPCION DE POSICIONES ANTERGONOMICAS POR TIEMPOS PROLONGADOS	☒	☐	☐
RIESGO DE FATIGA POR EJECUCION DE TRABAJOS MONOTONOS POR TIEMPOS PROLONGADOS	☒	☐	☐
RIESGO DE EXPOSICION A FUENTES RADIACTIVAS	☒	☐	☐

PELIGROS Y RIESGOS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL, ASOCIADOS AL ENTORNO (En caso la respuesta sea "SI", en la sección V deberá identificar el peligro, evaluar el riesgo y establecer controles que va a adoptar)	SI	NO	N/A
EXISTEN TAREAS SIMULTANEAS EN EL MISMO NIVEL O DIFERENTE NIVEL EN LA MISMA AREA?	☒	☐	☐
EXISTEN CONDICIONES CLIMATICAS ADVERSAS (TORRENTA / LLUVIA / NEBLINA)?	☒	☐	☐
EXISTE PROBABILIDAD DE CONTACTO CON PARTES EN MOVIMIENTO / ATRAPAMIENTOS?	☒	☐	☐
EXISTE PROBABILIDAD DE CONTACTO CON SUSTANCIAS QUIMICAS / RESIDUOS PELIGROSOS?	☒	☐	☐
EXISTEN ACTIVIDADES CON CARGAS SUSPENDIDAS EN EL AREA DE TRABAJO?	☒	☐	☐
EXISTE FUENTE DE ENERGIA CERCANA A CONTACTO ELECTRICA, NEUMATICA, HIDRAULICA, TERMICA, ETC?	☒	☐	☐
EXISTE PRESENCIA Y/O CONTACTO CON FLUIDOS EXOTICOS (GASOLINA) A ALTA/BAJA PRESION O TEMPERATURA?	☒	☐	☐
EXISTEN ABERTURAS EN EL PISO (OPEN HOLE)?	☒	☐	☐
EXISTE Poca VISIBILIDAD / ILUMINACION?	☒	☐	☐
EXISTE EXPOSICION A EQUIPOS O MAQUINARIA EN MOVIMIENTO?	☒	☐	☐

Anexo 07. Kpi's.



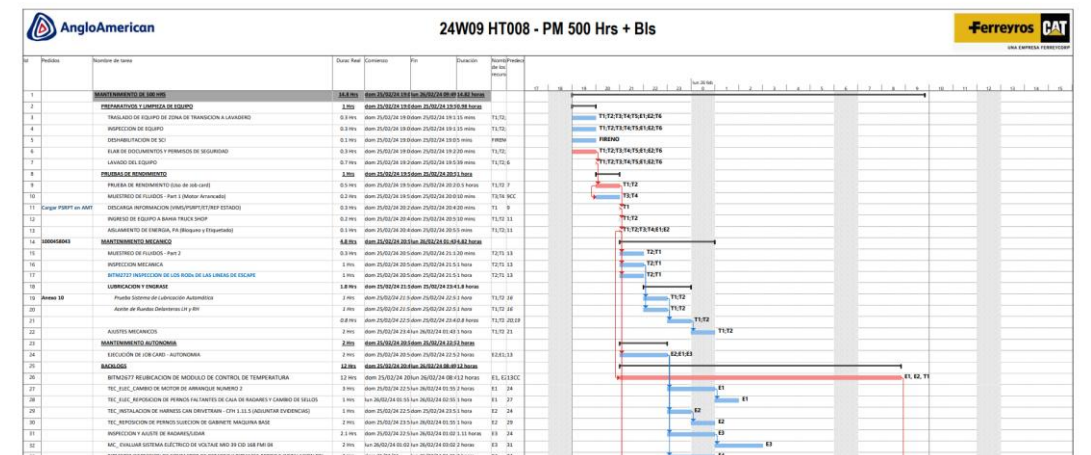
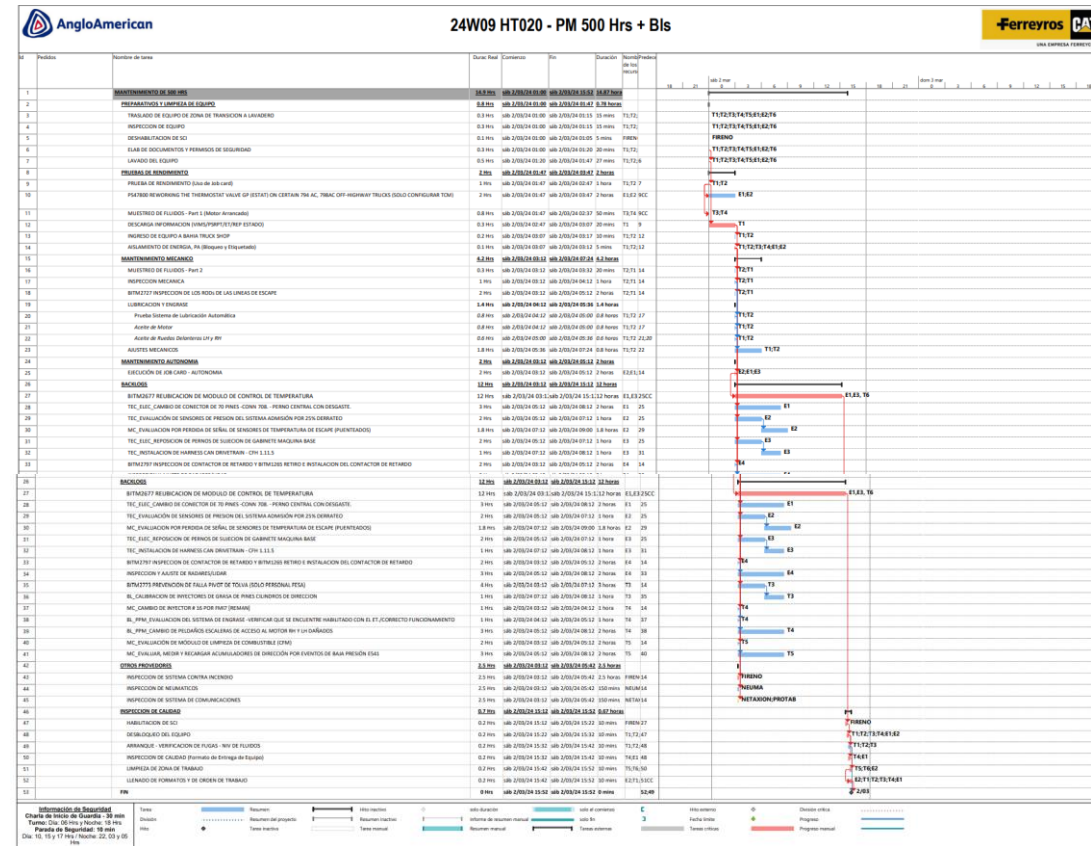
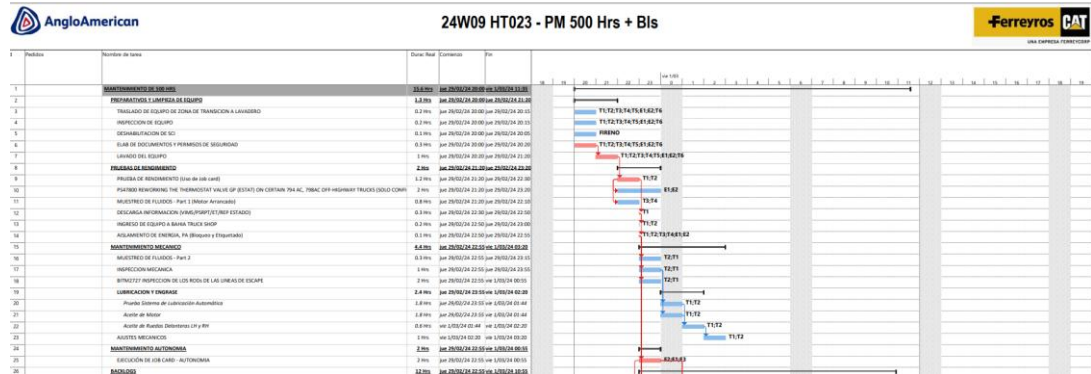
Anexo 08. Top Five (enero-febrero-marzo).



Anexo 09. Formato de ficha de revisión documentaria.

FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA	
Documento	
Lugar	
Contexto	
Año	
Destino	
Finalidad (público o privado)	
Resumen del Documento	
Objetivo	
Resumen/Resultados Principales/Conclusiones	
Análisis Crítico	
Extraído de	

Anexo 10. Diagramas de Gantt.



Anexo 11. Reubicación del módulo de control de temperatura.

