

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Diseño de un plan de mantenimiento preventivo
programado para mejorar la disponibilidad y
confiabilidad de la flota de camiones 797F en el
proyecto operaciones Mina Toquepala de la empresa
Ferreyros S. A.**

Johnny Rosemberg Pachao Carbajal

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mi madre, que con su apoyo constante y entusiasmo, me brindó la fuerza para alcanzar esta meta profesional.

A mi esposa e hijos, que aportaron día a día para la culminación de este gran trabajo.

A mis hermanos, que aportaron su cariño y paciencia y, a todos aquellos, que me ayudaron en esta gran lucha de ser profesional.

DEDICATORIA

A Dios, que en más de una ocasión me guio y me brindó fuerzas para seguir adelante, a veces utilizando como instrumento a algunas de las personas que me rodean.

A mi madre, Isabel Carbajal, por ser ejemplo tanto a nivel profesional como personal.

A mis hermanos, Mary, Augusto, Walter y Ronald, porque siempre han sido más que hermanos, mis mejores amigos, y muchas veces han calmado mis malestares con sus risas y juegos, con ustedes nunca dejé de ser niño.

A mi esposa, Roxana Bellido, que aportó mucho en el crecimiento familiar, por su responsabilidad y dedicación.

A mis hijos, Piero, Iker y Patrick, que son el motor y motivo que me impulsa a seguir creciendo en todos los aspectos.

A cada uno de ustedes, reconozco el aporte hecho para la culminación de este trabajo, así haya sido una palabra de aliento, un chiste malo, una broma, un gesto de cariño, un regaño, un favor o el simple hecho de estar pendientes, saben que todo eso contribuyó a lo que ahora sostienen en sus manos.

ÍNDICE

Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xi
Resumen	xii
Introducción	xiii
CAPÍTULO I	15
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	15
1.1. Datos generales de la empresa.....	15
1.2. Principales actividades de la empresa.....	15
1.2.1. Actividades económicas	15
1.3. Reseña histórica de la empresa	16
1.4. Organigrama de la empresa	17
1.5. Misión, visión y valores	17
1.5.1. Misión	17
1.5.2. Visión.....	17
1.5.3. Valores	17
1.6. Bases legales o documentos administrativos	18
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales	18
1.7.1. Ubicación	18
1.7.2. Relieve y clima.....	20
1.8. Descripción del cargo y responsabilidades del bachiller en la empresa	21
1.8.1. Descripción del cargo.....	21
1.8.2. Responsabilidades del bachiller.....	22
1.8.2.1. Alta dirección	22
1.8.2.2. Gerentes y jefes	22
1.8.2.3. Supervisores	23
CAPÍTULO II	25
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	25
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional	25
2.1.1. Interrelación con otras áreas de la empresa	27
2.1.2. Activos físicos importantes	27
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional.....	28
2.2.1. Diagnóstico (Análisis FODA)	28

2.3. Objetivos de la actividad profesional.....	29
2.3.1. Objetivo general	29
2.3.2. Objetivos específicos.....	29
2.4. Justificación de la actividad profesional	30
2.4.1. Justificación teórica.....	30
2.4.2. Justificación real.....	30
2.4.3. Justificación ambiental.....	31
2.4.4. Justificación económica	31
2.4.5. Justificación legal.....	31
2.5. Resultados esperados.....	31
CAPÍTULO III.....	33
MARCO TEÓRICO	33
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas.....	33
3.1.1. Mantenibilidad	33
3.1.2. Mantenimiento	33
3.2. Tipos de mantenimiento	33
3.2.1. Mantenimiento predictivo	34
3.2.2. Mantenimiento preventivo	35
3.2.3. Mantenimiento correctivo	36
3.2.3.1. Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado	36
3.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)	37
3.3.1. Conceptos del RCM	37
3.3.2. El contexto operacional	37
3.4. Indicadores de gestión de mantenimiento.....	38
3.4.1. Indicadores primarios de mantenimiento.....	38
3.4.1.1. Disponibilidad	38
3.4.1.2. Confiabilidad	39
3.5. Gestión de mantenimiento	41
3.5.1. Etapas de la gestión de mantenimiento.....	41
3.6. Mejora continua o Kaizen	42
3.6.1. Mantenimiento autónomo.....	42
3.6.2. Mantenimiento planificado.....	43
3.6.3. Mantenimiento de la calidad	44
3.6.4. Plan anual de mantenimiento.....	45
3.7. Indicadores clave de desempeño (KPI)	45
3.7.1. Indicadores de clase mundial.....	46
3.7.1.1. Tiempo medio entre fallas	46

3.7.1.2. Tiempo medio entre reparación	46
3.7.2. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).....	46
3.8. Camión minero 797F Caterpillar	47
3.8.1. Dimensiones.....	48
3.8.2. Características del 797F	49
3.8.3. Tren de fuerza	50
3.8.3.1. Motor.....	50
3.8.3.2. Diseño	50
3.8.3.3. Cumple con los requisitos de la EPA.....	50
3.8.3.4. Vida útil prolongada	51
3.8.3.5. Sistema de combustible de riel común Cat	51
3.8.3.6. Sistema de enfriamiento	51
3.8.3.7. Motor de arranque	51
3.8.4. Sistema de frenado	51
3.8.4.1. Sistema de frenado integrado.....	52
3.8.4.2. Frenos de discos múltiples enfriados por aceite	52
3.8.4.3. Diseño de los frenos	52
3.8.4.4. Vida útil prolongada	53
3.8.4.5. Freno de estacionamiento	53
3.8.4.6. Control automático del retardador hidráulico (ARC).....	53
3.8.5. Tren de potencia.....	53
3.8.6. Convertidor	54
3.8.7. Transmisión.....	58
3.8.8. Puertos de testeos de la transmisión	59
3.8.9. Cabina del operador	60
3.8.9.1. Entorno del operador	62
3.8.9.2. Diseño ergonómico.....	62
3.8.9.3. Área de visibilidad.....	62
3.8.10. Sostenibilidad	62
3.8.10.1. Características de la sostenibilidad	63
3.8.10.2. Motores con tecnología avanzada.....	63
3.8.10.3. Tecnología de superficie avanzada (AST)	63
3.8.10.4. Eficiencia del combustible.....	64
3.8.11. Respaldo al cliente	64
3.8.11.1. El compromiso marca la diferencia	64
3.8.11.2. Capacidad del distribuidor.....	64
3.8.11.3. Respaldo al producto	65

3.8.11.4. Respaldo de servicio	65
3.8.11.5. Conocimiento acerca de la aplicación.....	65
3.8.11.6. Operación	65
3.8.12. Facilidad del servicio	65
3.8.12.1. Facilidad de reparación.....	66
3.8.12.2. Acceso dentro de los bastidores.....	66
3.8.12.3. Acceso a nivel del suelo	66
3.8.12.4. Lubricación automática	66
3.8.12.5. Conectores eléctricos sellados	67
3.8.13. Seguridad.....	67
3.8.13.1. Seguridad del producto	67
3.8.13.2. Acceso y salida	67
3.8.13.3. Sistema Cat Detect	68
3.8.13.4. Política de sobrecargas	68
3.8.13.5. Características de seguridad adicionales	68
3.8.13.6. Caja de aislamiento.....	68
CAPÍTULO IV	69
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	69
4.1. Descripción de las actividades profesionales.....	69
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales	69
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales.....	71
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales	71
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	72
4.2.1. Metodologías.....	72
4.2.2. Técnicas	72
4.2.2.1. Observación directa	72
4.2.2.2. Entrevistas	73
4.2.2.3. Encuestas	73
4.2.2.4. Análisis de criticidad	73
4.2.3. Instrumentos.....	73
4.3. Ejecución de las actividades profesionales	74
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.....	74
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	74
CAPÍTULO V	76
RESULTADOS	76
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas	76
5.1.1. Disponibilidad y utilización en camiones 797F.....	76

5.1.2. Tiempo medio entre fallas para camiones 797	79
5.1.3. Programa de cambio de componentes de camiones 797F.....	81
5.1.4. Salud de los componentes mayores de camiones 797F	81
5.2. Logros alcanzados	82
5.3. Dificultades encontradas	82
5.4. Planteamiento de mejoras	82
5.4.1. Metodologías propuestas	82
5.4.2. Descripción de la implementación	83
5.4.2.1. Optimización en la gestión de mantenimiento de sistemas, equipos y maquinarias	89
5.4.2.2. Capacitación y desarrollo técnico al personal	91
5.4.2.3. Objetivo 2021	92
5.4.2.4. Implementación de un programa de entrenamiento	92
5.4.2.5. Avance de nivel técnico	93
5.4.2.6. Certificación de personal	94
5.4.2.7. Ejecución de cursos	94
5.4.2.8. Optimización en la distribución e incremento de personal.....	95
5.5. Análisis	96
5.6. Aporte del bachiller en la empresa	97
Conclusiones	99
Recomendaciones	100
Lista de referencias	101
Anexos	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de Ferreyros, operación Toquepala	17
Figura 2. Integración de los valores de Ferreyros.....	18
Figura 3. Imagen satelital de la mina Toquepala.....	20
Figura 4. Equipo de mantenimiento Ferreyros en la mina Toquepala	20
Figura 5. Ubicación geográfica de Toquepala.....	21
Figura 6. Flota de equipos Caterpillar – Toquepala.	26
Figura 7. Diagnóstico FODA	29
Figura 8. Camión minero 797F Caterpillar.	48
Figura 9. Dimensiones del camión minero 797F Caterpillar.	48
Figura 10. Características del 797F.....	49
Figura 11. Tren de fuerza – motor.....	50
Figura 12. Sistema de frenado.....	52
Figura 13. Tren de potencia.	53
Figura 14. Convertidor del tren de potencia.	55
Figura 15. Componentes del convertidor de torque.....	57
Figura 16. Transmisión.	58
Figura 17. Puertos de testeo de la transmisión.	60
Figura 18. Cabina del operador.	61
Figura 19. Sostenibilidad.	63
Figura 20. Respaldo al cliente.	64
Figura 21. Facilidad del servicio.	66
Figura 22. Seguridad.....	67
Figura 23. Diagrama de Jack Knife de paradas de camiones por sistemas	70
Figura 24. Tipos de fallas en los subsistemas.....	71
Figura 25. Disponibilidad de flota por mes	76
Figura 26. Disponibilidad de flota por año.....	77
Figura 27. Diagrama de disponibilidad y utilización de la flota de Camiones 797F 2020.....	77
Figura 28. Tendencia de disponibilidad 2020	77
Figura 29. Tendencia de disponibilidad 2021	78
Figura 30. Disponibilidad flota 797F por mes.....	78
Figura 31. Diagrama de disponibilidad y utilización de la flota de camiones 797F - 2021	78
Figura 32. Disponibilidad de la flota de camiones 2021.	79
Figura 33. Diagrama MTBF para flota de camiones 797F 2020.	79
Figura 34. Diagrama MTBF para flota de camiones 797F 2021.	80
Figura 35. Capacitación y desarrollo técnico al personal	91

Figura 36. Certificación de personal	94
Figura 37. Cursos ejecutados	94
Figura 38. Asistencia a cursos.....	94
Figura 39. Ejecución de tareas	94
Figura 40. Optimización en la distribución e incremento de personal	95
Figura 41. Diagrama de flujo de la distribución del personal de mantenimiento.....	96
Figura 42. Diagrama de flujo del programa de planeamiento.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Temperatura ambiente por mes en Toquepala	21
Tabla 2. Equipos a cargo de Ferreyros	26
Tabla 3. Activos físicos de Ferreyros	27
Tabla 4. Enfoque de las actividades profesionales	69
Tabla 5. Cronograma de actividades realizadas	74
Tabla 6. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	75
Tabla 7. Plan de evaluaciones flota 797F - 6 pasos	75
Tabla 8. Principales paradas durante el 2020 de la flota de camiones 797F	80
Tabla 9. Principales paradas durante el 2021 de la flota de camiones 797F	81
Tabla 10. Programa de cambio de componentes de camiones 797F.....	81
Tabla 11. Características del aceite Mobil Delvac MX15W40 mineral.....	86
Tabla 12. Comportamiento actual de desgaste de aceite	87
Tabla 13. Proyección de desgaste en base a tendencia estadística	87
Tabla 14. Proyección de ahorro en insumos de PM	89
Tabla 15. Objetivo 2021.....	92
Tabla 16. Implementación de un programa de entrenamiento	92
Tabla 17. Avance de nivel técnico	93

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia tiene como objetivo principal mejorar la disponibilidad y confiabilidad operativa de la flota de camiones 797F en el proyecto de operación de mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A. mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo programado, ya que en el 2020 se presentaron varios inconvenientes como la baja disponibilidad en repuestos y personal, se manifestaron paradas imprevistas, entre otros.

Para llevar a cabo esta propuesta de mejora se realizó un diagnóstico de la situación actual del mantenimiento en la organización, recopilando información y registros de sus características, averías, indicadores de gestión de mantenimiento que permita controlar el nivel de cumplimiento de los programas que tiene la empresa. Se estableció una muestra que estuvo conformada por los equipos críticos que motivaron la justificación y la hipótesis del presente estudio, para desarrollar el marco teórico se recabó información de diferentes investigaciones relacionadas al tema propuesto.

La metodología que se desarrolló fue considerar investigaciones enfocadas a la gestión de mantenimiento basado en el TPM y, posteriormente, se realizó un estudio de la confiabilidad actual de los equipos críticos donde se obtuvo un 30 % por debajo de lo establecido y una disponibilidad del 87 %. Para medir el diagnóstico de resultados se estableció como indicadores: MTBF, KPI para la disponibilidad operativa y ratios de costo de mantenimiento por hora.

Se propusieron las siguientes mejoras: reducción de tiempo en el mantenimiento preventivo, disminución de cantidad de PM en la gestión de camiones, optimización en la gestión de mantenimiento de sistemas, equipos y maquinarias, capacitación y desarrollo técnico del personal, objetivo 2021, implementación de un programa de entrenamiento, avance de nivel técnico, certificación de personal, ejecución de cursos, optimización en la distribución e incremento de personal.

Finalmente, se concluye que el presente estudio es viable, ya que la disponibilidad y la confiabilidad de la flota de camiones 797F se incrementó considerablemente en 2021 en comparación con el 2020.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los clientes exigen que se respondan sus servicios contratados de manera rápida y eficiente. Para poder cumplir con estos objetivos, las empresas se valen de distintas estrategias con el fin de reducir costos y aumentar la productividad y eficiencia en sus procesos, con el propósito de adquirir ventaja competitiva en el rubro en el que se desempeña.

La gestión de mantenimiento es una actividad de gran importancia que toda empresa debe monitorear para mantener su activo fijo operable. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento esta ocasionará inevitables pérdidas por paradas imprevistas.

Por lo mencionado anteriormente, la propuesta en el presente informe tiene como objetivo reducir los tiempos de mantenimiento, costos y mejorar los tiempos de operatividad de sus equipos. La metodología aplicada para mejorar la gestión actual es la técnica de mantenimiento centrado en la disponibilidad y confiabilidad para los equipos de producción que se encuentran en la operación de la mina Toquepala.

En el capítulo I se presentan los aspectos generales de la empresa en donde se identifican los equipos estratégicos con altos costos de mantenimiento y gran nivel de producción que afecten a la empresa en caso de fallas o paros imprevistos. Luego se realiza un análisis de las principales fallas del equipo para luego realizar un nuevo plan de mantenimiento programado, definiendo las principales tareas a realizar por cada cierto tiempo de recorrido del equipo.

Capítulo II, aspectos generales de las actividades profesionales, se evidencia la gestión de mantenimiento como una actividad de gran importancia que toda empresa debe monitorear para mantener su activo fijo operable. Si una empresa carece de una buena gestión de mantenimiento esto ocasionará inevitables pérdidas por paradas imprevistas.

Capítulo III, marco teórico, presenta los antecedentes de la investigación y sus fundamentos teóricos. En ese sentido, se definirá al mantenimiento como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, inspecciones, ajustes, remplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción.

Capítulo IV, descripción de las actividades profesionales, que afirma que los subsistemas son los que poseen mayor criticidad, en consecuencia, se propone elaborar y aplicar un plan de mantenimiento para que se logre reducir el número y tiempo de paradas.

Capítulo V, resultados, se desarrolló el informe, analizando el sistema actual, detectando mejoras y plasmándolas en un nuevo sistema óptimo. Además, se evaluó la viabilidad de la nueva metodología implementada con la medición de los indicadores que hacen referencia a los tiempos entre fallas y tiempo de operatividad.

Luego, se presentan las conclusiones y recomendaciones, donde se plasmaron detalladamente las comparaciones entre antes y después de la implementación del diseño.

Por último, se incluye la lista de referencias usadas como apoyo de la investigación y anexos respectivamente.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de la empresa

- Tipo de contribuyente: Sociedad Anónima
- Nombre comercial: Ferreyros S. A.
- RUC: 20100028698
- Departamento: Lima
- Dirección legal: Jr. Cristóbal de Peralta Norte 820, Urb. San Idelfonso Lima - Lima - Santiago de Surco
- Inicio de actividades: 29/4/1987
- Número de trabajadores: 5000
- Gerente general: Gonzalo Díaz Pro desde enero de 2016, asumiendo a partir de julio de 2015 la Gerencia General Adjunta de la empresa.

1.2. Principales actividades de la empresa

1.2.1. Actividades económicas

Su actividad económica se dirige o centra, principalmente, en la venta de maquinaria a nivel nacional y por mayor. Así mismo, realiza el mantenimiento y reparación de los bienes tangibles como camiones, tractores, motoniveladoras, etc. En el ámbito nacional, Ferreyros tiene presencia a través de 12 sucursales en las ciudades de Piura, Lambayeque, Cajamarca, Trujillo, Chimbote, Huaraz, Huancayo, Cusco, Ica, Arequipa, Cerro de Pasco y Puno; así como a través de oficinas en Ayacucho, Talara, La Merced y Tumbes. La presencia en la zona oriente del país se da a través de la

subsidiaria Orvisa S. A., que cuenta con sucursales en Iquitos, Tarapoto y Pucallpa, con oficinas en Andoas, Bagua, Satipo y Puerto Maldonado (1).

Como parte de la reorganización, Ferreyros S. A. A. se transformó en Ferreycorp S. A. A., que asumió el rol corporativo en su calidad de *holding* del grupo, propietaria de todas las subsidiarias de la corporación, tanto las locales como las extranjeras. Por su parte, la compañía Ferreyros S. A. fue asignada a dedicarse exclusivamente a la comercialización de maquinaria, equipos y servicio posventa de la línea Caterpillar y sus marcas aliadas (2).

En el 2012, se procedió a realizar una reorganización corporativa. Antes del cambio, la empresa Ferreyros S. A. A. se dedicaba a las funciones operativas de una compañía distribuidora de bienes de capital y, adicionalmente, a un rol corporativo, que definía los lineamientos de todas las empresas de la organización. Esta nueva estructura organizativa está diseñada para permitir que cada una de las subsidiarias de la corporación se enfoque mejor en la propuesta de valor a sus clientes, logrando una mejor cobertura para atender las propias oportunidades de negocio y mejorar así sus capacidades operativas (3).

1.3. Reseña histórica de la empresa

Ferreyros es la empresa líder del país en el campo de la comercialización de medios de producción y la prestación de servicios en este campo. Miembro de la corporación Ferreycorp, distribuidora de Caterpillar y otras marcas reconocidas desde 1942. En 1922, Enrique Ferreyros Ayulo fundó la empresa Enrique Ferreyros y Cía. con un pequeño grupo de socios. Una sociedad limitada que aborde la comercialización de productos de consumo masivo dentro del primer año de operación. Después de 20 años, la empresa tuvo una transformación importante y decidió representar a Caterpillar Tractor Co. en Perú. Desde entonces, la empresa se ha diversificado en nuevas áreas de negocio y ha comenzado a redefinir su cartera de clientes, señalando el futuro de toda la organización. Veinte años después, en la década de 1960, otras líneas de maquinarias y equipos, como Massey Ferguson, autorizaron a sus representantes. Asimismo, la empresa se inscribió en la Bolsa de Valores de Lima en 1962, convirtiéndose en una empresa de amplia participación. Como resultado de la reorganización de Ferreyros S. A. A. transformada en Ferreycorp S. A. A., asumiendo el rol social de la casa matriz del grupo, junto con todas las filiales nacionales y extranjeras de la empresa. Por su parte, la empresa Ferreyros S.A. se dedica únicamente a la comercialización de maquinaria, equipos y servicios posventa para la línea de productos Caterpillar y marcas relacionadas. Esta nueva estructura organizacional ha sido diseñada para permitir a cada una de las filiales de la compañía enfocarse

mejor en su propuesta de valor para los clientes, lograr una mejor cobertura, enfocarse en las oportunidades de su propio negocio y así mejorar su desempeño (4).

1.4. Organigrama de la empresa

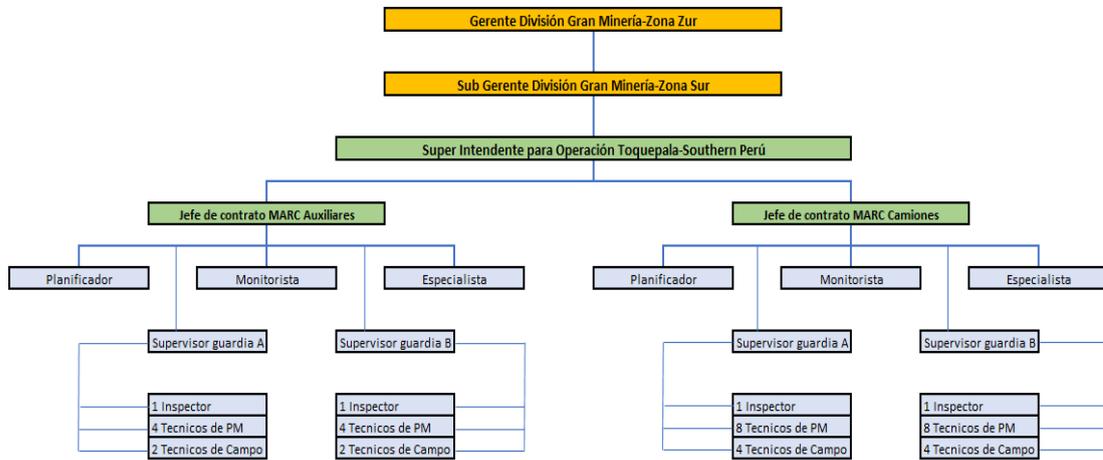


Figura 1. Organigrama de Ferreyros, operación Toquepala

1.5. Misión, visión y valores

1.5.1. Misión

Proveer las soluciones que cada cliente requiere facilitándole los bienes de capital y servicios que necesita para crear valor en los mercados en los que actúa (5).

1.5.2. Visión

Fortalecer nuestro liderazgo, siendo reconocidos por nuestros clientes como la mejor opción, de manera que podamos alcanzar las metas de crecimiento (5).

1.5.3. Valores

En Ferreyros, se busca la integración de los nuevos talentos con una sólida formación en valores y que puedan integrarse a este gran equipo, para compartir una cultura de éxito de más de 90 años (5). Se integra los valores de Ferreyros con la figura 2.



Figura 2. Integración de los valores de Ferreyros

1.6. Bases legales o documentos administrativos

- Ley N.º 26842 Ley General de la Salud
- Ley N.º 30222 Ley que modifica la Ley 29783
- Ley N.º 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- D. S. N.º 005-2012 TR Reglamento de la Ley N.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- D. S. N.º 024-2016-EM Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería
- R. M. 312-2011-MINSA Protocolo de Examen Médico Ocupacional
- R. M. 004-2014-MINSA Modificación del documento técnico de EMO
- R. M. N.º 480-2008-MINSA Listado de Enfermedades Profesionales (NTS 068)
- D. S. N.º 015-2005-SA Reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en los ambientes de trabajo
- R. M. N.º 375-2008-TR Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico

1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales

1.7.1. Ubicación

La empresa minera Southern Perú Copper Corporation, operación Toquepala, es un yacimiento minero ubicado en el sur del Perú. De acuerdo a la división política del Perú, se encuentra en:

Región: Tacna

Provincia: Jorge Basadre

Distrito : Ilabaya

La mina Toquepala es operada por Southern Perú Copper Corporation. El campo Toquepala, junto al campo Cuajone y la refinería Ilo, es una de las tres minas de la empresa en el sur del Perú (6).

La producción minera es principalmente de cobre. También se producen cantidades (en menor escala) de molibdeno y otros minerales. La mina Toquepala es una mina ubicada en el sur del Perú, de acuerdo con los límites políticos, en la región de Tacna de la provincia de Jorge Basadre en el distrito de Ilabaya .

La mina Toquepala es explotada por Cobre del Sur del Perú. El campo Toquepala, junto al campo Cuajone y la refinería Ilo, es una de las tres minas de la empresa en el sur de Perú. La producción minera es principalmente de cobre. También se producen cantidades (en menor escala) de molibdeno y otros minerales (7).

Ferreyros, como sede de la Operación Toquepala, cuenta con un campamento en las instalaciones de la mina Toquepala, cuyo principal objetivo es atender todas las necesidades y exclusividades de la mina, por ejemplo, contratación de equipos auxiliares, contratación de camiones 797F, contratos, servicio de garantía para todos los equipos Caterpillar, soporte técnico para hojas y taladros originales Bucyrus, así como almacenamiento de repuestos para reemplazo las 24 horas del día y los 7 días de la semana (8). Se consigna la integración de la imagen satelital en mina en la figura 3 y el equipo de mantenimiento en la figura 4.



Figura 3. Imagen satelital de la mina Toquepala. Tomada de Google Maps



Figura 4. Equipo de mantenimiento Ferreyros en la mina Toquepala

1.7.2. Relieve y clima

Jorge Basadre es una de las cuatro provincias de Tacna y es administrada por el Gobierno Regional de Tacna en el sur del Perú. Limita con Ilo y Moquegua al norte, Candarave al este, Tacna al sur y el Océano Pacífico al oeste. En la provincia de Jorge Basadre se encuentra la mina Toquepala, que es el principal centro metalúrgico de la provincia de Tacna y una de las minas de cobre más importantes del país. Su capital es la ciudad de Locumba (9). La ubicación geográfica se integra en la figura 5.

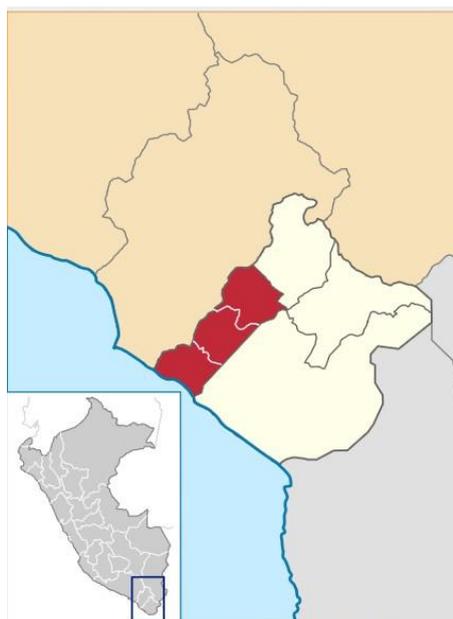


Figura 5. Ubicación geográfica de Toquepala. Tomada de Wikipedia

Se dice que Toquepala tiene un clima desértico. Generalmente no hay precipitaciones durante todo el año. Esta posición está clasificada como BWk por Köppen y Geiger. La temperatura media anual en Toquepala es de 12,8 °C. La menor precipitación se produce en abril. El promedio de este mes es de 0 mm. El promedio es de 21 mm, con la precipitación más intensa en febrero (10).

Las temperaturas son más altas en promedio en enero, alrededor de 14.6 °C. julio tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 10.3 °C. Durante el año, las temperaturas medias varían en 4.3 °C. Se muestra con datos históricos del tiempo en Toquepala (10). Se encuentra la temperatura de ambiente en la tabla 1.

Tabla 1. Temperatura ambiente por mes en Toquepala

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	14.6	14.6	14.2	13.2	11.8	10.6	10.3	11	12.2	12.8	13.7	14.4
Temperatura min. (°C)	7.5	7.6	7	5.5	3.8	2.2	1.8	2.6	4.1	4.6	5.6	6.6
Temperatura máx. (°C)	21.7	21.6	21.4	21	19.9	19.1	18.8	19.4	20.4	21.1	21.9	22.2
Temperatura media (°F)	58.3	58.3	57.6	55.8	53.2	51.1	50.5	51.8	54.0	55.0	56.7	57.9
Temperatura min. (°F)	45.5	45.7	44.6	41.9	38.8	36.0	35.2	36.7	39.4	40.3	42.1	43.9
Temperatura máx. (°F)	71.1	70.9	70.5	69.8	67.8	66.4	65.8	66.9	68.7	70.0	71.4	72.0
Precipitación (mm)	19	21	9	0	0	0	0	1	1	0	0	2

Nota: tomada de Climate Data Org

1.8. Descripción del cargo y responsabilidades del bachiller en la empresa

1.8.1. Descripción del cargo

- Operación: Toquepala
- Cargo: Supervisor de Mantenimiento

- Área: Mantenimiento de Mina

1.8.2. Responsabilidades del bachiller

La organización Ferreyros se preocupa por la calidad operativa y la satisfacción del cliente a través de sus procesos de mejora continua, así como brindar una protección integral y duradera a todos los colaboradores a través de su Política Global de Salud, Seguridad Ocupacional y Protección del Medio Ambiente, que permitirá alcanzar un rótulo de Sin Accidentes. Asimismo, es muy consciente de la necesidad de proteger el medio ambiente, por lo que ha desarrollado un programa de control ambiental acorde con los estándares internacionales.

Las responsabilidades para cada área son las siguientes:

1.8.2.1. Alta dirección

- Desarrollar una política de seguridad, salud, seguridad y proteger el medio ambiente.
- Proporcionar liderazgo global y motivación en toda la empresa.
- Facilitar el desarrollo, implementación y seguimiento de controles de seguridad, salud, seguridad y medio ambiente en toda la empresa.
- Dotar a los empleados de los recursos adecuados para trabajar con seguridad, formación y entrenamiento adecuado.
- Garantizar que los programas de salud y seguridad se midan periódicamente y cumplan plenamente con las normas y reglamentos de la empresa.
- Informar anualmente al Presidente y a la Junta Directiva sobre los objetivos alcanzados en materia de seguridad, salud y medio ambiente.

1.8.2.2. Gerentes y jefes

- Trabajar con profesionales de seguridad para organizar la capacitación y los recursos de seguridad adecuados.
- Asegurarse de que todos los empleados sigan todas las reglas, normas, reglamentos, procedimientos y prácticas de trabajo seguras descritas en los manuales pertinentes.
- Participar activamente en las revisiones periódicas del programa de seguridad.

- Asegurar que todos los empleados estén debidamente capacitados y educados.
- Como facilitador en todo lo relacionado con la seguridad y salud, la seguridad y salud y la gestión ambiental.

1.8.2.3. Supervisores

- Proporcionar los recursos necesarios para completar el trabajo según lo planificado (mantenimiento preventivo, inspecciones, reemplazo de piezas), coordinar con las áreas relevantes y participar en las reuniones de planificación diarias y semanales.
- Supervisar el desempeño de los trabajos asignados a su personal responsable, con énfasis en la seguridad, eficacia y eficiencia de este desempeño.
- Soporte técnico según la naturaleza del trabajo: antes, durante y después de la ejecución.
- Supervisar los incidentes informados por operaciones o mantenimiento del cliente (mantenimiento correctivo) y asignar los recursos necesarios al personal de campo.
- Mantener una comunicación fluida y clara con el Gerente de Mantenimiento, Gerente de Planificación y Confiabilidad, Gerente Ejecutivo con respecto al desarrollo del trabajo en sitio y en campo, así como un lenguaje informal y con los clientes externos.
- Promover una cultura de seguridad de Ferreyros entre los empleados.
- Liderar todas las actividades en la gestión del programa de seguridad de la región, en cumplimiento de las leyes y reglamentos de Ferreyros.
- Las demás funciones relacionadas con el cargo que le asigne el superior inmediato.
- Asegurar que todo el personal esté capacitado y capacitado de acuerdo con las competencias en seguridad, salud y medio ambiente.
- Asegurar que todos los empleados tengan la capacidad de identificar todos los peligros y evaluar los riesgos existentes en su lugar de trabajo y los aspectos e impactos ambientales.
- Asegúrese de que todos los empleados conozcan, comprendan y sigan todas las políticas y procedimientos de trabajo seguro.
- Asegurar que todos los trabajadores utilicen sus equipos de protección individual o EPI.

- Promover conductas positivas a favor de la seguridad, la salud y el cuidado del medio ambiente.
- Promover un ambiente de trabajo seguro y saludable.
- Participar activamente en inspecciones de salud, seguridad y medio ambiente, participar en investigaciones de accidentes y monitorear los hallazgos y recomendaciones.
- Advertir a la orden sobre las desviaciones de seguridad y recomendar las medidas de control necesarias para corregirlas.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

Hoy en día, los clientes demandan una respuesta rápida y eficiente a los servicios contratados. Para lograr estos objetivos, las empresas adoptan una variedad de estrategias para reducir costos, aumentar la productividad y la eficiencia de los procesos con el fin de obtener una ventaja competitiva en su campo de trabajo.

Así mismo, Toquepala es la mina con la mayor cantidad de palas eléctricas en el Perú, siendo 5 palas Bucyrus y 4 palas P&H. Así también, cuenta con la mayor flota de camiones mineros, 53 camiones Caterpillar y 32 camiones Komatsu. Teniendo una producción de 700,000 toneladas de material movido al día, aproximadamente.

En cuanto a equipo auxiliar se cuenta con una flota total de 61 equipos Caterpillar y 17 equipos de la marca Komatsu, entre los tipos de tractor sobre oruga, tractor sobre rueda, cargador frontal, excavadora y motoniveladora.

La gestión del mantenimiento es una actividad muy importante que toda empresa debe supervisar para mantener en funcionamiento sus activos fijos. La falta de una buena gestión de mantenimiento en su negocio conducirá a pérdidas inevitables debido a tiempos de inactividad imprevistos.

El área de mantenimiento se subdivide en dos jefaturas, mantenimiento eléctrico y mantenimiento mecánico donde, a su vez, se separa en tres áreas:

- Mantenimiento de palas y perforadoras.
- Mantenimiento de camiones (volquetes).
- Mantenimiento de equipos auxiliares.

Los trabajos de mantenimiento se llevan a cabo en los talleres de la minera en taller de volquetes y taller de flota auxiliar de la minera SPCC.

SPCC-Toquepala como estrategia de mantenimiento decide aplicar a concesión el mantenimiento de equipos de marca Caterpillar, mediante contratos MARC para las flotas de camiones y equipos auxiliares, rigiendo para la flota de camiones 797F desde enero del 2013 y para la flota de equipos auxiliares desde marzo del 2015, ambos vigentes hasta la actualidad. Se tiene los equipos a cargo de Ferreyros en la tabla 2.

En Toquepala se tienen los siguientes equipos a cargo de Ferreyros:

Tabla 2. Equipos a cargo de Ferreyros

Operación Toquepala		
Equipos	Camiones 797F	Camiones 794AC
Cantidad	31	4

Dentro de la flota de camiones mineros 797F son 31 camiones, siendo estos los más grandes y de mayor tonelaje en su tipo dentro de la marca Caterpillar, con capacidad de carga de 360 toneladas métricas. Se incorpora la flota de equipos en la figura 6.

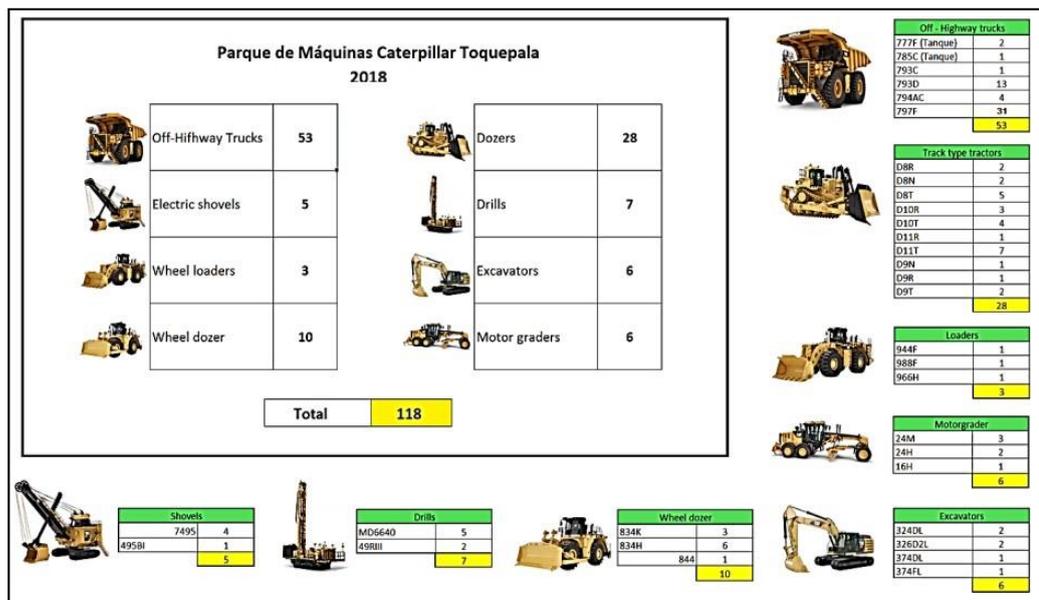


Figura 6. Flota de equipos Caterpillar – Toquepala. Tomada del Contrato MARC Toquepala

En total, son 31 equipos a los que se brinda el servicio de mantenimiento.

Se cuenta con 2 guardias A y B de 60 técnicos y 6 supervisores por guardia.

Debido a la pandemia del Covid-19, el trabajo se realiza en turnos normales 8 x 6, 8 días hábiles y 6 días libres, turnos 60 x 60, 60 días en la mina en modalidad 6*1, y los restantes 60 días libres, las guardias A y B cuentan con turno de día y de noche, cada turno cuenta con 18 técnicos y 1 supervisor.

Hay un taller de herramientas administrado por Thechbrand que las subcontrata, controla y alquila para cumplir con los requisitos de los diversos trabajos en servicio.

2.1.1. Interrelación con otras áreas de la empresa

El área de mantenimiento tiene directa relación con el área de Planeamiento y con el área de Logística.

2.1.2. Activos físicos importantes

Se cuenta en la operación de Ferreyros Toquepala con los siguientes equipos para las labores de mantenimiento:

- 1 grúa de 75 t
- Camión grúa de 12 t
- 1 camión lubricador
- 3 compresora de aire
- 2 luminarias
- 1 hidrolavadora
- 12 camionetas alquiladas 4 x 4

Se integra los activos físicos en la tabla 3.

Tabla 3. Activos físicos de Ferreyros

Equipos	Descripción
Camión lubricador	5 reservorios c/u con capacidad de 250 gal. de aceite 1 reservorio con capacidad de 50 gal. de grasa 6 bombas de accionamiento neumático con despacho de caudal 15 gal/min 1 compresor de aire de 60 CFM con 110 psi de presión máx.
Camión grúa	Grúa tipo telescópica con capacidad de carga de 10 t Largo de pluma hasta 10 m Capacidad de carga de camión 15 t Potencia de motor diésel 300 HP Capacidad de carga mayor o igual a 80 t

Grúa telescópica	Alcance máximo de pluma mayor o igual 50 m La grúa debe ser autopropulsada
Montacargas	Capacidad de carga de 3 a 30 t Potencia de motor diésel 250 HP
Grúa puente	Capacidad de carga de 35 t Altura de elevación 18 m
Caja de herramientas	Llaves mixtas, juego de dados, llaves tipo <i>allen y torx</i> , martillos baquelita y metálico, saca filtros, palanca y pata de cabra, escobilla y espátula, llave francesa, llave <i>stilson</i> , alicates y destornilladores, sierra, <i>seal pick</i> , cuchilla, flexómetro
Escaleras	Tipo tijera y tipo extensible
Herramientas de poder	Pistolas Hytor y pistolas neumáticas, cilindros hidráulicos, bombas hidráulicas de 5000 a 10000 psi., taladro, amoladora, esmeril
Equipos	Cámara termográfica, videoscopio, pirómetro, tacómetro, multímetro, amperímetro, analizador de vibraciones, manómetros, analizador de gases.
Herramientas de medición	Taquímetros, micrómetro, <i>vernier</i> , reloj comparador, nivel de aluminio, escuadra, flexómetro.
Equipo de soldar	Mano de obra y equipos tercerizados o ejecutado por el cliente Southern Perú

2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

La necesidad de aumentar la disponibilidad de los camiones 797-F mientras se reducen los costos de mantenimiento beneficiará tanto a la empresa como a sus clientes al enfocarse en la mejora continua, mayores márgenes operativos y menores costos, por lo que el impacto ambiental contribuirá a mejorar el crecimiento económico de la empresa. Además, está la opción de implementar programas de mantenimiento que ayudarán a mejorar las métricas de mantenimiento.

Se identificó una oportunidad para implementar un programa de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la flota de vehículos mineros 797F en la mina Operación Toquepala.

2.2.1. Diagnóstico (Análisis FODA)

Se considera el diagrama FODA en la figura 7.

ANALISIS FODA Y FODA ESTRATEGICO EN EL AREA MANTENIMIENTO DE CAMIONES	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
F1 Especialistas en rubro de camiones minero de alto tonalaje.	O1 Renovacion de Contrato MARK por prestacion de servicio (Bi-anales)
F2 Personal capacitado con las mas alta tecnologia y sistemas operativos CAT (SIS-CAT)	O2 Representar una marca lider en mineria.
F3 Disponibilidad de recursos, componentes, repuestos, HH.	O3 Optimización de los recursos
F4 Posee talleres especializado con tecnologia de punta.	O4 Crecimiento a través de una mayor oferta de servicios en mantenimiento
DEBILIDADES	AMENAZAS
D1 Alta rotacion de personal por sueldo y utilidades menores a las que ofrece la minera.	A1 Existencia de empresas que ofrecen el mismo servicio a las mineras a menor costo.
D2 Ausencia de incentivos profesionales (Linea de carrera)	A2 Elevada desercion de personal por apertura de nuevos proyectos mineros.
D3 Altas horas de trabajo en la interperie (Campo abierto)	A3 La existencia de un accidente.
D4 Dependier de personal de la minera para ciertas tareas.	A4 Que la minera decida no tercerizar el mantenimiento.

Figura 7. Diagnóstico FODA

2.3. Objetivos de la actividad profesional

2.3.1. Objetivo general

- Diseñar un Plan de mantenimiento preventivo programado para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota de camiones 797F en el Proyecto operaciones de mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A.

2.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la gestión actual del mantenimiento para identificar fortalezas y debilidades respecto a lo sugerido por los fabricantes de los equipos.
- Generar información complementaria basada en la experiencia del personal operativo y de mantenimiento, para ajustar el actual plan, de tal manera que, las probabilidades de mejora aumenten.
- Definir los indicadores de gestión de acuerdo con los objetivos estratégicos e ilustrar la interacción de estos por medio de un mapa estratégico.
- Establecer el sistema de información, incluyendo los indicadores de gestión necesarios, para asegurar la efectividad y el control del plan propuesto.

2.4. Justificación de la actividad profesional

2.4.1. Justificación teórica

Debido a la cantidad de equipos que opera el camión 797-F en Toquepala, es imperativo que esté mecánicamente listo de acuerdo a los requerimientos establecidos para asegurar su operatividad, reduciendo las tareas de mantenimiento de reparaciones no planificadas a base de evitar paradas no planificadas, todo será para mejorar la calidad del trabajo realizado como parte del mantenimiento programado para aumentar la producción y alcanzar los objetivos de la empresa.

Tener orientación sobre la adopción de mejoras continuas permite seleccionar métricas de gestión de mantenimiento para cuantificar y controlar los programas de mantenimiento para garantizar la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

Detecte posibles fallas de hardware con procesos diarios, de rutina y predictivos, y mejore la gestión de la información para la planificación del mantenimiento de procesos.

Para proteger el medio ambiente, la seguridad, proteger la salud de los empleados y mantener la calidad, reducir los riesgos operativos y garantizar cero accidentes y cero contaminación.

2.4.2. Justificación real

Dentro de la empresa, aumentar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos de mantenimiento beneficiará tanto a la empresa como a sus clientes, lo que conducirá a una filosofía de mejora continua, aumento de la utilidad operativa y reducción de los costos operativos. impacto en el medio ambiente, todo lo que aumenta el crecimiento económico de la empresa a calificar.

Además, los organizadores y administradores de proyectos pueden beneficiarse de un plan de mantenimiento que supondrá costes y tiempo de uso de la máquina antes y después de la batalla. De esta forma, además de recomendar un plan de prevención eficaz y delimitado, se puede reflejar una mejora en la calidad y vida útil de los componentes mayores y menores.

2.4.3. Justificación ambiental

Reducir los riesgos en las actividades mineras de Toquepala con la protección, la protección del medio ambiente, la seguridad, la salud humana y la calidad del producto, asegurando que no haya accidentes ni contaminación.

2.4.4. Justificación económica

Debido a la gran cantidad de camiones 797-F destinados a equipo pesado, la empresa, propietaria de la sucursal Ferreyros S. A. en Toquepala, necesitaba asegurar la disponibilidad de las máquinas necesarias para asegurar su operatividad y producción, reducir los mantenimientos y reparaciones no planificadas y evite el tiempo de inactividad no planificado, mejore la calidad, garantice una mayor producción y logre los objetivos de la empresa.

Obtener repuestos de Ferreyros S. A. lleva mucho tiempo, porque sin un plan de mantenimiento oportuno no se pueden conseguir los repuestos que se necesitan para reparar la máquina. En conclusión, es necesario determinar el mantenimiento que se debe realizar en un tiempo razonable y analizar su costo, en este caso, se hará un estudio presupuestario para determinar el costo de mantenimiento por años para evitar daños y tener disponibilidad de piezas de repuesto, lo que evita el tiempo de inactividad de la máquina.

El *statu quo* actual permite que la empresa sea reconocida como una empresa ambiental y mejore los estándares, procedimientos y procesos para mejorar la producción de desechos sólidos para evitar impactos ambientales potencialmente dañinos que pueden generar una gran cantidad de desechos generados internamente. Como resultado se han desarrollado actividades.

2.4.5. Justificación legal

Existen lineamientos de mejora continua que permiten seleccionar métricas de gestión de mantenimiento para cuantificar, evaluar y controlar el cronograma de mantenimiento para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

2.5. Resultados esperados

- Diseñar el plan de mantenimiento preventivo programado, es posible mejorar significativamente la disponibilidad y confiabilidad de los equipos pesados de camiones 797F de la empresa minera Southern Perú Operación Toquepala.
- Con este plan se mejora el indicador de disponibilidad mecánica a más del 90 %.

- Desarrollando este plan de mantenimiento aumentará la confiabilidad de los camiones mineros.
- Los indicadores de mantenimiento mejorarán con el transcurso del tiempo mes a mes, con la gestión de mantenimiento se permitirá mejorar la disponibilidad mecánica y física de la flota de los equipos de camiones 797-F en la empresa minera Southern Perú, a la vez, se obtendrá un resultado de disminución del costo de mantenimiento de los camiones 797F de la operación.
- Con el preparación y formación de los participantes se conseguirá desarrollo técnico aceptable y una mejor gestión del mantenimiento.
- Incrementar y distribuir personal para cada una de las actividades que se presente y desarrolle, tanto en la parte operativa como en la parte de gestión del mantenimiento de los camiones 797-F.
- Disminuir el número de mantenimientos y el número de horas de mantenimiento preventivo programado, aumentando las horas de trabajo de cambio de aceites y realizando dializados (limpieza de partículas) a los aceites para que estos puedan tener mayor durabilidad, por ende, menor desgaste de componentes.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.1.1. Mantenibilidad

Esta función se ocupa principalmente de las funciones de diseño, análisis, predicción y demostración que ayudan a determinar la eficacia de un dispositivo para mantener o volver a poner en servicio o en condiciones de funcionamiento. La mantenibilidad también se conoce como la capacidad de restaurar eficazmente un producto (11).

3.1.2. Mantenimiento

Se define como el área de mantenimiento de maquinarias y equipos en buen estado, incluyendo servicio, inspección, ajuste, reposición, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Proporciona lineamientos de políticas o estándares para la toma de decisiones y la aplicación de la gestión de programas de mantenimiento, basados principalmente en los conceptos, estándares y técnicas necesarias para desarrollar programas de mantenimiento (12).

3.2. Tipos de mantenimiento

Antes de ejecutar cualquier categorización o representación de las clases de subsistencia, es muy significativo entender efectivamente qué es el mantenimiento y en qué se contrasta del llamado mantenimiento empleado.

Especialmente, el mantenimiento se consigue con la aplicación de tres formas (12):

- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

De los disímiles tipos o diversificaciones del mantenimiento se designarán y precisarán los más significativos.

3.2.1. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo busca signos o síntomas que identifiquen fallas antes de que ocurran. Por ejemplo, la inspección visual del desgaste de los neumáticos es una tarea de mantenimiento predictivo, ya que permite identificar los procesos de falla antes de que ocurran las fallas funcionales. Estos contienen reconocimiento (control visual del deterioro), monitoreo (vibración, ultrasonido), intervención (nivel de aceite). Su característica común es que la decisión de tomar medidas correctivas depende de las condiciones de medición. Por ejemplo, en función de las mediciones de vibración de un dispositivo, se puede tomar la decisión de reemplazarlo. Para evaluar la conveniencia de estas tareas, es necesario definir claramente las posibles condiciones de falla. Esto significa que deben existir signos evidentes de falla (13).

Ventajas

- Mayor fiabilidad: con equipo y personal calificado, los resultados serán más precisos.
- Requiere menos empleados: esto reduce los costos de personal y el proceso de contratación, aunque se verá la desventaja de esto más adelante.
- Las piezas de repuesto duran más: dado que el ajuste se basa en los resultados y no en la sensación, el objetivo es asegurarse de que sus piezas duren como deberían.

Desventajas

- Requiere programación mientras haya falla: si el propietario necesita reparaciones urgentes, es posible esperar hasta la fecha de la segunda inspección designada, por lo que también se deben planificar situaciones de emergencia.
- Requiere equipo especial y costoso: cuando se trata de medir cosas con precisión, los equipos y accesorios suelen ser caros, por lo que necesitan encontrar las mejores opciones de compra.

- Es importante tener gente más cualificada: aunque se menciona que hay menos trabajadores, requieren más conocimientos y habilidades, lo que aumenta los costos y posiblemente reduce las opciones según la región.
- Alto costo de implementación: dado que se administra mediante un cronograma de trabajo, el costo puede ser bastante alto si suma el costo de todo el tiempo que la máquina está detenida y revisada para detectar problemas detectados por primera vez.

3.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se refiere al trabajo de reemplazo que se realiza periódicamente, independientemente del estado de la pieza o del conjunto. Estas tareas solo son efectivas cuando hay desgaste, es decir, cuando la probabilidad de falla aumenta dramáticamente a medida que se excede la vida útil de la pieza. Al elegir tareas preventivas (o cualquier otra tarea de mantenimiento, para el caso), debe tener mucho cuidado de no confundir lo que se puede hacer con lo que se debe hacer. Por ejemplo, al evaluar un programa de mantenimiento a realizar en el rotor de una bomba, se puede decidir realizar una tarea preventiva (reemplazo del rotor periódicamente), que generalmente se realiza debido a fallas que generalmente ocurren de acuerdo con el patrón de desgaste (modo 6 RCM B) del modo de emergencia. Sin embargo, en algunos casos puede ser conveniente realizar algunas tareas predictivas (tareas condicionales), que en muchos casos son menos invasivas y costosas (14).

Ventajas

- Bajo costo en comparación con el mantenimiento predictivo.
- Reduce significativamente el riesgo de daños o fugas.
- Reduce la probabilidad de tiempo de inactividad no planificado.
- Mejor planificación y control del mantenimiento de los equipos.

Desventajas

Entre sus pocas desventajas se encuentran:

- Se requiere la experiencia del personal de mantenimiento y las recomendaciones del fabricante para implementar un plan de mantenimiento de equipos.
- No permite determinar con precisión el desgaste o la depreciación de los elementos del equipo.

3.2.3. Mantenimiento correctivo

Se entiende por mantenimiento correctivo la eliminación de fallas o defectos a medida que se presentan. El mantenimiento normal después de un incidente obliga a la parada de la planta o maquinaria afectada por el incidente (15).

3.2.3.1. Diferentes tipos de correctivo: programado y no programado

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si, en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado (16).

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos (17).

Ventajas

- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los sistemas.
- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.

Desventajas

- Las averías se presentan de forma imprevista y afectan a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir.

- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

3.3. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

El mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), o *Reliability Centred Maintenance* (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El RCM ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan RCM para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metalmecánica, etc. La norma SAE JA1011 especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM (18).

Según esta norma, las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fusionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

3.3.1. Conceptos del RCM

El RCM muestra que muchos de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos son realmente equivocados. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea de que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece ha demostrado ser falsa para la gran mayoría de los equipos industriales. A continuación, se explican varios conceptos derivados del MCC, muchos de los que aún no son completamente entendidos por los profesionales del mantenimiento industrial (19).

3.3.2. El contexto operacional

Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el activo que se está analizando (primera pregunta del RCM), se debe tener un claro entendimiento del contexto en el que funciona el equipo. Por ejemplo, dos activos idénticos operando en distintas plantas, pueden resultar en planes de mantenimiento totalmente distintos si sus contextos de operación son diferentes. Un caso típico es el de un sistema de reserva,

que suele requerir tareas de mantenimiento muy distintas a las de un sistema principal aun cuando ambos sistemas sean físicamente idénticos. Entonces, antes de comenzar el análisis se debe redactar el contexto operacional, breve descripción (2 o 3 carillas) donde se debe indicar el régimen de operación del equipo, disponibilidad, consecuencias de indisponibilidad del equipo (producción perdida o reducida, recuperación de producción en horas extra, tercerización), objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente, etc. (19).

3.4. Indicadores de gestión de mantenimiento

Considerando que el primer objetivo de trabajo, del área de mantenimiento, es el de propiciar el logro de altos índices de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad a favor de la producción.

Para poder establecer estos factores de efectividad de mantenimiento, deberá ir acompañada de otros factores (índices secundarios), que permitan evaluar, analizar y pronosticar su comportamiento. Los indicadores, permitirán medir de forma técnica y, mediante costos, la efectividad del mantenimiento (20).

3.4.1. Indicadores primarios de mantenimiento

3.4.1.1. Disponibilidad

La disponibilidad es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción.

Se define como la probabilidad de que una máquina esté preparada para producción en un período de tiempo determinado, o sea que, no esté parada por averías o ajustes (21).

$$D = \frac{T_o}{T_o+T_p} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Ecuación 1

Disponibilidad teórica

Donde

TO = tiempo total de operación

TP = tiempo total de parada

Los periodos de tiempo nunca incluyen paradas planificadas, ya sea por mantenimientos planificados, o por paradas de producción, dado que estas no se deben al fallo de la máquina.

Aunque la anterior es la definición natural de disponibilidad, se suele definir, de forma más práctica, con los tiempos medios entre fallos y de reparación.

La disponibilidad depende de:

- La frecuencia de las fallas
- El tiempo que demande en reanudar el servicio.

Así, se tiene que:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF+TPPR} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Ecuación 2

Disponibilidad

Donde

TPEF = tiempo promedio entre fallos

TPPR = tiempo promedio de reparación

3.4.1.2. Confiabilidad

Es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para lo que fue diseñado, durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operaciones dadas.

Es la probabilidad de que un objeto o sistema opere bajo condiciones normales durante un periodo de tiempo establecido, el parámetro que identifica la confiabilidad es el tiempo medio de fallas, es decir, son tiempos entre una falla y otra.

Como se mencionó, la ecuación para el cálculo se basa en la expresión desarrollada por Lourival, donde la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR (22):

$$R = f(MTBF, MTTR) \text{ Ecuación (3)}$$

Donde

R: confiabilidad

MTBF: tiempo medio entre fallas

MTTR: tiempo medio para reparación

Ahora veamos cómo se relacionan las tres variables de la ecuación.

$$R = \frac{MMTBF}{MTBF+MTTR} * 100 \text{ Ecuación (4)}$$

Como se observa en la ecuación, dicha expresión no es más que la definición de probabilidad según Laplace: número de aciertos (MTBF = tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones). Esta es la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad.

Ahora bien, ¿cómo se determinan el MTBF y el MTTR?

Las ecuaciones son las siguientes.

$$MTBF = \left[\frac{hr}{p} \right] * 100 \text{ Ecuación (5)}$$

$$MTTR = \left[\frac{hp}{p} \right] * 100 \text{ Ecuación (6)}$$

Donde

hT: horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación.

p: número de paros durante el período de evaluación.

hp: horas de paro durante el período de evaluación.

Es aquí donde se hace importante tener, de manera clara, la clasificación de los paros por mantenimiento o producción, si se quiere calcular la confiabilidad por mantenimiento.

3.5. Gestión de mantenimiento

La gestión del mantenimiento se puede definir como el uso eficiente y eficaz de los recursos físicos, económicos, humanos y de tiempo para lograr los objetivos de mantenimiento.

La gestión moderna del mantenimiento industrial se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de su ciclo de vida, utilizándolos con la máxima disponibilidad y al menor costo posible, asegurando, entre otras cosas, un soporte técnico efectivo a través de una capacitación adecuada y habilidades de gestión en el uso y mantenimiento de dichos sistemas, la garantía de disponibilidad establecida en la garantía y recomendaciones de uso del fabricante del dispositivo.

3.5.1. Etapas de la gestión de mantenimiento

En la gestión del mantenimiento, la planificación y la programación son el punto de partida. Implica la necesidad de visualizar y relacionar las posibles actividades que habrá que emprender para alcanzar las metas y resultados deseados. Cada paso de la gestión de mantenimiento se describe a continuación (23):

a) Planificación

Es un proceso que involucra la definición de procesos y procedimientos y la elaboración de planes detallados para visiones de relativamente largo alcance, generalmente semanales, mensuales, trimestrales o anuales, que incluyen la identificación de las actividades requeridas, la mano de obra requerida y los materiales necesarios para realizar, utilización del equipo y la duración de la operación. Los siguientes aspectos deben ser considerados en la planificación del mantenimiento:

- Se deben tener señalados objetivos y términos en cuanto a los objetos a conservar.
- Se debe responder el recurso de disponibilidad de los equipos.
- Instituir una disposición de procedencias para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- Sistema de señalización y simbolización lógica
- Descripción competente
- Instrucciones y rutinas de mantenimiento
- Investigaciones de fallas y causas
- Indicadores de gestión, estadísticas de estación de parada y tiempo de reparación

b) Programación

El proceso consiste en determinar la frecuencia de las tareas de mantenimiento preventivo y las fechas esperadas requeridas para la disponibilidad continua de equipos y accesorios. Comienza ordenando y enviando órdenes de trabajo.

c) Ejecución, control y evaluación

Estos procesos vinculan dos acciones de gestión de diferente importancia, como es la dirección y coordinación de los esfuerzos del equipo de gestión de las actividades creadas durante la planificación y programación que aseguren el logro de los objetivos planteados.

3.6. Mejora continua o Kaizen

La columna de mejora continua en TPM proporciona metodologías para llegar a la raíz de los problemas, permitiendo identificar y definir la mejora como meta y el tiempo estimado para alcanzarla. Al obtenerlo, del mismo modo, es posible conservar y transferir los conocimientos adquiridos durante la implementación de las medidas de mejora (24).

Estas actividades tienen como objetivo mejorar múltiples elementos, como procesos, procedimientos, equipos o ciertos componentes de los equipos; detectar correctamente la pérdida e implementar un plan de acción para eliminarla. Cada pérdida viene determinada por un indicador clave de rendimiento (KPI), entre los que se encuentra el problema de atacar las tres primeras causas según la ley de Pareto: atacando una causa del 20 %, se puede eliminar el 80 % de la pérdida de capital (25).

La tecnología TPM elimina en gran medida las fallas de los equipos. El siguiente proceso para implementar acciones de optimización específicas sigue los pasos del conocido ciclo PHV A (planificar-hacer-verificar-actuar).

3.6.1. Mantenimiento autónomo

Es una característica innovadora del TPM, busca que el operario se sensibilice con respecto al mantenimiento del equipo, lo conozca mejor, aumente su capacidad técnica, se responsabilice e involucre constantemente con el equipo para optimizar sus condiciones de funcionamiento, hacer predecible su comportamiento y mejorar la seguridad del puesto de trabajo (24).

3.6.2. Mantenimiento planificado

El objetivo del mantenimiento proyectado es de excluir las complicaciones del equipamiento con operaciones de perfeccionamiento, suspicacia y pronóstico. Su primordial eje de acción es el entender la situación que se está presentando en el proceso o equipo, teniendo en cuenta un equilibrio costo-beneficio (24).

El mantenimiento planificado constituye un conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente, los objetivos son: cero averías, defectos, despilfarros, accidentes y contaminaciones. Este conjunto de labores será ejecutado por personal especializado en mantenimiento (24).

Los principales objetivos del mantenimiento planificado son:

- Ajustar el coste de sostenimiento.
- Disminución de atención de trabajos.
- Separar absolutamente los fallos.

Los pasos para su implantación son

- Identificar el punto de partida del estado de los equipos, se perfecciona la información disponible sobre los equipos, para crear una base de datos histórica que posteriormente será utilizada para diagnosticar sus problemas.
- Disminuir el deterioro de los equipos y mejorarlo, elimina la probabilidad de las fallas o averías en los equipos y la implementación de acciones para evitar fallas futuras.
- Mejorar el sistema de gestión para la información, la elaboración de una base de datos de acuerdo a la necesidad para la gestión de la información, reemplazar el sistema manual que permite una, fácilmente, con la intervención de las actividades.
- Mejorar el sistema de mantenimiento planificado, se establece estándares de mantenimiento como: realizar un trabajo de preparación para el mantenimiento preventivo, con procedimientos estándar, crear flujos de trabajo, identificar equipos, piezas, elementos, definir estrategias de mantenimiento y desarrollar un sistema de gestión para el mantenimiento contratado.
- Aplicar un sistema de mantenimiento predictivo, para lo que se debe diseñar flujos de trabajo, seleccionar tecnología para el diagnóstico de equipos, realizar formación personal, identificar los equipos para la aplicación de la tecnología predictiva y mejorar la toma de información.

- Determinando el punto de partida para el estado del dispositivo, se completa la información disponible en el dispositivo, para crear una base de datos histórica que luego será utilizada para diagnosticar sus problemas.
- Minimizar y mejorar las fallas de los equipos, eliminar la posibilidad de fallas o fallas de los equipos y tomar medidas para prevenir futuras fallas.
- Mejorar el sistema de gestión de la información, desarrollar la base de datos de acuerdo a las necesidades de gestión de la información, y sustituir el sistema manual que permita una fácil intervención en las operaciones.
- Sistema de mantenimiento planificado mejorado, estándares de mantenimiento fijos tales como: realización de trabajos preparatorios de mantenimiento preventivo, con procedimientos estándar, establecimiento de flujo de trabajo, identificación de equipos, partes y artículos, definición de estrategia de mantenimiento y desarrollo de sistema de gestión bajo contrato de mantenimiento.
- Implementación de un sistema de mantenimiento predictivo necesario: diseño de flujo de trabajo, selección de tecnología de diagnóstico de equipos, realización de entrenamientos de personal, selección de equipos para aplicación de tecnología predictiva y mejora de la información recolectada.

3.6.3. Mantenimiento de la calidad

Esta es una estrategia de mantenimiento que tiene como objetivo limitar la condición del equipo a un nivel en el que pueda ser «sin defectos». Las actividades de mantenimiento de la calidad tienen como objetivo probar y medir periódicamente las condiciones «sin defectos», para facilitar el funcionamiento del equipo cuando no aparecen defectos de calidad (26).

Se basa en realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad. Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para «cero defectos» y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos. Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a las situaciones de anormalidad potencial. Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenirlos, lograr la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo (27).

3.6.4. Plan anual de mantenimiento

Los planes de mantenimiento de equipos deben hacerse sobre la base de seleccionar el mejor conjunto de políticas enumeradas para cada componente, coordinadas o programadas para un uso óptimo de los recursos, la energía y el tiempo (28).

Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada dispositivo deben ser detalladas por el fabricante. Esto es raro en equipos que son difíciles de reemplazar, donde el mantenimiento es costoso.

La gran cantidad de factores que influyen en la elección de la política de mantenimiento requiere un proceso sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada período de tiempo. Los pasos para este proceso se explican a continuación (28):

- **Clasificación e identificación de los equipos**

- Acopio de información
- Relación de los equipos
- Clasificación de los equipos
- Disposición de trabajo (OT)
- Solicitud de materiales
- Bitácora de mantenimiento
- Intervención de los neumáticos
- Inspección de combustible
- Informes del mantenimiento
- Históricos de averías del equipo
- Elección de la política
- Dispositivos críticos

3.7. Indicadores clave de desempeño (KPI)

Los indicadores son parámetros numéricos que brindan información sobre un factor importante identificado en la organización, en el proceso o en las personas en relación con las expectativas o percepción de calidad y tiempo del cliente (29).

Características de los índices

a) Según su utilidad, los índices de gestión deben de ser:

- Pocos y claros de comprender y contable.

- Ventajosos para estar al tanto ágilmente como marchan las cosas y por qué.

b) Según su gestión los índices deben:

- Asemejar los factores claves de la producción.
- Precisar los índices que los evalúen.
- Instituir registros de datos que permitan su cálculo periódico.
- Instaurar valores estándares (consigna) para dichos índices y objetivos.
- Tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detectan.
- Se trata no solo de perpetrar un control por objetivos, también existe un control para adecuarlos a cada circunstancia.

3.7.1. Indicadores de clase mundial

Para cualquier organización que quiera tener éxito en el largo plazo, la contribución del departamento de operaciones es fundamental, le da a la organización una ventaja basada en su desempeño, herramientas clave para obtener métricas, calcular variables y obtener una ventaja competitiva que traerá control y mejora a través de las siguientes métricas (30).

3.7.1.1. Tiempo medio entre fallas

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas en el período observado.

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

3.7.1.2. Tiempo medio entre reparación

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en el período observado

Ese índice debe ser usado para ítems para los cuales el tiempo de reparación o sustitución es significativo con relación al tiempo de operación (31).

3.7.2. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

De las mejoras para que, una vez implementadas, se mida la eficacia de estas, se encuentra el análisis de errores y métodos de impacto (AMEF) es una de las técnicas

más utilizadas para identificar y enumerar los posibles medios o modos por los que un sistema puede fallar y, por lo tanto, monitorear las fallas. Se deben conocer las características y efectos de cada error en todo el sistema. Se ha de tener en cuenta que se discutirán los errores que han ocurrido o pueden ocurrir.

Esta técnica implica la inclusión, en forma matricial, de todas las fallas o patrones de falla y sus respectivos efectos, para evaluar su impacto y recomendar mejoras a las que se atribuye la implementación. Se requiere persona o servicio responsable para evaluar periódicamente cada mejora para que se pueda medir su eficacia una vez implementada (32).

Este método es esencialmente cualitativo, aunque es posible incorporar ciertas posibilidades de falla. La acreditación AMEF requiere la formación de un equipo multidisciplinario responsable de realizar el análisis en trece fases, que se pueden resumir en cinco (33):

1. Definición del sistema, configuración, identificación del dispositivo y fallas del sistema. Se debe tener muy claro el objeto del estudio, los objetivos a alcanzar y las funciones correspondientes, y se debe diseñar el título del modelo AMEF, incluyendo toda la información sobre los diferentes modos de falla y sus efectos. El diseño preciso es muy necesario porque será muy importante en el futuro para el desarrollo de bases de datos sobre el tema del análisis.
2. Análisis cualitativo de patrones, efectos y posibles causas de falla, aclarando todas las posibles formas en que el servicio podría fallar.
3. Evaluación cuantitativa de la severidad, frecuencia y detección de cada causa de falla e identificación de un número de prioridad de riesgo (RPN).
4. Establecer acciones correctivas para cada causa, especificando las áreas, fechas y responsables de su implementación. Esto es importante para un programa de mejora continua. Todas las acciones resultarán en una reducción significativa en la priorización de riesgos.
5. Evaluar los resultados de las acciones correctivas realizadas y recalculer el número de prioridad del riesgo. Las acciones deben evaluarse para asegurarse de que realmente han conducido a una mejora. Para ver una mejora, el nuevo valor de NPR debe ser mucho más bajo que el valor original.

3.8. Camión minero 797F Caterpillar

Se integra el camión minero en la figura 8.



Figura 8. Camión minero 797F Caterpillar. Tomada de Ferreyros

3.8.1. Dimensiones

Se dispone el camión minero en la figura 9.

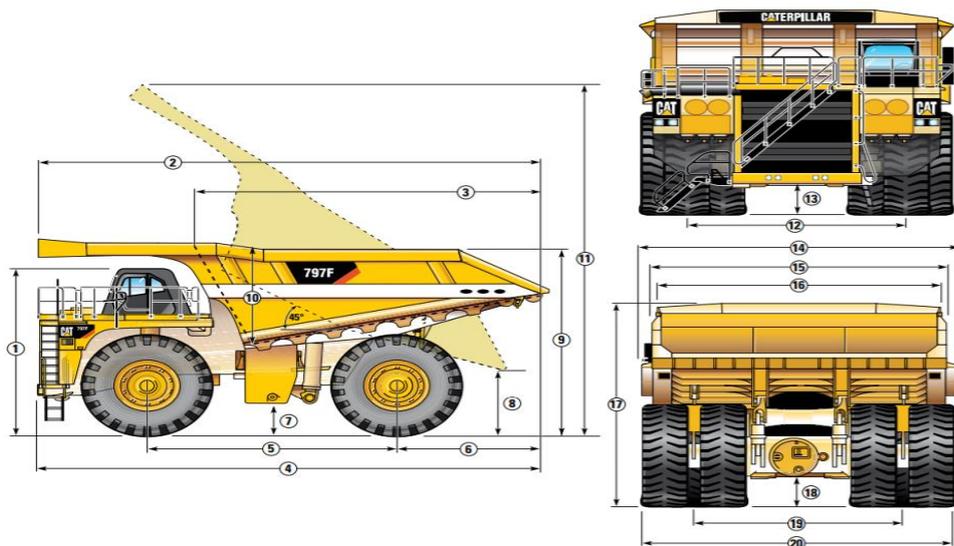


Figura 9. Dimensiones del camión minero 797F Caterpillar. Tomada de Ferreyros

Se consignan características del 797F en la figura 10.

1	Altura hasta la parte superior de la ROPS: vacío	6.526 mm	21' 5"
2	Longitud total de la caja	14.802 mm	48' 7"
3	Longitud interior de la caja	9.976 mm	32' 9"
4	Longitud total	15.080 mm	49' 6"
5	Distancia entre ejes	7.195 mm	23' 7"
6	Eje trasero a la cola	3.944 mm	12' 11"
7	Espacio libre sobre el suelo con carga	786 mm	2' 7"
8	Espacio libre de descarga	2.017 mm	6' 7"
9	Altura de carga: vacío	6.998 mm	23' 0"
10	Profundidad interior de la caja: máxima	3.363 mm	11' 0"
11	Altura total: caja levantada	15.701 mm	51' 6"
12	Ancho del neumático delantero de la línea de centro	6.534 mm	21' 5"
13	Espacio libre del protector del motor: cargado	1.025 mm	3' 4"
14	Ancho exterior de la caja	9.755 mm	32' 0"
15	Ancho total del techo	9.116 mm	29' 11"
16	Ancho interior de la caja	8.513 mm	27' 11"
17	Altura del techo delantero: vacío	7.709 mm	25' 4"
18	Espacio libre del eje trasero: cargado	947 mm	3' 1"
19	Ancho del neumático doble trasero de la línea de centro	6.233 mm	20' 5"
20	Ancho total entre neumáticos	9.529 mm	31' 3"
Pesos: aproximados			
Peso bruto de la máquina en orden de trabajo (GMW)		623.690 kg	1.375.000 lb
Especificaciones de operación			
Capacidad de carga útil nominal		363 tons métricas	400 tons EE.UU.

Figura 10. Características del 797F. Tomada de Ferreyros

3.8.2. Características del 797F

A continuación, se muestran las características del 797F (34):

1. Motor de alto rendimiento

El motor C175-20 de Chat® ofrece el balance perfecto entre potencia, diseño robustez y economía.

2. Servo transmisión

La transmisión de siete velocidades de cambios suaves proporciona desplazamiento cómodo al mismo tiempo que entrega potencia constante, eficiencia del combustible mejorada y rendimiento máximo del tren de fuerza.

3. Frenado con potencia

Los frenos de discos múltiples Cat enfriados por aceite en las cuatro esquinas ofrecen excepcional frenado, sin pérdida de capacidad en todo tipo de camino de acarreo.

4. Caja de camión

La variedad de cajas diseñadas y fabricadas por Caterpillar proporcionan rendimiento y fiabilidad óptimos.

5. Cabina de excelente comodidad

Los operadores perciben una cabina grande y espaciosa con visibilidad inigualable y comodidad excepcional.

6. Facilidad de servicio mejorada

Los puntos de fácil servicio mejorados y la ubicación de los puntos de servicio agrupados, permiten que el camión permanezca más tiempo en los caminos de acarreo.

3.8.3. Tren de fuerza

3.8.3.1. Motor

El motor diésel Cat® C175-20 con postenfriador aire a aire y turbocompresor cuádruple que ha mejorado la capacidad de administración de potencia para máximo rendimiento de acarreo en las aplicaciones de minería más exigentes (35). Se dispone el tren de fuerza en la figura 11.

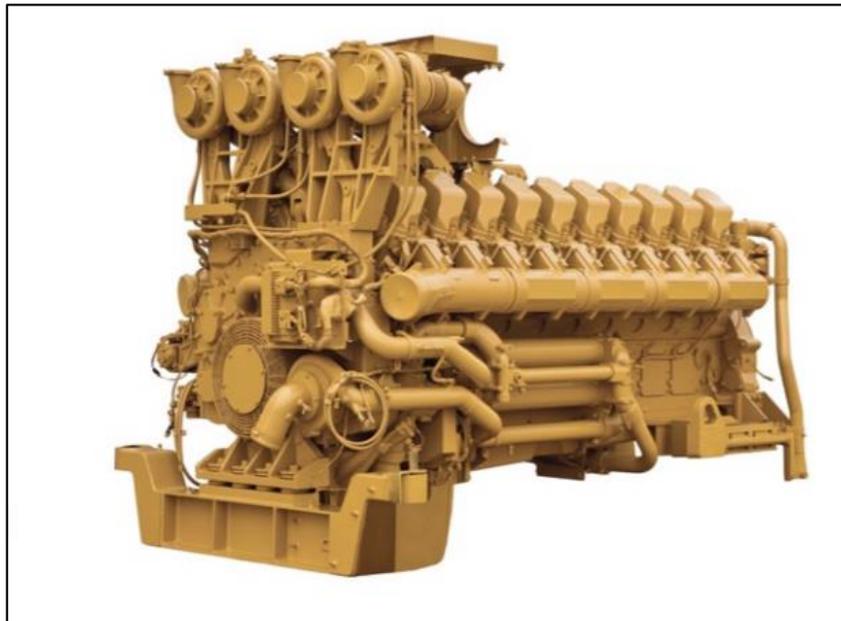


Figura 11. Tren de fuerza – motor. Tomada de Ferreyros

3.8.3.2. Diseño

El motor C175-20 tiene un diseño de 20 cilindros, un solo bloque y cuatro tiempos que usa carreras de potencias largas y eficaces para lograr una óptima eficiencia.

3.8.3.3. Cumple con los requisitos de la EPA

Siempre que sea posible, los motores Cat C175-20 cumplen con los requisitos de emisiones de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.

3.8.3.4. Vida útil prolongada

Más cilindrada, rpm más baja y clasificaciones de potencia conservadoras que significan más tiempo en la carretera y menos tiempo en el taller.

3.8.3.5. Sistema de combustible de riel común Cat

El sistema de control electrónico detecta las condiciones de funcionamiento y ajusta el suministro de combustible para una economía de combustible óptima. Un sistema de combustible preciso y flexible le da a este motor la capacidad de cumplir con las regulaciones de emisiones sin sacrificar el rendimiento, la confiabilidad o la durabilidad.

3.8.3.6. Sistema de enfriamiento

El diseño de núcleo flexible del radiador Mesabi permite más facilidad de servicio junto con una larga vida útil y alta durabilidad. El 797F tiene equipado de forma estándar el radiador Mesabi.

3.8.3.7. Motor de arranque

El tanque en el sistema de arranque neumático se encuentra a nivel del suelo para facilidad de servicio.

3.8.4. Sistema de frenado

El control de frenado superior permite a los operadores enfocarse en la productividad (35). Se sitúa el sistema de frenado en la figura 12.



Figura 12. Sistema de frenado. Tomada de Ferreyros

3.8.4.1. Sistema de frenado integrado

Los frenos enfriados por aceite Cat brindan un rendimiento confiable y manejo en carretera en condiciones difíciles. El sistema integrado combina las funciones de ralentí, freno de servicio, freno secundario y freno de estacionamiento en un solo sistema para proporcionar un rendimiento de frenado óptimo sin quemar combustible durante el frenado (35).

3.8.4.2. Frenos de discos múltiples enfriados por aceite

Los frenos de disco de presión múltiple enfriados por aceite en las cuatro ruedas Cat se enfrían continuamente mediante un intercambiador de calor de agua y aceite para lograr un rendimiento sobresaliente sin sacrificar el frenado o la desaceleración (35).

3.8.4.3. Diseño de los frenos

Los frenos enfriados por aceite Cat están diseñados con rotores y discos para brindar un funcionamiento confiable y sin ajustes. El sistema de frenos está sellado para evitar la contaminación y reducir el mantenimiento.

3.8.4.4. Vida útil prolongada

La película de aceite evita el contacto directo entre los discos. El diseño absorbe la fuerza de los frenos cortando las partículas de aceite y eliminando el calor para prolongar la vida útil de los frenos (35).

3.8.4.5. Freno de estacionamiento

Los frenos de estacionamiento enfriados por resorte, liberados hidráulicamente y enfriados por aceite se utilizan en las cuatro ruedas para proporcionar un frenado superior en todas las pendientes hasta en un 15 %.

3.8.4.6. Control automático del retardador hidráulico (ARC)

El sistema de control de ralentí automático activado hidráulicamente reduce la velocidad por nivel para mantener la velocidad del motor y el rendimiento del sistema de frenos óptimos (35).

3.8.5. Tren de potencia

Se sitúa el tren de potencia en la figura 13.

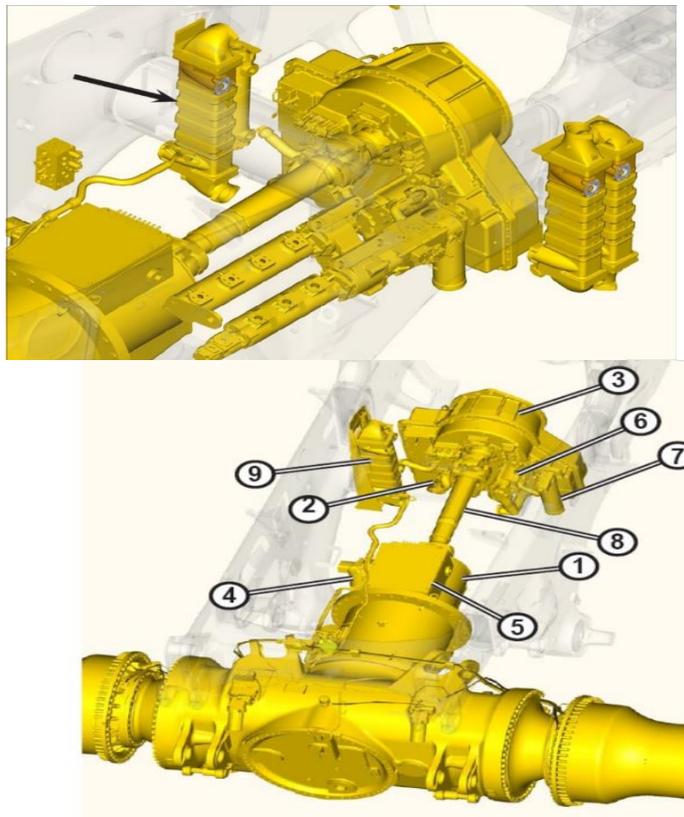


Figura 13. Tren de potencia. Tomada de Ferreyros

Donde los componentes son:

1. ECPC transmisión
2. Bomba de carga de transmisión y barrido de convertidor
3. Convertidor de torque
4. Filtro de transmisión
5. Válvula de control de transmisión
6. Bomba carga de convertidor / lubricación de transmisión
7. Filtro convertidor de torque
8. Cardán principal
9. Enfriador de tren de potencia

El tren motriz del 797F está equipado con un embrague de transmisión controlado electrónicamente (ECPC) (1), que se controla electrónicamente y se acciona hidráulicamente. La entrada de la transmisión y la bomba del filtro (2) están ubicadas a la izquierda del convertidor de torsión (3) y envían un chorro de aceite a través del filtro de la transmisión (4) a la válvula de control de la transmisión (5), mientras extraen aceite de la transmisión en la freidora y envía al transductor de tejido. La entrada del convertidor de transmisión y bomba de filtro (6) está ubicada en el lado derecho del convertidor de par (3), entrega aceite a través del filtro (7) al convertidor de par y también envía aceite de transmisión para lubricación (36).

El flujo de potencia del motor pasa por el transformador y por el eje cardán principal (8) hasta el actuador. Caja de cambios ECPC de tipo planetario, que contiene 7 embragues hidráulicos. La transmisión ofrece siete marchas hacia delante y una hacia atrás. Desde el actuador, el flujo de potencia se dirige al actuador diferencial y final. El enfriador del tren de fuerza (9) está ubicado en el lado izquierdo del marco del riel (36).

3.8.6. Convertidor

Se sitúa el convertidor de frenado en la figura 14.

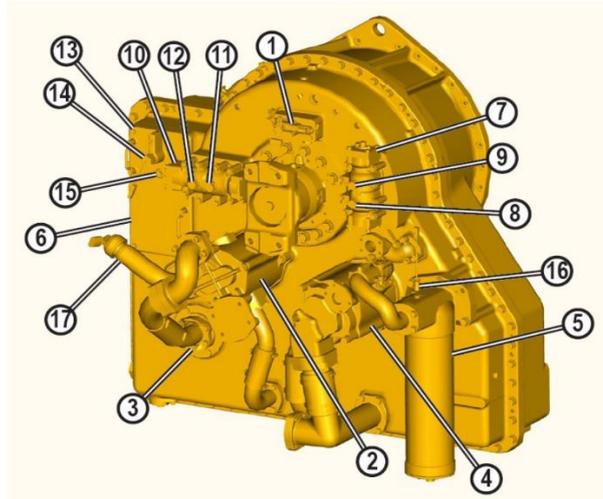


Figura 14. Convertidor del tren de potencia. Tomada de Ferreyros

Componentes del convertidor de torque

1. Solenoide del embrague de traba
2. Bomba de carga de la transmisión y barrido del convertidor
3. Tapa difusora
4. Bomba de carga del convertidor y lubricación de transmisión
5. Filtro de aceite de la transmisión
6. Tapa de la rejilla de succión
7. Válvula de alivio de entrada
8. Puerto de testeo de la presión de alivio de entrada del convertidor (P1)
9. Puerto de testeo de la presión de drenaje (P2)
10. Válvula de alivio de salida del convertidor
11. Puerto de testeo de alivio de salida
12. Puerto de testeo de orificio de salida
13. Tapa de la rejilla de salida
14. Interruptor de derivación para rejilla de salida del convertidor
15. Sensor de temperatura de salida del convertidor
16. Interruptor de derivación del filtro de convertidor
17. Ducto de llenado del convertidor

El convertidor de torque proporciona un acoplamiento fluido que permite que el motor continúe funcionando cuando el camión está parado. En los motores con variador, el convertidor de par aumenta el par a la caja de cambios. A velocidades más altas, el solenoide del embrague proporciona transmisión directa.

En punto muerto y viceversa son accionados únicamente por el transductor, en primera marcha son accionados por el transductor a menos de 8 km/h (5 mph) y conducirá en línea recta a velocidades superiores a 8 km/h (5 mph). Las marchas segunda a séptima serán de transmisión directa únicamente. El convertidor de par se transmitirá a la transmisión que cambia las marchas (cuando el embrague está activado) para cambios de marcha suaves (sintonizados) (37).

La carcasa del convertidor de torque es el tanque de aceite para el suministro de aceite del convertidor y de la transmisión. El actuador del convertidor y la bomba regenerativa (2) están instalados en el lado izquierdo del convertidor de par.

La bomba de empuje extrae aceite del tanque hacia la carcasa del transformador y entrega el flujo de aceite a la válvula de control de transmisión.

La bomba del filtro de aceite de la transmisión envía aceite desde la transmisión a través de un deflector (distribuidor de aceite) ubicado detrás de la cubierta del guardabarros (3) en el convertidor de torsión.

La bomba de aceite lubricante de la caja de cambios y del convertidor se encuentra en el lado derecho del convertidor de par. La bomba de alimentación del transformador extrae aceite del cárter hacia el transformador y alimenta el aceite a través del filtro del transformador (5). La bomba de lubricación de la caja de cambios extrae aceite del tanque en la carcasa del transformador y lo envía a los engranajes y cojinetes del motor para su lubricación (38).

El interruptor de derivación del filtro del convertidor (16) proporciona la señal al módulo de control del motor de la transmisión (ECM) que está restringida por el filtro.

Un extremo del tanque está provisto de una línea de aceite de transmisión y una línea de retorno de aceite refrigerante del transformador. El otro extremo de la carcasa recibe aceite a través de escudos magnéticos y un escudo de succión detrás de la cubierta (6) en la carcasa del transformador (38).

El flujo de aceite del filtro de admisión del convertidor de torsión ingresa a la válvula de alivio de entrada del convertidor (7). La válvula de drenaje de entrada limita la presión máxima de suministro de aceite al transformador. El exceso de aceite se

devuelve al cárter. Por lo general, la presión de drenaje de entrada es más alta que la presión de drenaje de salida. El flujo de aceite pasa a través de la entrada y al transformador. La presión de drenaje de entrada (P1) se puede medir en la válvula de drenaje de entrada en el puerto de prueba (8). La presión de descarga se puede medir en el puerto de prueba (9) que normalmente está desocupado (39).

La válvula de ventilación de salida mantiene la presión más baja dentro del transductor para mantenerlo lleno de aceite y evitar la cavitación. La presión de descarga se puede medir en el puerto de prueba (11).

La presión de salida del orificio de refrigeración se puede medir en el orificio de prueba (12), que no se suele utilizar. El aceite pasará desde la válvula de salida del convertidor y fluirá desde la salida de refrigerante a través del filtro ubicado detrás de la tapa (13) en el convertidor de par. El interruptor de derivación de la red de salida del convertidor de par (14) envía información al ECM para su transmisión sobre las limitaciones de la red (38).

El ECM de transmisión usa la señal del sensor de temperatura de salida del transformador para determinar la temperatura de salida del transformador, y el filtro de carga de la señal de derivación del transformador se usa para determinar el límite.

El ducto (tubo) de llenado (17) se encuentra ubicado en la parte trasera del convertidor de torque.

Se sitúa el componente del convertir en la figura 15.

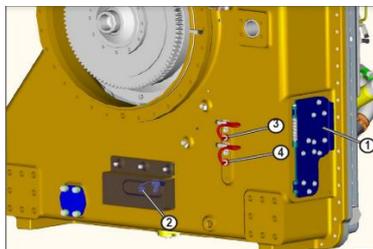


Figura 15. Componentes del convertidor de torque. Tomada de Ferreyros

Donde

1. Mirillas de nivel de convertidor
2. Interruptor de nivel de aceite de transmisión
3. Interruptor de nivel con aceite caliente

4. Interruptor de nivel con aceite frío

Las mirillas de nivel para el aceite del convertidor de torque se encuentran ubicadas en el costado izquierdo del convertidor.

El interruptor de nivel de aceite (2) envía una señal al ECM de transmisión, informando el nivel de aceite en el cárter del convertidor de torque.

El interruptor de nivel con aceite caliente (3) y el interruptor de nivel con aceite frío, también se encuentran ubicados en el costado izquierdo del convertidor de torque. Estos interruptores de nivel de aceite frío y caliente proporcionan una señal de información en el panel de llenado rápido (38).

3.8.7. Transmisión

Se sitúa transmisión en la figura 16.

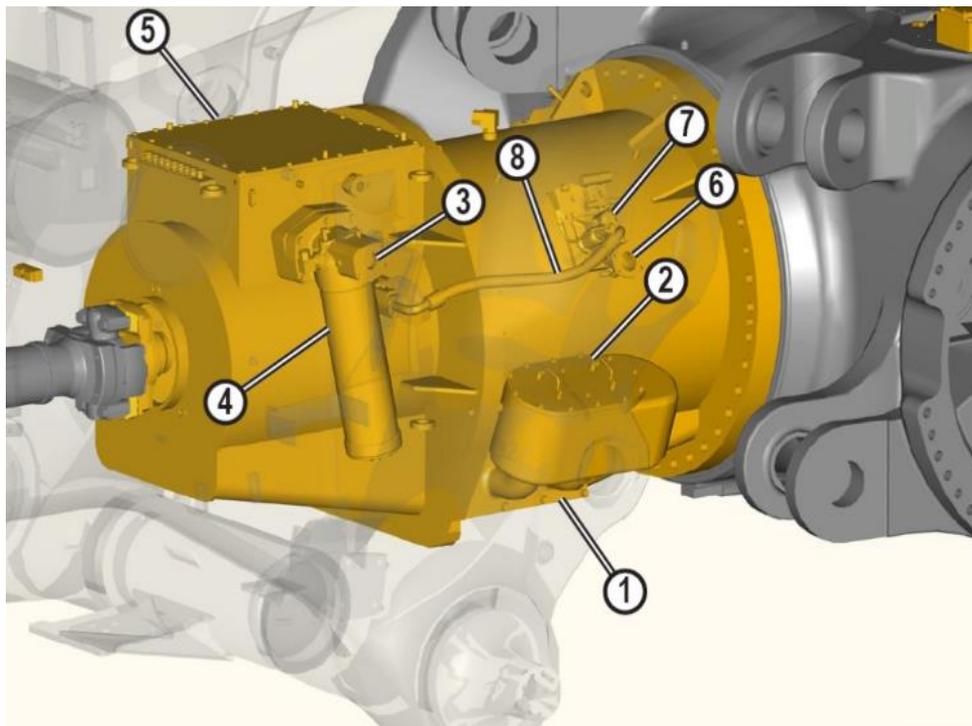


Figura 16. Transmisión. Tomada de Ferreyros

Donde sus componentes son:

1. Cárter de la transmisión
2. Cubierta de rejillas magnéticas
3. Puerto de entrada
4. Filtro de transmisión

5. Cubierta de válvulas solenoides moduladoras
6. Puerto de entrada de lubricación
7. Válvula diferencial
8. Manguera

La bomba de barrido del convertidor saca aceite desde el cárter (1) a través de las rejillas magnéticas ubicadas bajo la cubierta (2) las rejillas magnéticas siempre deben ser revisadas si se sospecha de un problema con la transmisión.

El aceite desde la bomba de carga de la transmisión ingresa por el puerto (3) en el filtro de la transmisión (4) el aceite fluye más allá del filtro hacia la válvula moduladora para los embragues de la transmisión, localizadas bajo la cubierta (5) cuando las válvulas solenoides moduladoras están energizadas, el aceite fluye hacia los embragues de la transmisión (40).

Un interruptor de derivación (no mostrado) sobre la parte superior del filtro de transmisión informa al ECM de transmisión sobre la restricción del filtro.

El aceite desde la bomba de lubricación de la transmisión fluye a través del puerto de entrada (6) hacia el colector y válvula diferencial de lubricación de la transmisión (7). El aceite fluye a través de la válvula hacia el módulo de lubricación trasero y por la manguera (8) al módulo de lubricación delantero. El aceite de lubricación se usa para refrigerar y enfriar los engranajes, los rodamientos y los módulos de los embragues de la transmisión.

Las válvulas moduladoras de la transmisión ECPC son sensibles a la contaminación y requieren de aceite muy limpio. Luego de ocurrida una falla en la transmisión limpiar adecuadamente el sistema y reemplazar las válvulas de modulación si es necesario (40).

Nota: para obtener información adicional sobre la limpieza de una transmisión luego de una falla y evitar fallas consecutivas refiérase a la revista de servicio SEPD0918 Procedimiento de limpieza para transmisiones.

3.8.8. Puertos de testeos de la transmisión

Se sitúan los puertos de testeos de la transmisión en la figura 12.

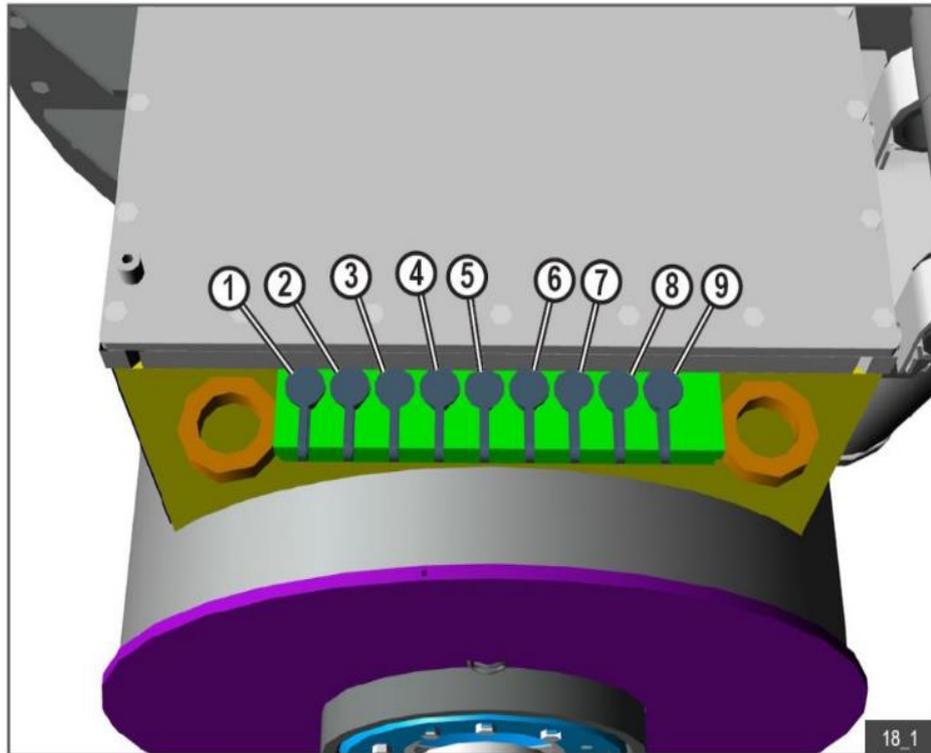


Figura 17. Puertos de testeo de la transmisión. Tomada de Ferreyros

Los puertos de prueba están ubicados en la parte delantera de la caja de cambios, para acceder a los puertos de prueba en la transmisión, se debe levantar la caja del camión, donde presenta los siguientes componentes (35):

1. Presión de alivio principal de la transmisión
2. Presión del embrague 7
3. Presión del embrague 1
4. Presión de entrada del convertidor
5. Presión del embrague 4
6. Presión del embrague 5
7. Presión del embrague 3
8. Presión del embrague 2
9. Presión del embrague 6

3.8.9. Cabina del operador

Se sitúa la cabina del operador en la figura 12.



Figura 18. Cabina del operador. Tomada de Ferreyros

La cabina de operador tiene los siguientes componentes (35):

1. Asiento con suspensión neumática con sujeción de tres puntos para el operador
2. Palanca del dispositivo de levantamiento
3. Pedal del freno secundario
4. Sistema monitor
5. Columna de dirección
6. Controles de la transmisión
7. Medidores
8. Compartimiento de almacenamiento
9. Asiento con suspensión neumática para el instructor
10. Ventana del operador
11. Controles del operador
12. Calefacción y aire acondicionado
13. ROPS de cuatro postes
14. Monitor del sistema de cámaras (optativo)
15. Monitor MineStar (optativo)
16. Posavasos
17. Luces interiores del techo

3.8.9.1. Entorno del operador

Los clientes ahora pueden elegir la cabina equipada con las características deseadas. Hay tres opciones basadas en configuraciones comunes. Los servicios disponibles incluyen cabina estándar, cabina deluxe o cabina Deluxe para clima frío (34).

3.8.9.2. Diseño ergonómico

Para minimizar la fatiga del operador y maximizar la productividad, la nueva estación del operador de la serie F está diseñada ergonómicamente para un control superior de la máquina en un entorno cómodo, eficiente y seguro. Los controles, palancas, interruptores y medidores están ubicados para facilitar su uso (35).

3.8.9.3. Área de visibilidad

Diseñado para proporcionar una excelente visibilidad del entorno y una línea de visión despejada para el transporte por carretera, el gran campo de visión proporciona un campo de visión excepcional y permite al conductor mantener una alta productividad con confianza. El filtro de aire se mueve al frente del camión para permitir una mejor visibilidad para el conductor (34).

3.8.10. Sostenibilidad

Unas variedades de características mejoran la sostenibilidad en áreas en las que disminuye la cantidad de desperdicios, lo que prolonga la vida útil de los componentes y reduce los niveles de emisiones. Se sitúa la sostenibilidad en la figura 19.



Figura 19. Sostenibilidad. Tomada de Ferreyros

3.8.10.1. Características de la sostenibilidad

El camión minero 797F ofrece filtración continua en el eje trasero, filtros de larga duración e intervalos de servicio prolongados que reducen las emisiones al medio ambiente (35).

3.8.10.2. Motores con tecnología avanzada

El motor de tecnología avanzada emite menos emisiones al medio ambiente mientras mantiene la eficiencia del combustible (35).

3.8.10.3. Tecnología de superficie avanzada (AST)

La tecnología de superficie avanzada (AST) reemplaza el cromado duro en algunos componentes de acero, incluido el eje de suspensión y el elevador. Esta tecnología mejora la resistencia al desgaste y reduce el tiempo de reparación. Chrome eliminado para reducir el impacto ambiental (34).

3.8.10.4. Eficiencia del combustible

El motor proporciona retardo adicional al funcionar en contra de la compresión en los acarreo en las pendientes cuesta abajo. Durante las aplicaciones de retardo, el Módulo de Control Electrónico (ECM) del motor no inyecta combustible en los cilindros para proporcionar una economía de combustible excepcional (35).

3.8.11. Respaldo al cliente

Se sitúa el respaldo al cliente en la figura 20.



Figura 20. Respaldo al cliente. Tomada de Ferreyros

La red de distribuidores con mayor experiencia del mundo ayuda a mantener la disponibilidad y funcionamiento.

3.8.11.1. El compromiso marca la diferencia

Los distribuidores Cat ofrecen una amplia gama de soluciones, servicios y productos para ayudar a reducir costos, mejorar la productividad y trabajar de manera más eficiente. Desde el momento en que elige su máquina Cat hasta el día en que la reemplaza o la vende, el respaldo que recibe de su distribuidor Cat es lo que marca la diferencia (18).

3.8.11.2. Capacidad del distribuidor

Los distribuidores Cat brindan el nivel de soporte que necesita en todo el mundo. Los técnicos tienen el conocimiento, la experiencia, la capacitación y las herramientas para satisfacer sus necesidades de mantenimiento y reparación cuando y donde las necesite.

3.8.11.3. Respaldo al producto

Cuando los productos Cat llegan al mercado, cuentan con el respaldo de una red mundial de instalaciones de distribución de piezas, centros de servicios de los distribuidores y las instalaciones de capacitación técnicas, para mantener el equipo funcionando y en buenas condiciones. Los clientes de Cat confían en la disponibilidad inmediata de piezas confiables, a través de la red de distribuidores globales, listas para satisfacer sus necesidades de manera ininterrumpida (34).

3.8.11.4. Respaldo de servicio

Todos los equipos Cat están diseñados y fabricados para lograr la máxima productividad y rendimiento económico durante la vida útil del equipo. Los distribuidores Cat ofrecen una amplia gama de programas de mantenimiento para maximizar el tiempo de actividad y el retorno de la inversión:

- Programas de mantenimiento preventivo
- Programas de diagnóstico, como el análisis programado de aceite y el análisis técnico
- Opciones de reconstrucción y reman
- Convenios de respaldo al cliente

3.8.11.5. Conocimiento acerca de la aplicación

Los costos de operación y mantenimiento se ven afectados por muchos factores específicos de la función y la aplicación, tales como, densidad del material, ubicación de la carga, tonelaje, grado, velocidad, etc. Mantenimiento y diseño de rutas de transporte. Su distribuidor Cat puede asesorarlo sobre los efectos que las especificaciones de aplicación y operación pueden tener en los costos de operación y mantenimiento (40).

3.8.11.6. Operación

Su distribuidor Cat puede organizar programas de capacitación que mejoren la productividad del operador, reduzcan el tiempo de inactividad, reduzcan los costos operativos y mejoren la seguridad.

3.8.12. Facilidad del servicio

Se sitúa la facilidad del servicio en la figura 21.



Figura 21. Facilidad del servicio. Tomada de Ferreyros

La reducción del tiempo de mantenimiento da como resultado una mayor productividad.

3.8.12.1. Facilidad de reparación

El fácil acceso a los puntos de servicio diario simplifica las reparaciones y reduce el tiempo dedicado al mantenimiento de rutina. Capacidad de servicio mejorada e intervalos de servicio extendidos diseñados para aumentar el tiempo de actividad y la productividad de la máquina (40).

3.8.12.2. Acceso dentro de los bastidores

Permite fácil acceso a los componentes principales para facilitar la reparación y la remoción.

3.8.12.3. Acceso a nivel del suelo

Los puntos agrupados a nivel del suelo permiten el mantenimiento conveniente de tanques, filtros, drenajes, baterías, sistemas de lubricación automática, tomas de presión, monitores, hidrómetros y parada del motor. El puerto de datos terrestres de VIMS permite una fácil carga de datos.

3.8.12.4. Lubricación automática

El sistema de lubricación automática reduce el tiempo de mantenimiento al lubricar automáticamente los componentes necesarios con regularidad. Análisis programado de aceite de las válvulas de muestreo SOS agilizan la toma de muestras y facilitan un análisis confiable (40).

3.8.12.5. Conectores eléctricos sellados

Los conectores eléctricos están sellados para impedir la entrada de polvo y humedad. Los mazos están trenzados para ofrecer mayor protección. Los cables están codificados por color para facilitar el diagnóstico y la reparación (34).

3.8.13. Seguridad

Se sitúa el seguridad en la figura 22.



Figura 22. Seguridad. Tomada de Ferreyros

Diseñado considerando la seguridad como prioridad principal.

3.8.13.1. Seguridad del producto

Caterpillar está preocupada por la seguridad y ha sido y continúa siendo proactiva en el desarrollo de máquinas de minería que cumplen o exceden los estándares de seguridad. La seguridad es parte integral de los diseños de todas las máquinas y sistemas (35).

3.8.13.2. Acceso y salida

Los mejoramientos para el acceso y la salida a nivel de la máquina incluyen una escalera diagonal estándar de 600 mm (24") a través de la parte delantera de la máquina. Los mejoramientos para el acceso a nivel del suelo incluyen una escalera eléctrica optativa de acceso (34).

3.8.13.3. Sistema *Cat Detect*

Es importante siempre conocer que está en torno al modelo 797F. El sistema *Cat Detect* se instala en fábrica como equipos estándar en camiones mineros 797F. El sistema completo *Cat Detect*, radar y cámara, proporciona indicaciones sonoras y visuales de los objetos detectados. Este sistema utiliza una combinación de radares de corto y mediano alcance que rodean la máquina, junto con las cámaras a cada lado para permitir que el operador confirme el objeto detectado. Las cámaras complementan las alertas de los radares y se seleccionan mediante menús en pantallas táctiles a través de una interfaz intuitiva (34).

3.8.13.4. Política de sobrecargas

La seguridad es integral para mantener la máxima productividad en sus operaciones de minería. La política de sobrecarga 10/10/20 de Caterpillar asegura que los sistemas de dirección y frenado tengan suficiente capacidad para funcionar, incluso con 20 % de sobrecarga (34).

3.8.13.5. Características de seguridad adicionales

- Superficies resistentes a los resbalamientos
- Sujeción color naranja de tres puntos y de 76 mm (3") de ancho para el operador
- Espejos de ángulo amplio
- Indicador elevado de la caja
- Cables de retención de la caja
- Rieles de protección
- Neutralizador de retroceso al descargar
- Bajo nivel de ruido interior

3.8.13.6. Caja de aislamiento

La caja de seguridad del parachoques delantero incluye interruptor de parada del motor, bloqueo de la batería, bloqueo del motor de arranque y bloqueo de la transmisión (35).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de las actividades profesionales

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

Mediante el diagrama de Jack Knife se puede identificar el número de paradas de los equipos con relación a sus sistemas y subsistemas. Se sitúa el enfoque de las actividades en la tabla 4.

Tabla 4. Enfoque de las actividades profesionales

T (Hr) POR EQUIPO		8008				
#	SUBSISTEMA	# TOTAL DE FALLAS	TIEMPO DE PARADAS (Hr)	MTTR	TASA DE FALLAS (1/MTBF)	INDISPONIBILIDAD
1	NEUMATICO Y RUEDA	2311	2367	1.0	0.28859	30%
2	SISTEMA ELECTRICO	1245	1786	1.4	0.15547	22%
3	ESTACION DE OPERADOR	339	547	1.6	0.04233	7%
4	SISTEMA DE MOTOR	198	622	3.1	0.02473	8%
5	SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	193	783	4.1	0.02410	10%
6	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	186	385	2.1	0.02323	5%
7	SISTEMA DE AUTO LUBRICACION	169	182	1.1	0.02110	2%
8	SISTEMA DE DIRECCION	146	297	2.0	0.01823	4%
9	SISTEMA DE ARRANQUE	145	293	2.0	0.01811	4%
10	SISTEMA DE FRENADO	142	457	3.2	0.01773	6%
11	SISTEMA DE TRANSMISION	126	325	2.6	0.01573	4%
12	SISTEMA HIDRAULICO	115	287	2.5	0.01436	4%
13	DIFERENCIAL	96	270	2.8	0.01199	3%
14	LUBRICACION PREVENTIVA DE GRASA	74	130	1.8	0.00924	2%
15	SISTEMA DE LUBRICACION	73	88	1.2	0.00912	1%
16	CARGA (TOLVA)	68	808	11.9	0.00849	10%
17	SUSPENSION	66	201	3.0	0.00824	3%
18	TRANSMISION	65	250	3.8	0.00812	3%
19	MOTOR	58	413	7.1	0.00724	5%
20	SISTEMA DE CONTROL DE MOTOR ELECTRICO	37	133	3.6	0.00462	2%
21	CONVERTIDOR DE TORQUE	13	37	2.8	0.00162	0.5%
22	ENSAMBLE DE CULATA DE CILINDRO	8	35	4.4	0.00100	0.4%
23	COMPRESOR DE AIRE	4	4	1.0	0.00050	0.05%
24	CONTROL AUXILIAR	2	1	0.5	0.00025	0.01%
				2.9	0.03059	9%

X	Y
TASA DE FALLAS	
0.03059	1
0.03059	100
MTRR	
0.0001	2.9
1	2.9
INDISPONIBILIDAD	
0.001	90.17564703
1	0.090175647

Se sitúa el diagrama de Jack Knife en la figura 23.

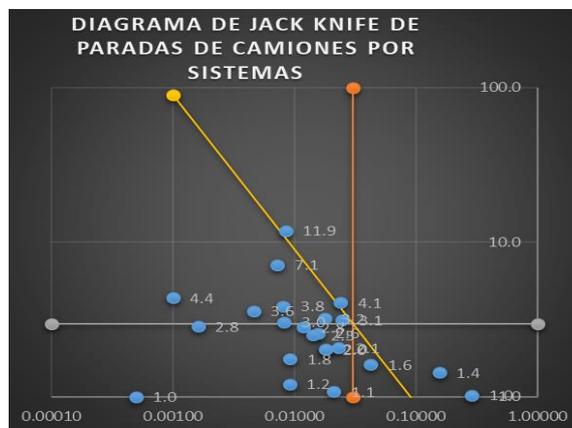


Figura 23. Diagrama de Jack Knife de paradas de camiones por sistemas

Se puede inferir que según el análisis que se ha realizado previamente con *Top Five*, también se observa los siguientes subsistemas:

- Neumáticos y ruedas
- Sistema eléctrico
- Estación del operador
- Sistema de carga y tolva
- Sistema de admisión y escape

Por lo tanto, se deduce que los subsistemas son los que poseen mayor criticidad, en consecuencia, se propone elaborar y aplicar un plan de mantenimiento para que se logre reducir el número y tiempo de paradas. A continuación, se muestra en la siguiente figura cuatro tipos de fallas. Se sitúa los tipos de fallas en los subsistemas en la figura 24.

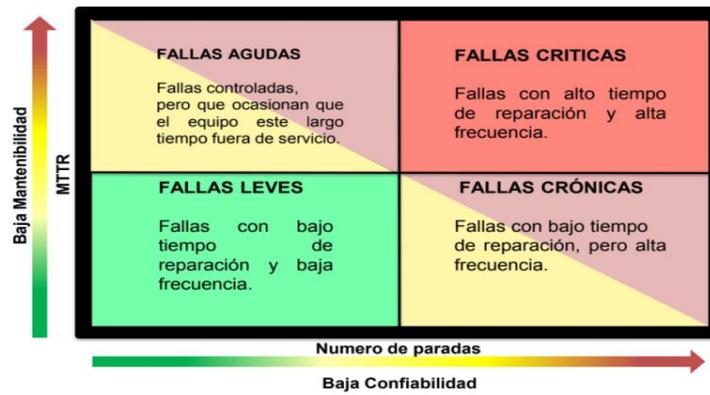


Figura 24. Tipos de fallas en los subsistemas

4.1.2. Alcance de las actividades profesionales

Mediante el presente trabajo se pretende mejorar varios aspectos en el área de mantenimiento de las flotas de camiones 797F que realiza la empresa Ferreyros S. A., ya que en 2020 se presentó una baja disponibilidad por diferentes factores. Esta investigación se plantea con la finalidad de lograr un alcance óptimo y de largo plazo en beneficio de la organización.

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

Se desarrolló formatos, test y entregables para cada mantenimiento de los camiones mineros con la finalidad de realizar una preinspección antes de realizar el mantenimiento correspondiente y a la vez se desarrollaron formatos de inspección y test para su inspección durante y después del mantenimiento con la finalidad que el equipo, cuando salga de mantenimiento, no tenga paradas innecesarias y recurrentes por correctivos, entre los formatos desarrollados están los siguientes:

- a. Inspección de prelavado
- b. Inspección de cabina
- c. Inspección de ubicación de filtros
- d. Test de convertidor
- e. Test de dirección
- f. Test de eficiencia de freno
- g. Test de enfriamiento
- h. Test de evaluación de motor rax
- i. Test de suspensión
- j. Test de evaluación de transmisión
- k. Test de motor
- l. Test de sistema de levante

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

El desarrollo de las actividades parte de la observación de problemas y fallas; por ello, se recopilaban datos de campo y en base a estudios técnicos, como en los trabajos diarios desarrollados, sumado a esto, se encuentra la elaboración según las necesidades para planificar las estrategias de mantenimiento en función a los objetivos trazados.

La metodología corresponde al método descriptivo, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice en la investigación. Se dirigen los esfuerzos a la descripción de hechos relacionados con el plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos pesados de la empresa Southern Perú Operación Toquepala.

4.2.2. Técnicas

En la realización del trabajo a desarrollar se revisó y recogió el equipo pesado de la empresa. Algunos de los métodos utilizados para recopilar información incluyen:

4.2.2.1. Observación directa

La población encuestada incluye empleados de los sectores de mantenimiento y logística, quienes están directamente involucrados en el mantenimiento y operación de equipos pesados, por lo que se toma en cuenta la denominada muestra no probabilística. Tenida en cuenta, de la siguiente manera:

- Superintendente de Operación
- Jefe de Operación
- Supervisor de Mantenimiento
- Planeamiento
- Logística
- Mecánicos Nivel 1
- Mecánicos Nivel 2
- Mecánicos Nivel 3
- Mecánicos Nivel 4
- Mecánicos Nivel 5

4.2.2.2. Entrevistas

Se utilizó la entrevista para el desarrollo del trabajo, dicha técnica consiste en obtener testimonios, opiniones, experiencias y documentos sobre el estado actual y mantenimiento de los equipos de la empresa. Se requiere permiso del líder del equipo, talleres; la participación del equipo de mantenimiento es absolutamente necesaria en este estudio, para participar y aprender sobre los problemas de mantenimiento en la empresa.

4.2.2.3. Encuestas

Esta técnica se utilizó para recabar información de forma escrita del área de mantenimiento, complementando a las entrevistas realizadas. Para ello, se elaboraron una serie de cuestionarios con la finalidad de que el personal pudiera expresar sus ideas, opiniones de forma precisa para contribuir con el logro de los objetivos propuestos.

4.2.2.4. Análisis de criticidad

Este análisis permitió analizar e identificar en nivel de criticidad y la importancia de los equipos pesados de la empresa, tomando en cuenta los factores como cantidad de fallas, tiempo promedio de falla, disponibilidad de repuestos, efectividad, *backlog*, seguridad de personal, equipos y ambiente.

4.2.3. Instrumentos

Entre los instrumentos utilizados están los siguientes:

- Formato de entrevista
- Formato de encuesta
- Registro del personal involucrado

4.3. Ejecución de las actividades profesionales

4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

Tabla 5. Cronograma de actividades realizadas

Actividades	Tiempo	2021					2022		
		Agosto	Setiembre	Setiembre	Setiembre	Octubre	Octubre	Octubre	Noviembre
1. Elección del tema		X							
2. Revisión de bibliografía		X							
3. Sistematización de bibliografía sobre análisis de sistema de mantenimiento preventivo programado, análisis de indicadores de mantenimiento.			X						
4. Recolección de información de campo, por medio de entrevistas y observación.				X					
5. Elaboración del sistema de mantenimiento preventivo programado					X				
6. Validación del sistema de mantenimiento preventivo programado						X			
7. Evaluación del sistema							X		
8. Redactar el informe final								X	
9. Sustentación									X

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Un plan de mantenimiento programado no es más que el conjunto de gamas de mantenimiento elaboradas para atender una instalación. Este plan contiene todas las tareas necesarias para prevenir los principales fallos que puede tener la instalación. Es importante entender bien esos dos conceptos: que el plan de mantenimiento es un conjunto de tareas de mantenimiento agrupados en gamas, y que el objetivo de este plan es evitar determinadas averías (26).

Tabla 6. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

Aspectos de Mantenimiento	Comportamiento 1era Generación (I Guerra Mundial - 1950)	Comportamiento 2da Generación (1950 - 1970)	Comportamiento 3era Generación (1970 - 2000)	Comportamiento 4ta Generación (2000 - Presente)
Expectativas del mantenimiento	Reparar equipos cuando estén dañados	- Equipos con mayor disponibilidad - Mayor duración de los equipos - Bajos costos de mantenimiento	- Equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad - Incremento en la seguridad - Sin daño al ambiente - Mejor calidad de producto - Mayor duración de los equipos	- Equipos con mayor disponibilidad y confiabilidad - Incremento en la seguridad - Sin daño al ambiente - Producto de mejor calidad - Mayor Costo – Efectividad - Manejo del Riesgo (legislación, procedimientos, entrenamientos, equipos para minimizar el riesgo, etc.)
Visión sobre la falla del equipo	Todos los equipos se desgastan	Todos los equipos cumplen con la "curva de la bañera"	Existen 6 patrones de falla	Fallas desde el punto de vista del error humano, error del sistema, error de diseño y error de selección (Confiabilidad Operacional)
Técnicas de mantenimiento	Todas las habilidades de reparación	- Mantenimientos mayores planeados y programados - Sistemas de planificación y control de los trabajos (PERT, Gantt, etc.) - Computadoras grandes y lentas	- Mantenimiento predictivo - Diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad - Estudio de riesgos - Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, FMECA) - Computadoras pequeñas y rápidas - Sistemas expertos - Trabajo en equipo y apoderamiento	- Monitoreo por condición - Diseño basado en confiabilidad y mantenibilidad - Estudio de riesgos - Análisis de modos de falla y sus efectos (FMEA, FMECA) - Computadoras pequeñas y rápidas - Trabajo en equipo y apoderamiento (RCA, RCM, TPM, PMO, Modelamiento de confiabilidad, optimización de repuestos etc.) - Internet

Nota: tomada de Principios de Mantenimiento (2007)

Tabla 7. Plan de evaluaciones flota 797F - 6 pasos

	TAREA					
	333	666	1000	1333	1666	2000
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
1	Realizar control de lavado	X	X	X	X	X
2	Realizar Inspeccion PM 797F (Inspector)	X	X	X	X	X
3	Realizar Inspeccion de cabina 797F	X	X	X	X	X
4	Realizar inspeccion y test de sistema de aire acondicionado	X	X	X	X	X
5	Realizar inspeccion de sistema de deteccion de objetos CIODS	X	X	X	X	X
6	Realizar pruebas de motor	X	X	X	X	X
7	Realizar prueba de eficiencia de frenos	X	X	X	X	X
8	Realizar prueba de actuacion de frenos			X		X
9	Probar ciclo de bomba y carga de acumuladores de frenos			X		X
10	Realizar prueba de sistema de direccion y fan - acumuladores de direccion	X		X	X	
11	Inspeccionar la altura y carga de suspensiones		X			X
12	Realizar prueba de convertidor	X		X		
13	Realizar prueba de transmision	X		X		
14	Realizar prueba de sistema de levante			X		X
15	Inspeccion visual de tolvas	X	X	X	X	X
16	Inspeccion con ultrasonido de tolvas (Cada 4000 hrs)			X		
17	Evaluacion de sistema de enfriamiento de frenos (Cada 4000 hrs)	X				
18	Realizar presurizacion del sistema de admision				X	
19	Inspeccion de calidad y entrega de equipo	X	X	X	X	X

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. Resultados finales de las actividades realizadas

5.1.1. Disponibilidad y utilización en camiones 797F

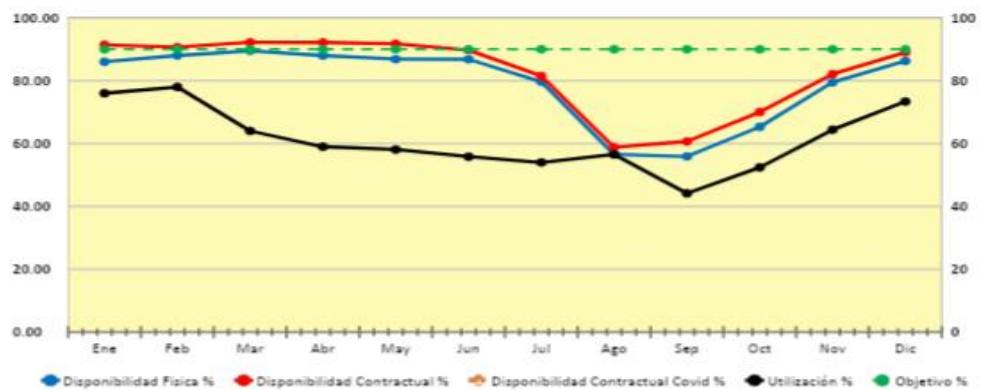


Figura 25. Disponibilidad de flota por mes



Figura 26. Disponibilidad de flota por año

797F (31 Equipos)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	YTD 2020
Disponibilidad Física %	86.00	88.00	89.53	88.00	86.84	86.81	79.65	56.55	55.89	65.33	79.48	86.27	79
Disponibilidad Contractual %	91.43	90.67	92.21	92.17	91.76	89.74	81.51	58.83	60.67	70.02	82.09	89.06	83
Utilización %	76	78	64	59	58	56	54	57	44	52	64	73	61
Objetivo %	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Figura 27. Diagrama de disponibilidad y utilización de la flota de Camiones 797F año 2020. Tomada de Contrato MARC FESA



Figura 28. Tendencia de disponibilidad 2020

Para la flota de camiones 797F durante los tres últimos años del contrato MARC se ha logrado cumplir con lo establecido, logrando una disponibilidad mecánica superior al 90 %. Teniendo en el 2017 una disponibilidad mecánica de 91.37 %, en el 2018 se obtuvo un 90.58 % y en el 2019 se llegó a tener un 90.44 %.

Durante el periodo del 2021, Ferreyros decidió como plan estratégico asistir con un especialista de camiones de forma permanente en las paradas no programadas

que pudo tener la operación Toquepala, logrando obtener un soporte técnico de hasta un 71 % de las paradas no programadas, muestra de ello se reflejó en el año 2020 al incrementarse la disponibilidad de 79.67 % a 88.86 %.

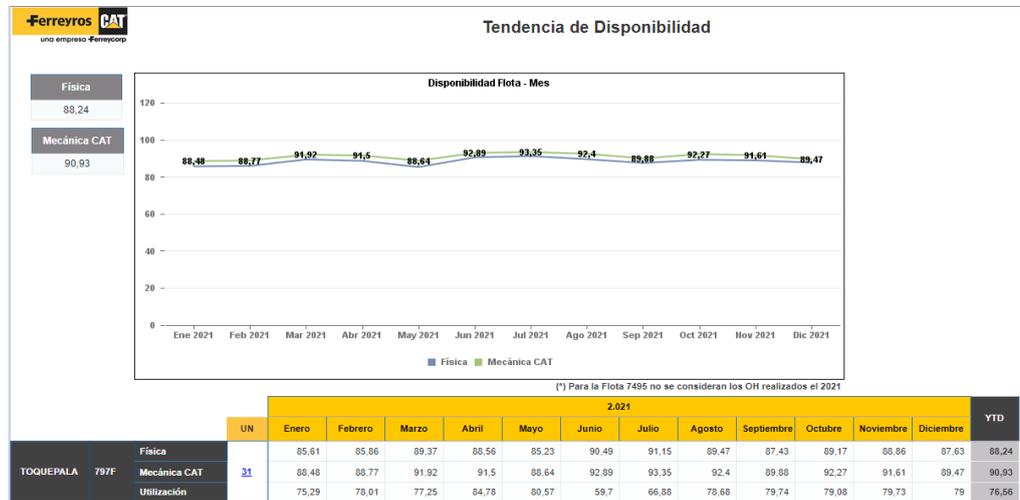


Figura 29. Tendencia de disponibilidad 2021

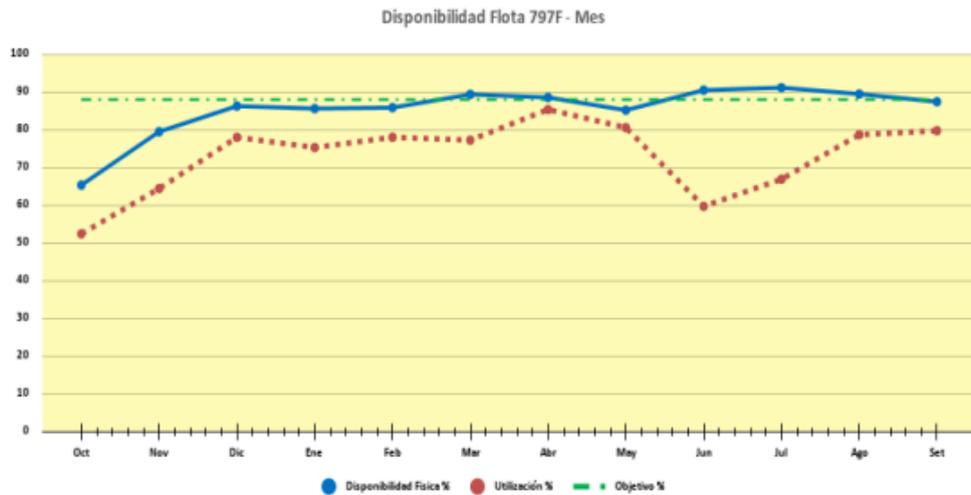


Figura 30. Disponibilidad flota 797F por mes

797F (31 Equipos)	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	YTD
Disponibilidad Física %	65,33	79,48	86,27	85,61	85,86	89,37	88,56	85,19	90,49	91,15	89,47	87,43	88
Utilización %	52,4	64,4	78,0	75,3	78,0	77,2	85,4	80,6	59,7	66,9	78,7	79,7	76
Objetivo %	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88

Figura 31. Diagrama de disponibilidad y utilización de la flota de camiones 797F - 2021

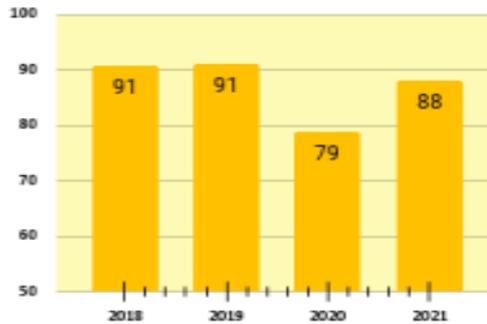


Figura 32. Disponibilidad de la flota de camiones 2021. Tomada de Contrato MARC FESA

5.1.2. Tiempo medio entre fallas para camiones 797

Durante el trayecto del 2020, no se ha cumplido el objetivo de tener un mínimo de 30 horas en el MTBF, siendo el mes de julio el más crítico con un valor de 18 horas después de cada falla.

El poseer una dispersión suficiente apartada del MTBF sin una tendencia que lo respalde, como la obtenida en mayo del 2020 con 14 horas y marzo del 2020 con 24.45 horas. Es un indicativo de que si en un mes cualquiera sobrepasas el valor mínimo (planteado de acuerdo a contexto de trabajo), podría venir en el siguiente mes una serie de paradas repentinas, por ello, la importancia de interpretar de manera óptima los indicadores para tomar decisiones referentes a planes de contingencia.

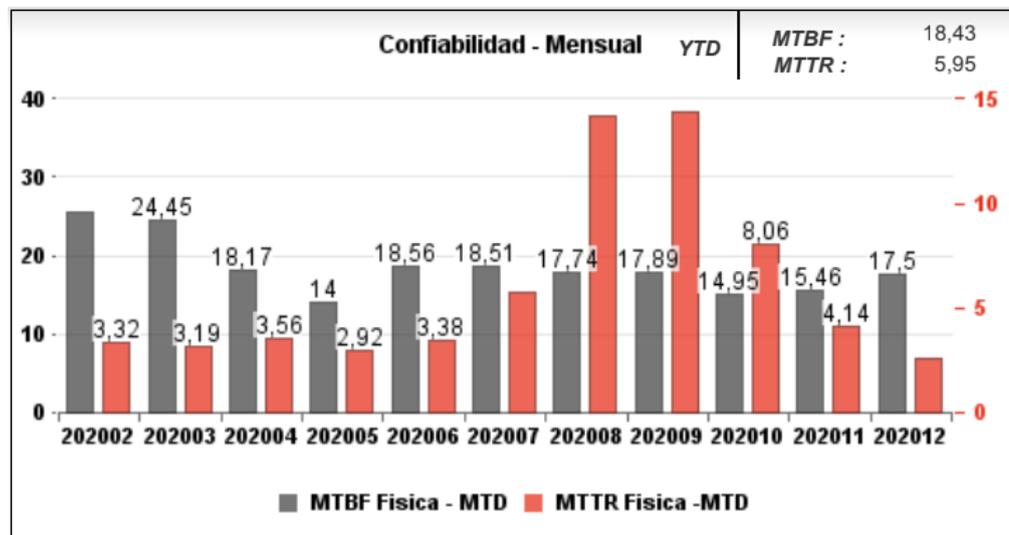


Figura 33. Diagrama MTBF para flota de camiones 797F 2020. Tomada de Contrato MARC FESA

Durante el 2021, se puede apreciar que no se ha cumplido el objetivo de tener un mínimo de 30 horas en el MTBF, siendo como promedio anual 18.13 horas después de cada falla. Como se puede apreciar tienen una tendencia relativamente uniforme.

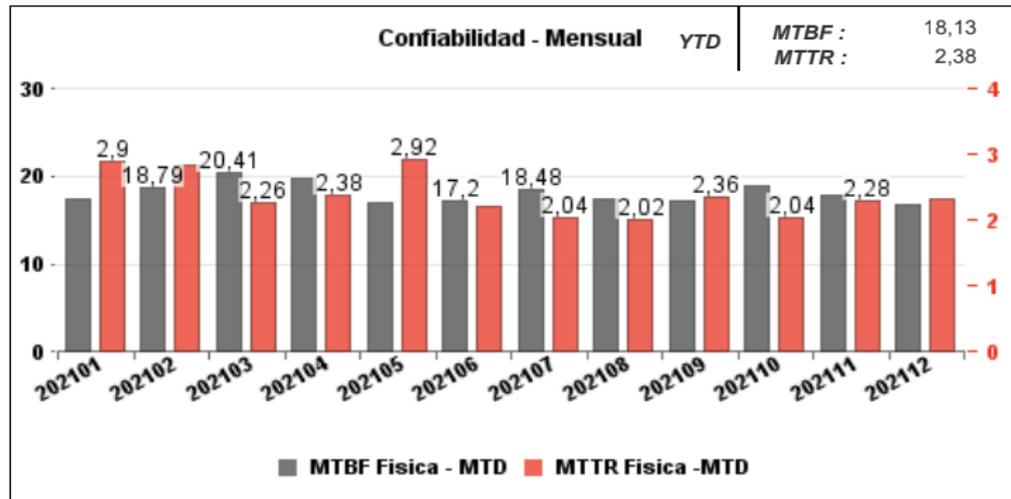


Figura 34. Diagrama MTBF para flota de camiones 797F 2021. Tomada de Contrato MARC FESA

Tabla 8. Principales paradas durante el 2020 de la flota de camiones 797F

Equipo	Fecha de parada	Horas de parada	Descripción
797F-77	27/11/2020	117.28	Cambio de motor por falla y PCR
797F-60	12/12/2020	84.93	Falla de rotula de cilindro de levante de tolva + Cambio de Cilindro de levante RH
797F-109	29/11/2020	77.52	Cambio de Mando Final LH por rotura de pernos de Media luna
797F-68	11/12/2020	50.07	Cambio de sellos Duo Cone de Mando Final RH
797F-103	01/12/2020	46.62	797F-103 TOQ: PM5
797F-74	23/12/2020	45.45	Recarga de suspensi?n + Reparacion de Link Posterior izquierdo
797F-108	18/12/2020	41.17	Reparacion de tolva por soldadura SPCC
797F-69	29/11/2020	40.27	Evaluación por presión alta de bomba de freno.
797F-108	16/12/2020	35.27	Cambio de sellos Dup Cone de Rueda RH por fuga de aceite
797F-64	11/12/2020	31.37	797F-64 TOQ: PM6
797F-78	09/12/2020	30.03	Evaluacion por pérdida de fuerza + Cambio de inyectores 3 4 5 6 14 17 20
797F-101	10/12/2020	29.30	797F-101 TOQ: PM6 + Cambio de acumulador de frenos
797F-111	19/12/2020	29.28	797F-111 TOQ: PM5 + Cambio de sellos Duo cone de Mando final RH
797F-109	06/12/2020	25.65	Cambio de bomba de frenos por falla interna (reparada)
797F-103	25/12/2020	24.78	797F-103 TOQ: PM6 + ENLLANTE
797F-77	31/12/2020	24.55	797F-77 TOQ: PM5 + CALIBRACION INICIAL DE MOTOR DIESEL
797F-109	10/12/2020	24.05	Evaluacion por falla de carrera de freno alto
797F-68	19/12/2020	21.18	Cambio de turbos dañados #1 #2 #4 - Turbos salientes de motor
797F-69	23/12/2020	20.60	797F-69 TOQ: PM2
797F-71	18/12/2020	20.38	797F-71 TOQ: PM5

Nota: tomada de Contrato MARC FESA

Tabla 9. Principales paradas durante el 2021 de la flota de camiones 797F

Equipment	Description	Down Time	Downtime Hours
797F-63 TOQ: 797F	Evaluacion de sistema de frenos por falla. Cambio de Rueda delantera Izquierda por condicion + Cambio de suspension delantera RH	12/09/2021	91.15
797F-67 TOQ: 797F	797F-67 TOQ: PM 3 + Cambio de motor + Enllante 4.48 am	20/09/2021	71.85
797F-63 TOQ: 797F	Cambio de turbocargador #3 y #4 (Extraido del motor saliente)	20/09/2021	68.58
797F-104 TOQ: 797F	Reparacion de tolva SPCC	01/09/2021	57.17
797F-110 TOQ: 797F	797F-110 TOQ: PM 5 + Cambio de ruedas y suspensiones RH y LH + Reparacion de acumulador de direccion 1 2 3 por fuga interna	13/09/2021	57.13
797F-102 TOQ: 797F	797F-102 TOQ: PM 4 + Cambio de diferencial	01/09/2021	53.97
797F-101 TOQ: 797F	Soldadura de tolva	03/09/2021	52.55
797F-76 TOQ: 797F	797F-76 TOQ PM1 + Cambio de motor	03/09/2021	50.28
797F-75 TOQ: 797F	Reparacion de tolva SPCC	05/09/2021	48.97
797F-109 TOQ: 797F	Evaluacion de bomba de frenos + cambio de bomba de frenos y asiento de operador	10/09/2021	42.02
797F-60 TOQ: 797F	797F-60 TOQ: PM 3 + Cambio de transmision por falla	08/09/2021	41.43
797F-107 TOQ: 797F	797F-107 TOQ: PM 2 + Cambio de diferencial + Cambio de Mandos Finales RH/LH	17/09/2021	34.88
797F-79 TOQ: 797F	797F-79 TOQ: PM2 + Cambio de transmision	24/09/2021	27.98
797F-78 TOQ: 797F	797F-78 TOQ: PM 2 + REPARACION DE ACUMULADOR DE PARQUEO #1 Y SERVICIO #2 (16.379 HRS)	18/09/2021	26.67
797F-111 TOQ: 797F	797F-111 TOQ: PM 4 + Calibración de válvulas y medición de recesión	02/09/2021	23.92
797F-105 TOQ: 797F	797F-105 TOQ: PM 2	07/09/2021	23.27
797F-66 TOQ: 797F	797F-66 TOQ: PM 3 + CAMBIO DE RUEDA DELANTERA RH	27/09/2021	22.92
797F-106 TOQ: 797F	797F-106 TOQ: PM 8	10/09/2021	22.55

Nota: tomada de Contrato MARC FESA

5.1.3. Programa de cambio de componentes de camiones 797F

Tabla 10. Programa de cambio de componentes de camiones 797F

Problema actualizado (02/11/21)	ROTOR (PCR: 18000 HRS)	PLATINA (PCR: 18000 HRS)	VALVULA (PCR: 18000 HRS)	RUEDA RH (PCR: 18000 HRS)	RUEDA LH (PCR: 18000 HRS)	DIFERENCIAL (PCR: 18000 HRS)	MANDO FINAL RH (PCR: 18000 HRS)	MANDO FINAL LH (PCR: 18000 HRS)	SUSPENSION DELANTERA RH (PCR: 18000 HRS)	SUSPENSION DELANTERA LH (PCR: 18000 HRS)	SUSPENSION POSTERIOR (PCR: 20000 HRS)	SUSPENSION POSTERIOR LH (PCR: 20000 HRS)	GRUPO DE LEVANTA RH (PCR: 20000 HRS)	GRUPO DE LEVANTA LH (PCR: 20000 HRS)
CAF-60	LAU00292 4251	13676	8216	7126	7360	6482	12212	15222	7126	14222	14222	14222	102	14222
CAF-61	LAU00289 345	11959	9957	13749	9957	8222	8441	21952	21952	6282	6282	6282	6282	6282
CAF-62	LAU00290 5624	2625	11213	4261	7427	2469	11013	8261	4261	12259	12259	12259	12259	12259
CAF-63	LAU00296 18223	18724	10336	10336	5261	21822	8210	8210	5261	22412	22412	22412	22412	22412
CAF-64	LAU00238 13623	9228	9228	17829	17829	19193	10394	15214	17829	17829	27129	27129	27129	27129
CAF-65	LAU00295 18142	18142	18142	18142	18142	21814	18142	18142	18142	18142	18142	18142	18142	18142
CAF-66	LAU00299 2872	3317	3452	15671	13187	10344	5056	4261	10711	13187	13021	4261	14261	15262
CAF-67	LAU00284 12426	14229	8178	15172	4577	17974	7287	18172	14960	13470	10179	18172	10179	10179
CAF-68	LAU00229 23482	2625	12262	14236	11210	18273	22626	20262	14236	11210	22626	22626	22626	22626
CAF-69	LAU00269 4245	2721	15212	14919	13712	14266	2302	14266	14919	13712	22644	22644	745	745
CAF-70	LAU00260 15220	15220	12406	12406	13406	11656	11656	11656	12406	12406	22754	22754	22754	22754
CAF-71	LAU00261 16224	12811	12811	12811	12811	12811	12811	12811	12811	12811	22811	22811	22811	22811
CAF-72	LAU00262 14237	14237	14237	14237	14237	14237	14237	14237	14237	14237	22837	22837	22837	22837
CAF-73	LAU00263 14124	10221	12313	11919	11919	11482	6903	11482	17645	10919	22903	22903	22903	22903
CAF-74	LAU00264 12417	12417	12417	12417	12417	12417	12417	12417	12417	12417	22417	22417	22417	22417
CAF-75	LAU00265 12522	12522	12522	12522	12522	12522	12522	12522	12522	12522	22522	22522	22522	22522
CAF-76	LAU00266 12421	12421	12421	12421	12421	12421	12421	12421	12421	12421	22421	22421	22421	22421
CAF-77	LAU00267 421	13262	13262	8216	8216	8216	8216	8216	8216	8216	22426	22426	22426	22426
CAF-78	LAU00268 21172	11179	10984	11172	11172	9199	9199	9199	11172	11172	22674	22674	22674	22674
CAF-79	LAU00269 3624	11221	10160	10160	6316	9787	9029	9029	10160	6316	22143	22143	22143	22143
CAF-101	LAU00280 7354	7070	7354	21419	21419	21419	21419	21419	21419	21419	21419	21419	21419	21419
CAF-102	LAU00290 6273	6273	6273	19476	19476	1224	19476	19476	19476	19476	19476	19476	19476	19476
CAF-103	LAU00296 901	18103	901	18103	18103	6313	18103	18103	18103	18103	18103	18103	18103	18103
CAF-104	LAU00238 10225	15959	15959	2521	15959	15959	15959	15959	15959	15959	15959	15959	15959	15959
CAF-105	LAU00290 2711	1762	2711	22040	22040	22040	22040	22040	22040	22040	22040	22040	22040	22040
CAF-106	LAU00299 2712	2712	2712	20210	20210	20210	20210	20210	20210	20210	20210	20210	20210	20210
CAF-107	LAU00284 12509	12509	12509	18478	18478	18478	18478	18478	18478	18478	18478	18478	18478	18478
CAF-108	LAU00229 11144	8209	1144	11223	11223	11223	11223	11223	11223	11223	11223	11223	11223	11223
CAF-109	LAU00269 913	16727	913	16727	16727	16727	16727	16727	16727	16727	16727	16727	16727	16727
CAF-110	LAU00260 10223	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745	17745
CAF-111	LAU00261 542	17954	2622	17954	17954	17954	17954	17954	17954	17954	17954	17954	17954	17954

CAT-60 RUEDA LH (PCR: 18000 HRS) Incremento de fecha en aceite de rueda, componente cerca a PCR
 CAT-61 RUEDA RH (PCR: 18000 HRS) Incremento de fecha en aceite de rueda, componente cerca a PCR
 CAT-104 RUEDA LH (PCR: 18000 HRS) Prgr ajuste al cambio de componente por horas de servicio
 CAT-105 RUEDA LH (PCR: 18000 HRS) Prgr ajuste al cambio de componente por horas de servicio
 CAT-106 RUEDA LH (PCR: 18000 HRS) Prgr ajuste al cambio de componente por horas de servicio
 CAT-108 RUEDA RH (PCR: 18000 HRS) Incremento de fecha en aceite de rueda, componente cerca a PCR
 CAT-110 RUEDA RH (PCR: 18000 HRS) Incremento de fecha en aceite de rueda, componente cerca a PCR
 CAT-111 RUEDA LH (PCR: 18000 HRS) Incremento de fecha en aceite de rueda, componente cerca a PCR

5.1.4. Salud de los componentes mayores de camiones 797F

Para que se pueda determinar los PCR de los componentes mayores de los camiones 797F, se han evaluado, junto con el cliente, factores como la exigencia de trabajo, estrategia de mantenimiento y capacidad operacional.

Determinando lo siguiente:

- Para motores diésel, transmisiones, convertidores de par, diferenciales y transmisiones finales, se consideran 16.000 horas PCR, lo que significa que después de estas horas de trabajo se realizarán los cambios programados.

Durante este ciclo de vida, el objetivo es lograr más del 90 % de disponibilidad y el costo de reparar los componentes principales anteriores no debe exceder el 60 % del costo nuevo.

- El conjunto del mecanismo de las ruedas delanteras, suspensiones delanteras y posteriores se han considerado como PCR 14000 horas.

Como leyenda del cuadro usado para el seguimiento del cambio de componentes por PCR, se trabaja con cuatro colores; el verde indica que el componente se encuentra trabajando dentro de su PCR, el amarillo indica que el componente está cercano a cumplir su PCR, el rojo indica que el componente supero su PCR y aún no ha ejecutado su cambio en el equipo, el azul indica el porcentaje actual del componente. Hasta setiembre del 2021 se tienen componentes que se encuentra trabajando superior a su PCR.

5.2. Logros alcanzados

- Mejoramiento de la confiabilidad y disponibilidad
- Contratación de personal por la demanda de trabajo y equipos
- Reducción de mantenimiento preventivo (PM) y disminución en la cantidad de PM aplicadas en los camiones 797F
- Reducción de mantenibilidad por la contratación de nuevo personal

5.3. Dificultades encontradas

- Debido a la coyuntura actual del Covid-19 el régimen de trabajo del personal ha sufrido muchas variantes, que actualmente no se regulariza y esto genera cansancio y poca motivación en los trabajadores de la empresa.
- Reducción de personal por la situación actual del Covid-19.
- En consecuencia, por la pandemia, en temas logísticos, los pedidos de repuestos demoran en llegar a la empresa.
- En el caso del personal, debido al Covid-19, la empresa, por temas de protocolo, estableció que antes de laborar deben cumplir un aislamiento de 15 días en hoteles establecidos y con el régimen variado, esto generó reducción de personal y cansancio en los trabajadores.

5.4. Planteamiento de mejoras

5.4.1. Metodologías propuestas

En el presente trabajo se propone aplicar lo siguiente:

- Plan de mantenimiento preventivo

5.4.2. Descripción de la implementación

Se propone desarrollar un plan de mantenimiento que tendrá como objetivo reducir el tiempo y el número de paradas de la flota de camiones 797F de la empresa Ferreyros S. A.

A continuación, se describe las propuestas que determina el presente estudio:

1. Propuesta de extensión de uso de aceite de motor utilizando Mobil Delvac MX 15W-40 aceite mineral

Protocolo para cambio de horas de mantenimiento de 8 a 6 pasos para motor de volquetes Caterpillar 797f

1.1. Antecedentes

- Operación minera: Toquepala
- Tipo de aceite utilizado actualmente: Mobil Delvac MX 15W40
- Combustible utilizado en el asiento minero: Diésel
- Horas de cambio de aceite utilizado actualmente: 250 horas
- Modelos de volquetes donde se realizará la extensión: CAT 797F
- Cantidad de equipos donde se realizará la prueba: 32 unidades
- Tipo de aceites a utilizar para la prueba:
- Volquetes 60 al 64 usar aceite Shell 15W40
- Volquetes 65 al 111 usar Mobil Delvac MX 15W40 Mineral.

1.2. Objetivos

- La finalidad de realizar esta prueba de desempeño es verificar los beneficios técnicos para el cliente minero que redundarán en ahorros económicos por utilizar el aceite Mobil Delvac MX 15W40 mineral para la lubricación de los motores diésel de los volquetes Caterpillar 797F, motor C175.
- Llevar a 350 horas +/- 10 % el intervalo de cambio de aceite para motores C175 (como línea base de prueba).
- Así mismo, se trabaja con 8 cantidades de PM donde se suele utilizar actualmente hasta el PM8 para cubrir el mantenimiento de un equipo. Se propone solo utilizar hasta el PM6 viendo que los camiones 797F son más viables, para esto se tiene que aumentar la hora de duración de cada PM.

- PM8: cada PM demoraba 250 horas en ejecutarse obteniendo un tiempo de ciclo de 2000 horas.
- PM6: cada PM demorará 350 horas en desarrollarse teniendo un tiempo de ciclo de 2100 horas.

Este producto también permitirá obtener aumento de disponibilidad de máquinas.

1.3. Características del aceite

Mobil Delvac MX 15W-40 mineral. Especificaciones en data sheet del proveedor.

1.4. Equipos

- La población total de equipos serán las 32 unidades de volquetes Caterpillar 797F, donde, 5 unidades (Cat60 - Cat64) utilizarán aceite Shell y los restantes 27 (Cat65 – Cat111) aceite Mobil.

1.5. Estado de motores de equipos

Con fines de comparación del estado de los componentes internos del motor tendrán seguimiento con muestreos de aceite, inspecciones visuales y pruebas.

1.6. Equipos de trabajo:

El equipo de trabajo involucra a Mantenimiento SCC Toquepala, Ferreyros y Mobil. Entre los que se recomiendan:

- Gerentes de territorio
- Ingenieros de lubricación
- Ingenieros in *house*
- Superintendente de sitio minero
- Jefes del sitio minero
- Representantes de ventas
- Especialistas de equipos
- Especialistas de monitoreo y predictivo

1.7. Consideraciones especiales a tener en cuenta

- Precisión actual de servicio, debido a que se extenderá el aceite a 350 horas se

recomienda que la precisión de servicio sea de $\pm 10\%$

- Control de rellenos de aceite, se estima que el consumo de aceite en 350 horas es de 13 galones, por lo que se debe rellenar 10 gal de aceite a las 250 horas (según requiera previa inspección).
- Proyección estadística de desgaste de elementos internos de motor y condición del aceite en base a la proyección de cambio de aceite.

1.8. Configuración de los equipos en línea base

- Corroborar que la configuración del ORS se encuentre en modo «Apagado-Desactivado».
- Verificar el Valor FTS y FLS sea el ajustado por el Dyno de Caterpillar o CRC. (Valor se encuentra en el PSRPT).
- Corroborar que el ajuste de la temperatura del E-Stat está a $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Acert C175).
- Verificar que el consumo de combustible registrado en la configuración del ECM corresponda a ese motor.

1.9. Reportes de status de ejecución de protocolo

Una vez iniciado el proceso de evaluación, y se cuente con resultados de análisis de aceite, se acuerdan reuniones presenciales de trabajo entre Mobil, Ferreyros y el cliente minero, con una frecuencia que se definirán conjuntamente, de acuerdo a los resultados obtenidos.

1.10. Toma de muestras de aceite

Las muestras deben ser tomadas por personal de Ferreyros MARC, que serán analizadas en el laboratorio SOS (Ferreyros), Laboratorio SCC y de ser necesario según solicitud Soltrack (Mobil) para su seguimiento adicional quienes deberán solicitar a laboratorio SPCC. Las muestras para ser analizadas en el laboratorio Mobil serán tomadas en frascos de 100 ml modelo Signum, suministrados por Mobil. Las muestras para el laboratorio SOS de Ferreyros serán tomadas en frascos de 2.5 oz (np: 169 - 7373) provistas por mantenimiento SPCC. Las contramuestras para el monitoreo de cliente podrán ser tomadas en frascos diferentes. Se recomienda mantener estricto control de contaminación contra la exposición a contaminantes (pe: tierra, polvo, etc.).

1.11. Frecuencia de muestreo

Con la finalidad de mantener un buen seguimiento de la condición de los

motores y tomar acciones inmediatas la frecuencia debe ser según el siguiente método:

1. Durante las primeras 1000 horas de prueba (3 PM) la frecuencia consistirá en una muestra a las 250 horas y luego en su respectivo PM de 350 horas. En el caso que los resultados indiquen que los rangos condenatorios de viscosidad, contaminación con combustible, refrigerante o agua se encuentren fuera de los límites permisibles se procederá con el cambio del aceite (drenaje y nuevo llenado) y se realizará un proceso de análisis de causa raíz de la condición anormal. Será un trabajo conjunto entre Ferreyros, Mantenimiento SCC, Mobil y Shell.
2. Después de las 1000 horas se reunirá el equipo de trabajo para decidir si la frecuencia se mantiene o se reduce en base a los datos recolectados en las primeras mil horas y los reportes de alerta de monitoreo de Ferreyros.

1.12. Análisis de aceite usado en laboratorios Ferreyros y Mobil

Se realizará el análisis de las siguientes pruebas:

1. Viscosidad a 100 °C (ASTM-445)
2. Oxidación
3. Contenido de Hollín (*Soot*)
4. Dilución por combustible
5. Porcentaje de agua por destilación
6. TBN (para el laboratorio de Ferreyros no se realiza esta prueba)
7. Nitración y sulfatación (para el laboratorio Signum no se realiza esta prueba)
8. Metales de desgaste: (Fe, Cu, Al, Cr, Pb, Sb, Mb).
9. Metales que verifican contaminación: (Si, Na, K, B).

1.13. Características del aceite Mobil Delvac MX15W40 mineral

Tabla 11. Características del aceite Mobil Delvac MX15W40 mineral

Límites condenatorios: Móvil Delvac MX 15W40					Valores de condición del aceite:	
Prueba	Crít. Sup.	Caut. Sup.	Crít. Inf.	Caut. Inf.		Valores límites
Dilución con combustible (Vol %)	5.01	1.5			Viscosidad (100°C)	+/- 3 cst
Glycol (Vol %)	0.01				Soot	60 UFM
Soot (Abs/0.1 mm)	0.87				Nitración	12 UFM
Viscosidad @100C	18.2	17	10.8	11.9	Sulfatación	34 UFM
Oxidación	0.26	0.20				
Nitración	31	20			Oxidación	17 UFM
TBN	4	5			Combustible	> 4 %
Agua (Vol %)	0.3				Agua	> 0.5 %

1.14. Comportamiento actual de desgaste de aceite

Tabla 12. *Comportamiento actual de desgaste de aceite*

Elementos	Promedio	Desviación	LC	LCS	LSC
Fe	20.92	7.00	27.92	34.92	41.92
Cu	2.35	2.80	5.15	7.95	10.75
Pb	0.72	0.55	1.27	1.82	2.37
Al	2.19	0.66	2.85	3.51	4.18
St	29.80	6.79	36.59	43.39	50.18
Oxi	9.20	1.47	10.67	12.15	13.62

La evaluación de los resultados de análisis se realizará considerando los límites predictivos que determinen los equipos de trabajo en la línea base, que serán ajustados estadísticamente de acuerdo a la evolución de la evaluación.

1.15. Proyección de desgaste en base a tendencia estadística

Tabla 13. *Proyección de desgaste en base a tendencia estadística*

	TOQUEPALA	
	333	350
Fe	29.0	30.8
Cu	2.1	2.1
Pb	0.8	0.8
Al	2.3	2.3
Oxid	8.8	8.7
Soot	41.0	43.5

1.16. Periodos de cambio de aceite y filtros

- Se tomarán muestras de aceite, antes del cambio de aceite.
- Los cambios de aceite de motor, filtros de aceite de motor y combustible se realizarán a las 350 h +/-10 %
- Se cambiará el aceite de motor cada 350 h +/-10 % horas para todos los motores C175. Si existiera alguna condición anormal, se ordenará el cambio antes.
- Se tomará muestra de aceite inmediatamente después del cambio, luego de llevar el motor a temperatura de operación durante 10 min.
- Se registrarán los rellenos de aceite (coordinar con el cliente).
- Considerar siempre el cambio de filtros por condición ante eventos de taponamiento u otras consideraciones, los filtros serán reemplazados de forma inmediata.
- Se inspeccionarán y analizarán los dos filtros de aceite en cada cambio.

Se realizará inspección, análisis y limpieza de la rejilla de motor en cada cambio.

1.17. Evaluación de componentes internos después del periodo de prueba

Durante la prueba se inspeccionará el estado del motor realizando la inspección de dos metales de biela:

- A la media vida del motor (8000 horas) se deberán analizar las tendencias del SOS y de ser necesario programar la inspección de metales de biela.
- Cuando los motores alcancen el PCR se debe inspeccionar en el CRC el estado de todos los metales de biela y el estado de la cámara de combustión.

Adicionalmente, en el *overhaul* se revisarán componentes como turbos, metales, bielas, etc. para determinar el desempeño del lubricante en cuanto a protección ante el desgaste y mayor vida útil del componente.

1.18. Reporte de análisis de datos

Los siguientes reportes serán revisados por el área de Monitoreo de Condiciones de Ferreyros:

1. Reportes de eventos de motor (incluye eventos de taponamiento de filtros de combustible).
2. Reporte de tendencias pasadas las 250 horas:
 - i. Evaluación de tendencias de presión de aceite de motor (interdiario)
 - ii. Evaluación de tendencias de restricción de filtros de aceite de motor (interdiario)
 - iii. Evaluación de tendencias de restricción de filtros de combustible (interdiario)
3. Reporte de *payload* (cargas)
4. Reporte de consumo de combustible (factor de carga)
5. Análisis de *Data Logger* continuo de VIMS
6. Los motores en garantía continúan su rumbo normal de 5000 horas o el año calendario no variándola por esta modificación.

1.19. Cálculo de beneficios económicos proyectados

El siguiente cálculo es el ahorro proyectado que se tendría en base a 32 camiones 797F.

Tabla 14. Proyección de ahorro en insumos de PM
Proyección de Ahorro en Insumos de PM

Descripción	Cant	Intervalo	Cost/ und	Cost/h	Costos en un año	
					Por Camion	Por Flota
Insumos		250	\$ 6.0	\$ 2.64	\$ 15,840	\$ 506,880
Aceite	110	350	\$ 6.0	\$ 1.89	\$ 11,314	\$ 362,057.14
Filtros de Aceite	2	250	\$ 248.8	\$ 1.99	\$ 11,942	\$ 382,157
		350	\$ 248.8	\$ 1.42	\$ 8,530	\$ 272,969
Ahorro proyectado a 350 horas					\$ 7,938	\$ 254,011
Mano de Obra (HH)	12	250	\$ 50.0	\$ 2.40	\$ 14,400	\$ 460,800
		350	\$ 50.0	\$ 1.71	\$ 10,286	\$ 329,143
Ahorro proyectado a 350 horas					\$ 4,114.29	\$ 131,657.14

Proyección de Beneficio en Incremento de Disponibilidad

Description	PM	PM	Indisponibili	PM Hours (6000	\$ / Producción en un año	
	promedio	Interval			dad %	SMU/año)
Incremento de Disponibilidad	12	250	4.10%	288	\$ 49,840	\$ 1,545,042
(Potencial venta por material		350	3.40%	206	\$ 35,649	\$ 1,105,134
movido por camión)		500	2.40%	144	\$ 24,920	\$ 772,521
Ahorro a 350 horas			0.70%	82	\$ 14,191	\$ 454,098
Total Ahorro proyectado a frecuencia de PM 350 horas					\$ 26,243	\$ 839,766

En el cuadro anterior se estima un ahorro de 839,766.00 dólares por toda la flota de los 32 volquetes Caterpillar 797F que se tiene hasta el momento en el *site* Toquepala, tanto en insumos como en reducir la indisponibilidad de las máquinas hasta 0.7 %.

5.4.2.1. Optimización en la gestión de mantenimiento de sistemas, equipos y maquinarias

➤ **Neumáticos y ruedas**

Para este caso se establecen los siguientes puntos a seguir:

1. Utilizar *Service Letter* que cubre el cambio de aros fisurados y el cambio del *adapter* mejorado en todos los camiones.
2. Cada vez que se realice un mantenimiento preventivo se deben inspeccionar las ruedas y los aros de los camiones.
3. Realizar inspecciones en campo de acuerdo a un cronograma semanalmente.
4. Se configuró el TKPH a la configuración estándar de CAT, que se deshabilitará, ya que genera muchos eventos y no se cuenta con los datos exactos de los fabricantes de llantas.

➤ **Carga – tolva**

Para este caso se determina ejecutar las siguientes premisas:

1. Inspección visual de tolva en cada PM (registrar con foto)
2. Aplicar *Service Leter* de válvulas moduladoras.
3. Realizar cambio de sensores de presión de carga cada 4,000 horas.

4. Descargar PSRPT a las 50 horas de trabajo (para revisar eventos críticos)
5. Verificación del sistema de levante
6. Cambio de sensores en el sistema de levante
7. Realizar *flushing* al aceite hidráulico cada 1,000 horas.

➤ **Aumento de horas en cambios de aceite**

➤ **Sistema de admisión y escape**

Para este ítem en cada mantenimiento preventivo se debe realizar lo siguiente:

1. Inspección de las mangueras de admisión y escape
2. Presurizar ATAAC.
3. Presurizar admisión.
4. Revisar *bellows* de admisión y escape.
5. Revisión de sensores de múltiple de admisión y escape.
6. Limpieza o cambio de *thermowells*.

➤ **Sistema eléctrico**

Según lo visualizado, el sistema eléctrico se considera como crítico a mejorar, por lo tanto, se siguen las siguientes pautas:

1. Mejorar el aislamiento de conectores eléctricos, evitando el ingreso de agua, polvo y partículas extrañas en las conexiones eléctricas.
2. Pautas de mantenimiento, puntos críticos para evitar apagados de motor.
3. Instalación *Brackets* de sujeción motor *harnees* motor.
4. Cambio *Harnees* frontal motor cada media vida.
5. Cambio *Harnees* FCV cada 4,000 horas.
6. Cambio *Harnees* izquierdo motor cada media vida.
7. Reubicación de ECM de motor en chasis.
8. Reubicación del sensor de temperatura de ingreso de refrigerante a la bomba de agua.
9. Pautas de mantenimiento e inspección eléctrica en conectores de alta incidencia de fallas eléctricas en el camión.
10. *Check list* inspección periódica eléctrica motor/máquina.
11. Implementar KIT de mantenimiento eléctrico en mina.
12. Sensor riel de combustible mejorado.
13. Actualización de software fase 4 del camión.

- 14. Cambio *Switch prelube* cada 4,000 horas.
- 15. Cambio por única vez *harnees* de inyectores.
- 16. trabajo en el ARC para contener eventos de sobre velocidad del motor.

5.4.2.2. Capacitación y desarrollo técnico al personal

Se propone realizar capacitaciones constantes con el fin de que el personal involucrado en el mantenimiento de los camiones 797F logre tener un mejor conocimiento y nivel académico, y de esta forma pueda diagnosticar fallas y dar solución, sin tener mucho contratiempo.

Aplicando lo sugerido se podrán tener los siguientes resultados:

- El personal involucrado estará más motivado e interesado en continuar con el avance del *Service Pro* (nivel de carrera)
- Los colaboradores contarán con acceso a internet y al Sistema Integrado de Soporte (SIS) para su entrenamiento y la búsqueda de información.
- Se asignarán días de descanso semanal a los trabajadores para que puedan desarrollar sus labores y mejorar sus habilidades.
- Se conseguirá mantener una comunicación fluida con el personal, usando aplicaciones como WhatsApp, Google chat y llamadas telefónicas con el fin de coordinar la programación de tareas y cursos programados.

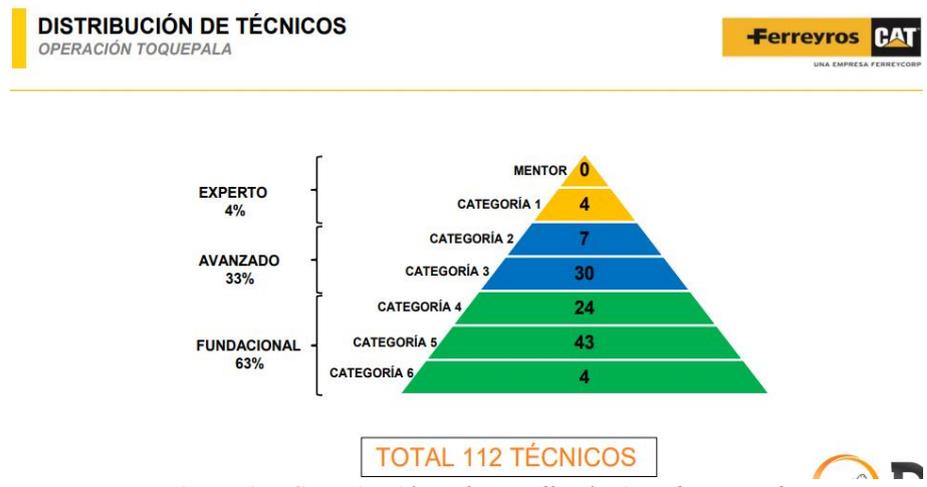


Figura 35. Capacitación y desarrollo técnico al personal

5.4.2.3. Objetivo 2021

En la tabla se pueden apreciar las tareas programadas para el año 2021, los índices establecidos como meta y el avance actual.

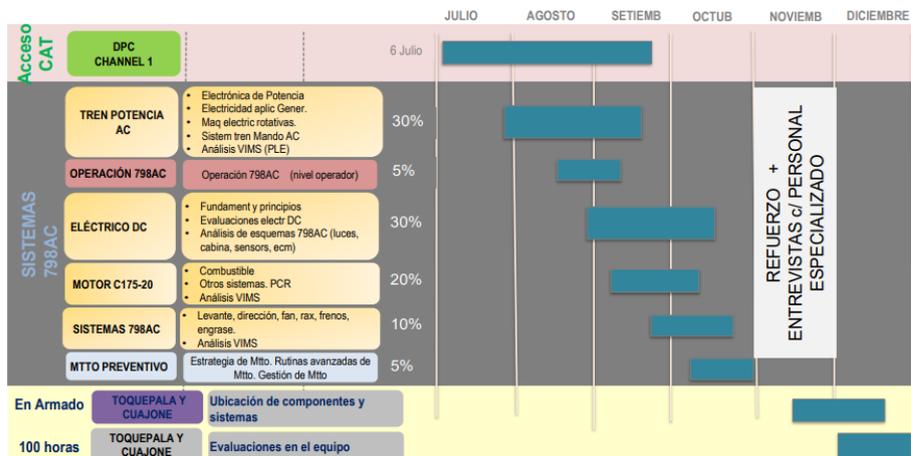
Tabla 15. *Objetivo 2021*

PROGRAMADO	META	AVANCE
TAREAS POR REALIZAR	300	226
PROGRAMACIÓN DE CURSOS	58	45
CERTIFICACIONES TÉCNICAS	36	19
PROMOCIONADOS 2021	47	24
TAREAS POR MES	28	17

5.4.2.4. Implementación de un programa de entrenamiento

En la figura se muestra el detalle del programa de entrenamiento que se propone implementar.

Tabla 16. *Implementación de un programa de entrenamiento*



5.4.2.5. Avance de nivel técnico

Tabla 17. Avance de nivel técnico

CATEGORIA	FECHA DE INICIO	TIEMPO EN LA CATEGORÍA	TOTAL	PENDIENTES	%AVANCE TAREAS	TOTAL CURSOS	PENDIENTES	% AVANCE	TOTAL	PENDIENTES	%AVANCE CERTIFICACIÓN	% AVANCE TOTAL
TEM-4	01-12-2020	9	5	5	0%	4	2	50%	0	0	NA	25%
TEM-4	01-05-2021	4	5	5	0%	4	3	25%	0	0	NA	13%
TEM-4	01-10-2019	23	5	1	80%	4	0	100%	0	0	NA	90%
TEM-4	01-09-2020	12	5	5	0%	4	1	75%	0	0	NA	38%
TEM-4	01-07-2021	2	5	5	0%	4	4	0%	0	0	NA	0%
TEM-4	01-05-2021	4	5	5	0%	4	1	75%	0	0	NA	38%
TEM-4	01-05-2021	4	5	5	0%	4	3	25%	0	0	NA	13%
TEM-4	01-01-2021	8	5	7	40%	4	1	75%	0	0	NA	58%
TEM-4	01-12-2020	9	5	2	60%	4	1	75%	0	0	NA	68%
TEM-4	01-12-2020	9	5	4	20%	4	1	75%	0	0	NA	48%
TEM-4	01-12-2020	9	5	5	0%	4	1	75%	0	0	NA	38%
TEM-4	01-12-2020	9	5	0	100%	4	0	100%	0	0	NA	100%
TEM-4	01-12-2020	9	5	4	20%	4	1	75%	0	0	NA	48%
TEM-5	01-11-2012	106	10	7	30%	3	0	100%	1	1	0%	43%
TEM-5	01-12-2019	21	10	7	30%	3	0	100%	1	1	0%	43%
TEM-5	01-01-2020	20	10	9	10%	3	1	67%	1	1	0%	26%
TEM-5	01-01-2020	20	10	6	40%	3	0	100%	1	0	100%	80%
TEM-5	01-01-2019	32	10	0	100%	3	0	100%	1	1	0%	67%
TEM-5	01-07-2020	14	10	9	10%	3	0	100%	1	1	0%	37%
TEM-5	01-04-2020	17	10	0	100%	3	0	100%	1	1	0%	67%
TEM-5	01-02-2020	19	10	5	50%	3	0	100%	1	0	100%	83%
TEM-5	01-11-2020	10	10	9	10%	3	0	100%	1	1	0%	37%
TEM-5	01-12-2020	9	10	10	0%	3	1	67%	1	1	0%	22%
TEM-5	01-11-2020	10	10	8	20%	3	0	100%	1	1	0%	40%
TEM-5	01-11-2020	10	10	10	0%	3	0	100%	1	1	0%	33%
TEM-5	01-11-2020	10	10	7	30%	3	2	33%	1	1	0%	21%
TEM-5	01-11-2020	10	10	9	10%	3	2	33%	1	1	0%	14%
TEM-5	01-11-2020	10	10	5	50%	3	2	33%	1	1	0%	28%
TEM-5	01-06-2021	3	10	9	10%	3	2	33%	1	1	0%	14%
TEM-3	01-06-2019	27	7	0	100%	3	0	100%	1	1	0%	67%
TEM-3	01-01-2020	20	7	7	0%	3	0	100%	1	1	0%	33%
TEM-3	01-03-2019	30	7	2	71%	3	0	100%	1	0	100%	90%
TEM-3	01-12-2019	21	7	6	14%	3	0	100%	1	1	0%	38%
TEM-3	01-11-2019	22	7	5	29%	3	0	100%	1	0	100%	76%
TEM-3	01-11-2019	22	7	4	43%	3	0	100%	1	0	100%	81%
TEM-3	01-11-2019	22	7	1	86%	3	1	67%	1	0	100%	84%
TEM-3	01-06-2021	0	7	7	0%	3	2	33%	1	1	0%	11%
TEM-3	01-11-2019	22	7	0	100%	3	0	100%	1	0	100%	100%
TEM-3	01-04-2021	5	7	7	0%	3	2	33%	1	1	0%	11%
TEM-3	01-09-2020	12	7	4	43%	3	1	67%	1	1	0%	37%
TEM-3	01-12-2020	9	7	7	0%	3	2	33%	1	1	0%	11%
TEM-1	01-04-2014	89	5	5	0%	1	1	0%	0	0	NA	0%
TEM-2	01-11-2020	10	4	4	0%	2	1	50%	1	1	0%	17%
TEM-1	01-12-2018	33	5	4	20%	1	1	0%	0	0	NA	10%
TEM-1	01-04-2019	29	5	5	0%	1	1	0%	0	0	NA	0%
TEM-2	01-09-2021	0	4	4	0%	2	2	0%	1	1	0%	0%
TEM-2	01-10-2020	11	4	0	100%	2	1	50%	1	1	0%	50%
TEM-1	01-12-2020	9	5	5	0%	1	1	0%	0	0	NA	0%
TEM-2	01-12-2020	9	4	4	0%	2	2	0%	1	1	0%	0%
TEM-2	01-07-2018	38	4	0	100%	2	0	100%	1	1	0%	67%
TEM-2	01-12-2020	9	4	2	50%	2	1	50%	1	1	0%	33%
TEM-2	01-12-2020	9	4	2	50%	2	2	0%	1	1	0%	17%

5.4.2.6. Certificación de personal



Figura 36. Certificación de personal

5.4.2.7. Ejecución de cursos

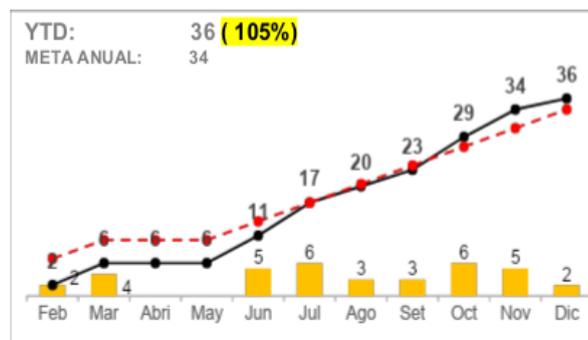


Figura 37. Cursos ejecutados

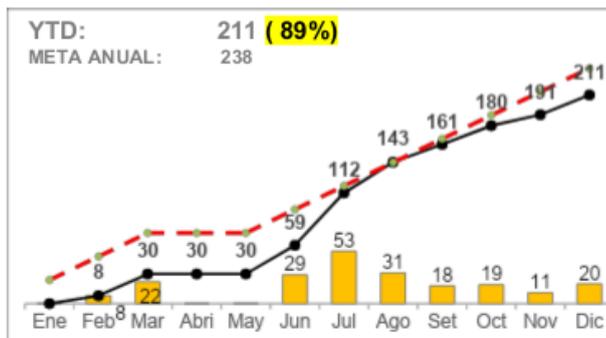


Figura 38. Asistencia a cursos

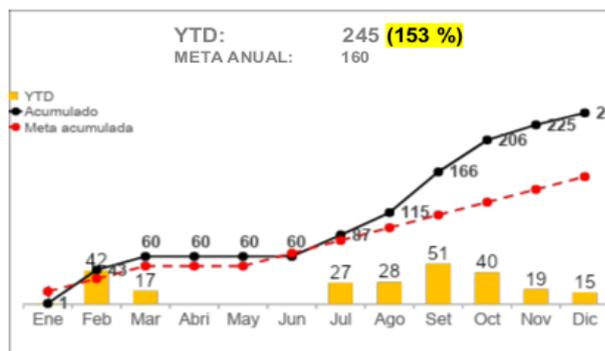


Figura 39. Ejecución de tareas

5.4.2.8. Optimización en la distribución e incremento de personal

Actualmente la empresa Ferreyros S. A. mantiene una distribución de personal operativo para el desarrollo de la gestión de mantenimiento de la siguiente forma:

- 1 jefe de operación
- 1 supervisor de mantenimiento
- 1 especialista
- 12 técnicos mecánicos

El diagrama de flujo de la distribución del equipo operativo que presenta la empresa es el siguiente:

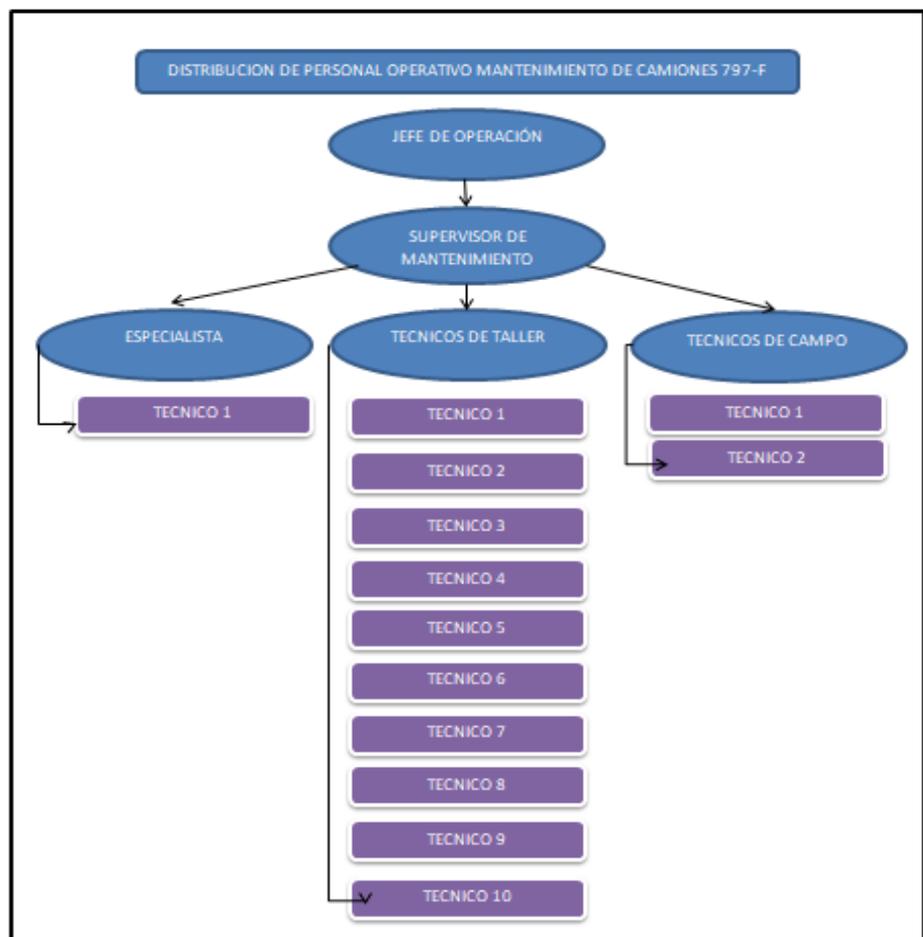


Figura 40. Optimización en la distribución e incremento de personal

Para obtener un mejor resultado y lograr alcanzar de manera más eficiente los objetivos planteados, se tiene como propuesta que la distribución del personal operativo de mantenimiento se establezca de la siguiente manera:

1. Se debe contratar más personal técnico, considerando que el equipo quedaría conformado de la siguiente forma:
 - 1 jefe de operación
 - Supervisor de mantenimiento
 - 1 especialista
 - 1 inspector
 - 1 monitorista
 - 2 técnicos líder
 - 14 técnicos mecánicos.

2. El diagrama de flujo de la distribución del personal de mantenimiento propuesto sería el siguiente:

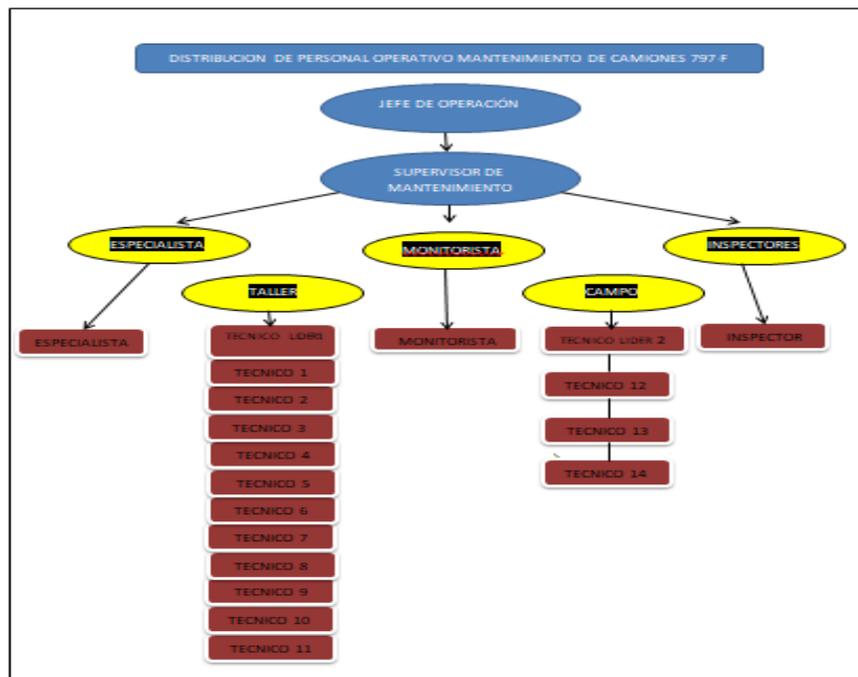


Figura 41. Diagrama de flujo de la distribución del personal de mantenimiento

5.5. Análisis

El *Dispatch* de la empresa Ferreyros de mantenimiento comunica al Jefe de taller qué máquina debe ser parada según programa de planeamiento, para realizar el respectivo mantenimiento. En ese momento se designa el personal para realizar dicha actividad de mantenimiento.

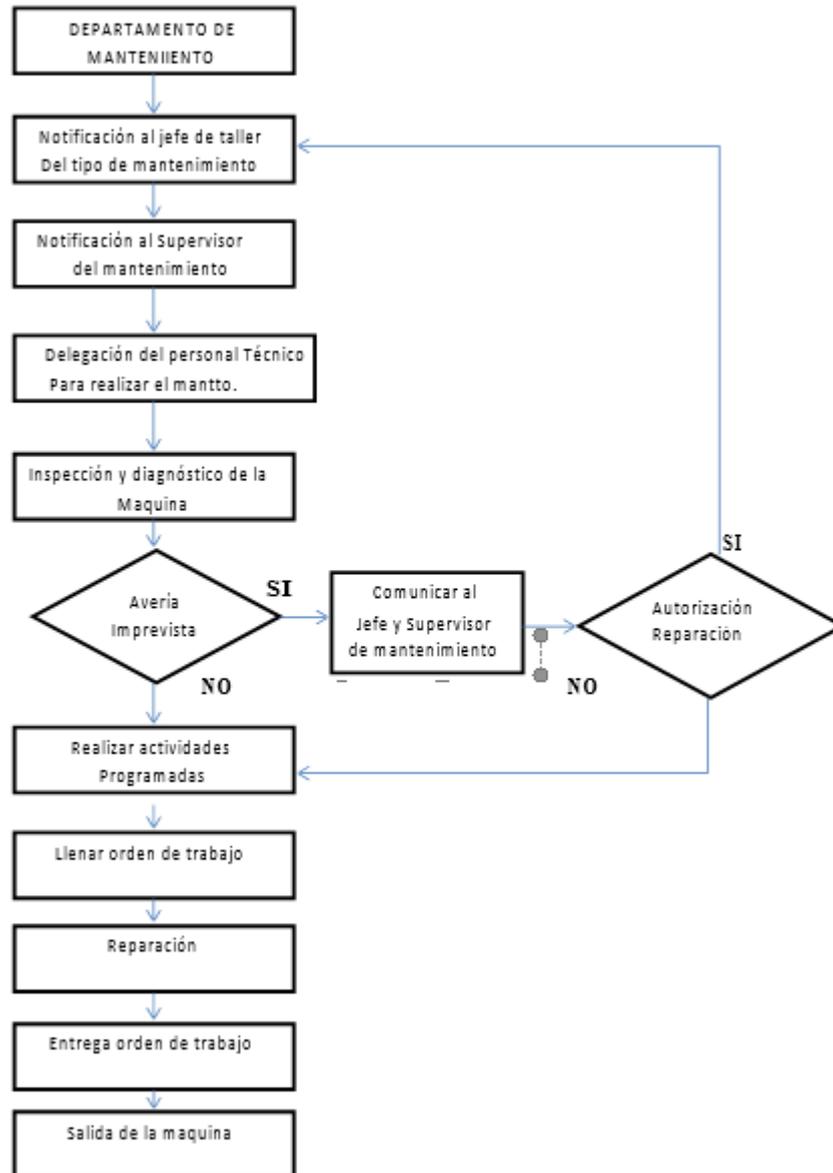


Figura 42. Diagrama de flujo del programa de planeamiento

5.6. Aporte del bachiller en la empresa

Como profesional de la carrera de Ingeniería Mecánica se aportó al proyecto para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los camiones mineros 797F de la siguiente manera:

Se realiza un trabajo concienzudo, riguroso y organizado con las áreas de Planificación, Logística y Administración, ya que son aliados estratégicos y todas las áreas están comprometidas con el objetivo primordial de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

Realizar un mejor control en la inspección de los equipos para que, cuando ingresen al taller de mantenimiento, puedan salir con los correctivos pertinentes y no generen paradas insulsas.

Reportar cualquier acontecimiento a las áreas pertinentes en el tiempo más breve posible para que se pueda buscar la información, el control o repuesto para no tener contratiempos y brindarles soluciones inmediatas y no pueda acarrear tiempos muertos en el área de mantenimiento.

Reestructurar el organigrama del taller de mantenimiento y diseñar e implementar herramientas que mejoren la calidad, competitividad y productividad de los mantenimientos de los camiones 797F.

En el aspecto actitudinal el bachiller aportó actitudes positivas de liderazgo, obteniendo mayor experiencia en el área de Mantenimiento y a la vez fortaleciendo sus conocimientos.

CONCLUSIONES

Conclusión general

- Se concluye que el presente estudio es viable, ya que la disponibilidad y la confiabilidad de la flota de camiones 797F en el Proyecto de Operaciones de Mina Toquepala de la empresa Ferreyros S. A., se incrementó de 79.67 % a 88.86 % en 2021, en comparación con el 2020, que se evidencia en la página 77 en el apartado de resultados.

Conclusiones específicas

- Se logró caracterizar la gestión actual del mantenimiento, que se llevan a cabo en los talleres de la minera, en el taller de volquetes y taller de flota auxiliar de la minera SPCC. Como parte de su estrategia de mantenimiento, ha decidido poner a disposición de los concesionarios el mantenimiento de equipos marca Caterpillar, a través de un contrato MARC para flotas de camiones y equipos auxiliares, válido para flotas de vehículos. Cargando 797F a partir de enero de 2013 y para Equipo Adicional de Flota a partir de marzo de 2015, ambos vigentes a partir de hoy.
- Se generó información complementaria que se basó en la experiencia del personal mediante cuestionarios con la finalidad de que el personal pudiera expresar sus ideas y opiniones de forma precisa, obteniendo así que la empresa sí cuenta con el recurso humano necesario, para ejecutar las actividades establecidas se puede lograr aumentar la disponibilidad y la confiabilidad.
- Se han definido los indicadores de gestión según los objetivos estratégicos, siendo estos indicadores de mantenimiento, mejoraron con el transcurso del tiempo mes a mes, con la gestión de mantenimiento permitió aumentar la eficiencia de la disponibilidad mecánica y física de la flota de los equipos camiones 797-F en la empresa minera Southern Perú, a la vez se obtuvo un resultado de disminución del costo de mantenimiento de los camiones 797F de la operación.
- Se logró establecer un sistema de información basado en el RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) permitió desarrollar un plan basado en un análisis denominada AMEF (Análisis de los modos de fallo y sus efectos). Esta matriz permitió claramente establecer un plan de mantenimiento basado en el desarrollo de sistemas y subsistemas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar capacitaciones constantes a todo el personal que se incorpore o trabaje en la organización priorizando actividades de mantenimiento y seguridad.
- Se sugiere que el personal avance regularmente con el programa Service Pro, para que de esta manera realicen sus tareas, tengan un mejor soporte técnico para evitar demoras en el taller y en atención de los equipos de campo, a su vez, puedan reforzar y potenciar sus conocimientos y habilidades.
- Se debe crear una alianza estratégica con las tres áreas que se involucran directamente para tener una óptima disponibilidad, estas son el área de Mantenimiento, el área de Planeamiento y el área de Logística.
- Otra de las recomendaciones es seguir las actividades de control, tanto de la implementación como de la ejecución. Dichas actividades se encuentran bien limitadas con indicadores que ayudan a desarrollar planes de mejora continua.
- El plan de mantenimiento determinado del AMEF es la base fundamental para la ejecución de las actividades de mantenimiento, estas pueden desarrollarse de acuerdo a las nuevas experiencias adquiridas. Por lo tanto, si se encuentran algunos componentes, subsistemas o sistemas no detectados pueden ser incluidos en el AMEF siempre y cuando se siga la metodología establecida.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **Ferreyros.** *Reporte de Sostenibilidad de la empresa Ferreyros.* Lima : Ferreyros CAT, 2018.
2. —. Acerca de Ferreyros. *Historia de Ferreyros.* [En línea] 2019. [Citado el: 10 de enero de 2022.] <https://www.ferreyros.com.pe/nosotros/acerca-de-ferreyros/historia/>.
3. —. Acerca de Ferreyros. *Nosotros.* [En línea] 2018. [Citado el: 15 de enero de 2022.] <https://sites.ferreyros.com.pe/nosotros/acerca-de-ferreyros/historia>.
4. **Ferrecorp.** *Memoria anual integrada.* Lima : Ferrecorp S. A. A., 2020.
5. **Ferrecorp.** *Presentación corporativa.* Lima : Empresa Ferreyros, 2015.
6. **Southern Copper.** Proyecto de cobre y molibdeno de Toquepala. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de febrero de 2022.] <https://digiscend.com/es/mineras/peru/toquepala-copper-molybdenum-mine/snapshot>.
7. **PATRONI, A.** *Los modelos de relaciones públicas y los conflictos socioambientales con los pobladores de las comunidades del yacimiento minero de Toquepala, de la empresa Southern Peru Copper Corporation.* Tacna, Perú : Universidad San Martín de Porres, 2020.
8. **MONTERO, M.** *Mantenimiento y reparación de equipos auxiliares pertenecientes a Southern Copper Perú-Toquepala, realizado por la empresa Ferreyros.* Huancayo, Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018.
9. **Municipalidad Jorge Basadre.** *Plan de acondicionamiento territorial de la municipalidad de Jorge Basadre.* Tacna, Perú : Municipalidad Jorge Basadre, 2017.
10. **Climate Data Org.** Clima Arequipa. [En línea] 2021. [Citado el: 15 de enero de 2022.] <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/arequipa/arequipa-3078/>.
11. **KNEZEVIC, Jezdimir.** *Mantenibilidad.* Madrid : Edison, 2016.
12. **MESCUA, Raúl y LI, Cindy.** *Propuesta de plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a una flota de camiones fuera de carretera en una mina de tajo abierto.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2021.
13. **WESTCOTT, Paul.** *Capital and operating cost estimation for open pit mining equipment.* Sydney : s.n., 2011.
14. **MONTERO, Miguel.** *Mantenimiento y reparación de equipos auxiliares pertenecientes a Southern Copper Perú-Toquepala, realizado por la empresa Ferreyros.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018.
15. **DENIA, J.** *Procesos y gestión del mantenimiento y calidad.* s.l. : CS Mecatrónica Industrial, 2018.
16. **BARRIENTOS, Gabriela.** *Mejora de la Gestión de Mantenimiento de Maquinaria Pesada con la Metodología AMEF.* Lima : Universidad San Ignacio de Loyola, 2017.
17. **DÍAZ, J.** *Organización y control del mantenimiento de instalaciones solares térmicas.* España : Ediciones Paraninfo S. A., 2018.

18. **Caterpillar.** *Global Service Learning 797F Large off-highway truck.* 2007.
19. **LAZARTE, P.** *Implementacion de Unidades Moviles de soldadura para mantenimiento in situ de palas y perforadoras de la empresa U.S. Item S.A. en la unidad Minera las Bambas Apurimas 2021.* Arequipa, Perú : Universidad Autónoma San Francisco, 2021.
20. **Minera Yanacocha.** *Reporte de sostenibilidad.* Cajamarca : s.n., 2013.
21. **PAURO, R.** *Indicadores de mantenimiento.* Buenos aires : Coldi, 2007.
22. **TAVARES, L.** *Administración moderna de mantenimiento.* Sao Paulo : Novo Polo Publicacoes, 2001.
23. **OLIVEIRA, J.** *Gerencia de Mantenimiento. Principales objetivos de la planeación y programación del mantenimiento.* [En línea] 2015. [Citado el: 15 de julio de 2022.] [https://sites.google.com/site/gerenciademantenimientoiii2012/home/principales-objetivos-de-la-planeacin-y-programacin-del-mantenimiento.](https://sites.google.com/site/gerenciademantenimientoiii2012/home/principales-objetivos-de-la-planeacin-y-programacin-del-mantenimiento)
24. **ANDRADE, Raúl; RAMOS, Miguel.** *Propuesta de la metodología RCM en la gestión de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de la Línea de Chancado Primario en una empresa minera.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2022.
25. **RIVAS, Eulises.** *Modelo teórico de un sistema de gestión de mantenimiento basado en los principios de la gerencia de proyectos .* Caracas : Universidad Católica Andres Bello, 2006.
26. **GARCÍA, Santiago.** *La contratación del mantenimiento industrial.* Madrid : s.n., 2010.
27. **SILVA, J.** *Implementacion del TPM en la zona de enderezadoras de aceros Arequipa.* Piura : Universidad de Piura, 2015.
28. **GONZALES, A.** *Auditoria del Mantenimiento e Indicadores, .* Madrid, España : Editorial Confemetal, 2009.
29. **GUTIÉRREZ, Humberto.** *Control estadístico de la calidad.* Guadalajara : Universidad de Guadalajara, 2008.
30. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.** *Maintenance Based on World Class Indicators in Bayamo Dairy Factory.* 3, 2021, Vol. 30. E-ISSN: 2071-0054.
31. **PÉREZ, Carlos.** *Soporte y sistemas.* Bogota : s.n., 2013.
32. **Tecsup.** *Gestión del mantenimiento de Equipo Pesado.* Lima : s.n., 2005.
33. **ACUÑA, J.** *Mejoramiento de la calidad. Un enfoque a servicios.* Costa Rica : Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2004.
34. **CAT.** *Camión minera 797F.* s.l. : Caterpillar, 2010.
35. **Caterpillar.** *Manual del Camion minero 797F. Tren de fuerza:* [En línea] 2018. [Citado el: 15 de febrero de 2022.] <https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C782781>
36. **Moubray, John.** *Mantenimiento Petroquímica RCM.* Santiago : Codelco Educa, 2015.
37. **ÑAVINCOPA, Carlos.** *Gestión de Equipo Pesado.* 2006 : Instituto Superior Tecnológico Tecsup, 2006.
38. **Finning.** *Tren de potencia 797F.* s.l. : Finning Capacitación, 2018.

39. PARRA, Carlos. *Mantenimiento centrado en confiabilidad.* Caracas : Universidad de Los Andes, 2006.

40. Caterpillar. *Sistemas de Control de transmisiones Caterpillar.* s.l. : Finning Capacitación Ltda., 2015.

ANEXOS

Anexo 1

Recursos de la Superintendencia	Planificación	Supervisión	Operaciones	Promedio
1. ¿Usted siente que mantenimiento cuenta con el personal idóneo para hacer su trabajo?	① ② ③			
2. ¿La estructura global de la organización de mantenimiento parece ser lógica y útil para lograr los objetivos de trabajo?	① ② ③			
3. ¿La organización ayuda a remover las barreras que los trabajadores de mantenimiento encuentran dentro de su trabajo (sobre las cuales no tienen el control) y que evitan que puedan desempeñar bien su labor?	① ② ③			
4. ¿La Superintendencia incentiva a mantenimiento a entender y a alcanzar los objetivos de producción?	① ② ③			
5. ¿La Superintendencia anima a producción a ayudar a mantenimiento a realizar su trabajo?	① ② ③			
6. ¿Las áreas de producción y mantenimiento trabajan en equipo para identificar y resolver los problemas?	① ② ③			
7. ¿La Superintendencia anima a los técnicos de mantenimiento a trabajar para resolver los problemas?	① ② ③			
8. ¿Los técnicos han recibido entrenamiento adecuado para ayudarlos en su trabajo?	① ② ③			
9. ¿Los técnicos de mantenimiento tienen las habilidades necesarias para efectuar idóneamente su trabajo?	① ② ③			
10. ¿Los técnicos de mantenimiento en la planta tienen la suficiente motivación para hacer las tareas lo mejor posible?	① ② ③			
11. ¿Los técnicos de mantenimiento siguen las políticas de seguridad y los procedimientos?	① ② ③			
12. ¿La Superintendencia revisa continuamente y registra las condiciones del área juntamente con los técnicos de mantenimiento?	① ② ③			
Comentarios	Promedio general			

Anexo 2

Información de la Superintendencia

Información de la Superintendencia					Planificación	Supervisión	Operaciones	Promedio
13. ¿Su organización usa un sistema computarizado para las actividades de mantenimiento (CMMS)?	①	②	③					
14. ¿Está cada pieza de los equipos etiquetada con un código o número de activo?	①	②	③					
15. ¿Su organización actualiza frecuentemente su sistema de mantenimiento computarizado?	①	②	③					
16. ¿Los técnicos han sido entrenados en el uso del CMMS?	①	②	③					
17. ¿Su organización mantiene un registro preciso de la historia de los equipos?	①	②	③					
18. ¿Se contabilizan frecuentemente los inventarios en almacén?	①	②	③					
19. ¿Las decisiones de la Superintendencia se toman en base a la información de los reportes del CMMS?	①	②	③					
20. ¿Su organización registra los gastos y costos de mantenimiento?	①	②	③					
21. ¿Su organización registra las paradas de máquina como una medida de eficiencia de activos?	①	②	③					
22. ¿Su organización de mantenimiento se compara con otras organizaciones de mantenimiento para ver qué tan bien está operando (benchmarking)?	①	②	③					
23. ¿El tiempo empleado por los técnicos de mantenimiento en los trabajos es registrado y archivado?	①	②	③					
24. ¿La Superintendencia de mantenimiento usa indicadores estándares de la industria como medida de desempeño y comparación?	①	②	③					
Comentarios	Promedio general							

Anexo 3

Información del mantenimiento preventivo (MP) y tecnología del equipo

Mantenimiento preventivo (MP) y tecnología del equipo			Planificación	Supervisión	Operaciones	Promedio
25. ¿Su organización usa Órdenes de Trabajo para las actividades de MP?	①	②	③			
26. ¿Mantenimiento revisa periódicamente los MPs (precisión, actualización de instrucciones, frecuencia, necesidades de entrenamiento, etc.)?	①	②	③			
27. ¿Su organización posee técnicos de mantenimiento dedicados exclusivamente al MP?	①	②	③			
28. ¿Los operadores ayudan con MPs menores tales como limpieza, lubricación, ajustes e inspecciones?	①	②	③			
29. ¿Su organización usa Mantenimiento Predictivo (MPd)? Por ejemplo: análisis de vibraciones, análisis de aceite, tecnología infrarroja o térmica, ultrasonido, alineamiento láser, etc.	①	②	③			
30. ¿Su organización registra los costos de MP y MPd?	①	②	③			
31. ¿Producción facilita el acceso a mantenimiento para ejecutar los MPs de los equipos?	①	②	③			
32. ¿Su organización se esfuerza en prevenir las paradas intempestivas y en evitar las fallas recurrentes de los equipos?	①	②	③			
33. ¿Los técnicos de mantenimiento están involucrados en las decisiones de selección de equipos?	①	②	③			
34. ¿Las personas responsables de MP reciben el entrenamiento adecuado?	①	②	③			
35. ¿Las personas responsables del servicio y del mantenimiento de los nuevos equipos reciben el entrenamiento adecuado?	①	②	③			
36. ¿Su organización realiza un análisis de costos del ciclo de vida de los equipos?	①	②	③			
Comentarios	Promedio general					

Anexo 4

Planificación y programación

Planificación y programación		Planificación	Supervisión	Operaciones	Promedio
37. ¿Las tareas de mantenimiento están debidamente priorizadas?	① ② ③				
38. ¿Su organización usa órdenes de trabajo para las actividades de trabajo de mantenimiento?	① ② ③				
39. ¿El sistema órdenes de trabajo de mantenimiento es efectivo en lo referente a la solicitud, la planificación y la estimación de recursos?	① ② ③				
40. ¿Su organización controla el sobretiempo?	① ② ③				
41. ¿Su organización registra y actualiza la historia de los equipos utilizando la información de las órdenes de trabajo de mantenimiento?	① ② ③				
42. ¿Los técnicos de mantenimiento son asignados a las tareas de trabajo basados en su especialidad, conocimiento y habilidad?	① ② ③				
43. ¿Los trabajos de no-emergencia son bien planificados antes de que empiece el trabajo?	① ② ③				
44. ¿Su organización emplea planificadores para planificar y preparar el trabajo de mantenimiento programado, tales como reparaciones mayores y paradas de planta?	① ② ③				
45. ¿Su organización emplea terceros para manejar la excesiva carga de trabajo y para labores especializadas?	① ② ③				
46. Si se tiene planificadores, ¿ellos preparan un plan de trabajo antes de que el trabajo sea programado?	① ② ③				
47. Si se tiene planificadores, ¿ellos disgregan el trabajo en subtareas para los técnicos de mantenimiento (ejemplo: preparativos, ejecución, postejecución)?	① ② ③				
48. ¿Las paradas y reparaciones mayores son planificadas con la debida anticipación?	① ② ③				
Comentarios	Promedio general				

Anexo 5

Soporte de mantenimiento

Soporte de mantenimiento		Planificación	Supervisión	Operaciones	Promedio
49. ¿Los repuestos de almacén están disponibles cuando se los necesita?	① ② ③				
50. ¿El almacén está cerrado y asegurado en todas las guardias de trabajo?	① ② ③				
51. ¿Se emplean indicadores para controlar los inventarios?	① ② ③				
52. ¿Los ingresos de repuestos a almacén (recibos) y los problemas de niveles de stock son rastreados y cuantificados?	① ② ③				
53. ¿Todos los ítems inventariados cuentan con la información necesaria? (ejemplo: precio, tiempo de entrega, etc.)	① ② ③				
54. ¿Las metas y objetivos anuales de mantenimiento son compartidos con los técnicos de mantenimiento?	① ② ③				
55. ¿Se involucra a los técnicos de mantenimiento en el proceso de establecimiento de objetivos y metas del departamento?	① ② ③				
56. ¿La calidad del trabajo de los técnicos de mantenimiento un objetivo importante?	① ② ③				
57. ¿La organización tiene un real interés en el bienestar y satisfacción de los empleados?	① ② ③				
58. ¿El buen desempeño es reconocido y recompensado?	① ② ③				
59. ¿Un buen desempeño en el trabajo conlleva a un trabajo seguro en esta organización?	① ② ③				
60. ¿Es probable que un bajo desempeño pueda originar una desvinculación?	① ② ③				
Comentarios	Promedio general				

Anexo 6



RELACIÓN DE MATERIALES PARA SERVICIO DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO - POR RUTINA

797F
CAT

797F-60 AL 797F-111

IT.	REPUESTO / MATERIAL	SISTEMA	CANT.	UNIDAD SAP	P/N	SAP CODE	PM1 PM2 PM3 PM4 PM5 PM6								
							350	700	1050	1400	1750	2100			
01	SECADOR DE AIRE	MOTOR D.	02	C/U	190-0760	30007242									X
02	RESPIRADERO T/C - XMSN - DIRECCION - LEVANTE Y FRENOS	TREN DE FUERZA	03	C/U	4T-6788	30004896	X		X		X				
03	RESPIRADERO DE TANQUE COMBUSTIBLE	MOTOR D.	01	C/U	1R-0755	30003904	X	X	X	X	X	X	X	X	
04	RESPIRADERO DE RUEDAS DELANTERAS	TREN DE FUERZA	02	C/U	9C-4937	30004207			X		X				X
05	RESPIRADERO DE MOTOR	MOTOR D.	04	C/U	3883276	30333457	X	X	X	X	X	X	X	X	
06	RESPIRADERO DE DIFERENCIAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	9T-1119	30211720		X		X					X
07	FILTROS DE INTERIOR DE CABINA	CABINA	01	C/U	107-0266	30002365		X		X					X
08	FILTROS DE EXTERIOR DE CABINA	CABINA	01	C/U	231-0167	30198396		X		X					X
09	FILTROS DE COMBUSTIBLE SECUNDARIO	MOTOR D.	04	C/U	422-7587	30329749	X	X	X	X	X	X	X	X	
10	FILTROS DE COMBUSTIBLE PRIMARIO	MOTOR D.	03	C/U	438-5385	30203667	X	X	X	X	X	X	X	X	
11	FILTROS DE AIRE SECUNDARIOS DONALDSON	ADMISION	04	C/U	P609518	30230909									X
12	FILTROS DE AIRE SECUNDARIOS CAT	ADMISION	04	C/U	277-7838	30211585		X		X					X
13	FILTROS DE AIRE PRIMARIOS DONALDSON	ADMISION	04	C/U	P609519	30230908									X
14	FILTROS DE AIRE PRIMARIOS CAT	ADMISION	04	C/U	419-9172	30211584	X	X	X	X	X	X	X	X	
15	FILTROS DE ACEITE TRANSMISION	TREN DE FUERZA	02	C/U	417-8416	30336166		X			X				
16	FILTROS DE ACEITE CONVERTIDOR	TREN DE FUERZA	01	C/U	424-7616	30336339		X			X				
17	FILTROS ACEITE MOTOR	MOTOR D.	02	C/U	521-6093	30336165	X	X	X	X	X	X	X	X	
18	FILTRO DRENAJE CAJA DIRECCION	HIDRAULICO	02	C/U	293-3646	30211589	X			X					
19	FILTRO DE ENFRIAMIENTO FRENOS LH Y RH	HIDRAULICO	02	C/U	340-0402	30211591	X			X					
20	FILTRO ACTUACION DE FRENOS	HIDRAULICO	01	C/U	293-3645	30211587	X			X					
21	FILTRO ACEITE MANDO FINAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	328-3655	30008092		X		X					X
22	FILTRO ACEITE DIRECCION Y FAN	HIDRAULICO	01	C/U	340-0406	30211586	X			X					
23	FILTRO ACEITE DIFERENCIAL	TREN DE FUERZA	01	C/U	328-3655	30008092		X		X					X
IT.	REPUESTO / MATERIAL		Gal. REQ	UNIDAD SAP	P/N	SAP CODE	350	700	1050	1400	1750	2100			
01	Aceite 15W40 (Motor Diesel)	MOTOR D.	110.2	GLN	15W40	51000848	X	X	X	X	X	X	X		
02	Aceite SAE60 (Ruedas Delanteras)	TREN DE FUERZA	32	GLN	SAE 60	51001008	X	X	X	X	X	X	X		
03	Aceite SAE30 (Convertidor & Transmision)	TREN DE FUERZA	166	GLN	SAE 30	51001001			X			X			
04	Aceite 10W (Hidraulico Levante - Frenos)	HIDRAULICO	488.7	GLN	10W	51000886	X								
05	Aceite SAE 30 (Direccion & Fan)	HIDRAULICO	95.1	GLN	SAE 30	51001001				X					
06	Aceite SAE 60 (Mandos Finales & Diferencial)	TREN DE FUERZA	407.6	GLN	SAE 60	51001008							X		
IT.	REPUESTO / MATERIAL		CANT REQ	UNIDAD SAP	P/N	SAP CODE	350	700	1050	1400	1750	2100			
01	O-RING de Screen Transmisi3n	TREN DE FUERZA	02	C/U	5M-7142	30211700		X			X				
02	O-RING de Screen Motor A	MOTOR D.	01	C/U	6V-3968	30211488	X	X	X	X	X	X			
03	O-RING de Screen Motor B	MOTOR D.	01	C/U	177-6911	30211657	X	X	X	X	X	X			
04	O-RING de Screen de sistema de levante A	HIDRAULICO	02	C/U	117-1495	30211712		X			X				
05	O-RING de Screen de sistema de levante B	HIDRAULICO	02	C/U	3E-4288	30315880		X			X				
06	O-RING de Screen de sistema de levante C	HIDRAULICO	02	C/U	1H-8128	30006383		X			X				
07	O-RING de Screen de retorno de transmisi3n A	TREN DE FUERZA	01	C/U	4J-0527	30006216		X			X				
08	O-RING de Screen de retorno de transmisi3n B	TREN DE FUERZA	01	C/U	6F-8146	30005908		X			X				
09	O-RING de Screen de enfriadores de frenos	HIDRAULICO	02	C/U	2J-8163	30267711	X	X	X	X	X	X			
10	O-RING de Screen de eje posterior	TREN DE FUERZA	01	C/U	6V-3835	30004961							X		
11	O-RING de Screen de Diferencial A	TREN DE FUERZA	01	C/U	2D-1692	30211698							X		
12	O-RING de Screen de Diferencial B	TREN DE FUERZA	01	C/U	2S-8439	30004185							X		
13	O-RING de Screen Convertidor A	TREN DE FUERZA	02	C/U	6V-3349	30211644		X			X				
14	O-RING de Screen Convertidor B	TREN DE FUERZA	04	C/U	269-7885	30211665		X			X				
15	O-RING de Screen Convertidor C	TREN DE FUERZA	01	C/U	032-9313	30188341		X			X				
16	O-RING de filtro de transmisi3n	TREN DE FUERZA	01	C/U	006-8350	30288384		X			X				
17	O-RING de filtro de enfriamiento frenos lh y rh	HIDRAULICO	02	C/U	5P-8428	30243815	X			X					
18	O-RING de filtro de convertidor	TREN DE FUERZA	01	C/U	5P-8428	30243815		X			X				
19	O-RING de filtro aceite direccion y fan	HIDRAULICO	01	C/U	5P-8428	30243815	X			X					
20	O-RING de respiradero de motor	MOTOR D.	04	C/U	4395502	30333455	X	X	X	X	X	X			
21	O-RING de tap3n de drenaje de carter posterior	MOTOR D.	01	C/U	2154639	30211691	X	X	X	X	X	X			
22	O-RING de screen de retorno de mando de bombas	HIDRAULICO	01	C/U	2385084	30211759		X			X				
23	Pa3os	-	01	C/U	267-6532	30267101	X	X	X	X	X	X			
24	Frascos Muestras	-	22	C/U	169-7373	30004837	X	X	X	X	X	X			
25	Tomas Rapidas	-	10	C/U	177-9343	30004924	X	X	X	X	X	X			

PLAN DE EVALUACIONES FLOTA 797F - 6 PASOS

	TAREA	350	700	1050	1400	1750	2100
		PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
1	Realizar control de lavado	X	X	X	X	X	X
2	Realizar inspeccion PM 797F (Inspector)	X	X	X	X	X	X
3	Realizar Inspeccion de cabina 797F	X	X	X	X	X	X
4	Realizar inspeccion y test de sistema de aire acondicionado	X	X	X	X	X	X
5	Realizar inspeccion de sistema de deteccion de objetos CIODS	X	X	X	X	X	X
6	Realizar pruebas de motor	X	X	X	X	X	X
7	Realizar prueba de eficiencia de frenos	X	X	X	X	X	X
8	Realizar prueba de actuacion de frenos			X			X
9	Probar ciclo de bomba y carga de acumuladores de frenos			X			X
10	Realizar prueba de sistema de direccion y fan - acumuladores de direccion	X		X		X	
11	Inspeccionar la altura y carga de suspensiones		X		X		X
12	Realizar prueba de convertidor	X			X		
13	Realizar prueba de transmision	X			X		
14	Realizar prueba de sistema de levante			X			X
15	Inspeccion visual de tolvas	X	X	X	X	X	X
16	Inspeccion con ultrasonido de tolvas (Cada 4000 hrs)				X		
17	Evaluacion de sistema de enfriamiento de frenos (Cada 4000 hrs)	X					
18	Realizar presurizacion del sistema de admision					X	
19	Inspeccion de calidad y entrega de equipo	X	X	X	X	X	X

Anexo 7

CONTROL DE LAVADO DE EQUIPO

EPP: CASCO, LENTES, RESPIRADOR, CARETA FACIAL, ROPA IMPERMEABLE, GUANTES Y BOTAS DE JEJE.

Seguridad: Realizar PST, autorización de manejo de equipo, vigías, colocar seguro de tolva, bloqueo de equipo y usos de tacos de seguridad

Inspeccionar: Operatividad de los cañones, presión de bombas, manueras y plataforma de lavado antes de ingresar el equipo al lavado

ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Posicionamiento de maquina en bahía de lavado			
2	Proteger respiradero del tanque de transmisión y convertidor			
3	Proteger respiradero del tanque del sistema hidráulico			
4	Proteger respiradero del tanque de combustible			
5	Proteger el respiradero del housing del diferencial			
6	Proteger el sistema CIODS delantero			
7	Proteger el sistema CIODS posterior			
8	Proteger los respiraderos de las ruedas delanteras			
9	Proteger control de E.STAT			
10	Proteger ECM de motor			
11	Retirar tapas de los pre – cleaners			
12	aplicación de desengrasante a las zonas con grasa y aceite.			
13	Lavado de tolva			
14	Lavado de zona de frontal de la maquina (Radiador y Attac)			
15	Lavado de pre – cleaners			
16	Lavado de zona izquierda de la maquina			
17	Lavado de filtro hidráulicos y tanque combustible			
18	Lavado de zona posterior de la maquina			
19	Lavado de zona derecha de la maquina			
20	Lavado de filtro hidraulicos enfriadore y tanque.			
21	Lavado de barras y rotulas de dirección (aplicación de desengrasante)			
22	Lavado de zona inferior del convertidor,transmision y diferencial			
23	Lavado de zona derecha del motor			
24	Lavado de zona izquierda del motor			
25	Lavado de ruedas delanteras parte interna y externa.			
26	Lavado de zona superior del motor			
27	Lavado de zona superior de transmisión			
28	Lavado de zona superior de convertidor			
29	Lavado de compartimiento de baterías			
30	Lavado de zona superior de la maquina			
31	Inspección final de lavado de maquina			

NOMBRE Y FIRMA CONFORMIDAD
DEL LIDER DE PM's

NOMBRE Y FIRMA CONFORMIDAD
DEL SUPERVISOR TURNO

FORMATO INSPECCION PM 797F

SUPERVISOR:..... **EQUIPO:**.....
LIDER:..... **HOROMETRO:**.....
INSPECTOR :..... **FECHA:**.....
TIPO DE PM:.....

MARQUE CON: "√" **MARQUE CON: "√"**
EL ESTADO ENCONTRADO: GRAVE / MODERADO / LEVE. **SI CORRIGUIO LO ENCONTRADO O SE REALIZO BACK LOG (BL)**

OK	Leve	Moderado	Grave	COMPONENTE	OBSERVACIONES	¿SE CORRIGIO		Backlog
						SI	NO	
LADO DERECHO DEL EQUIPO								
				1. VERIFICAR FISURAS EN LA SUPERESTRUCTURA RH Y SOPORTE DE PLATAFORMA DERECHA				
				2. ACUMULADORES DE DIRECCION (fugas de aceite en líneas / soportes / rozamiento de líneas / sujeción de sensores y harnes).				
				3. VALVULA DE ALIVIO Y SOLENOIDE DE DIRECCION (verificar fugas de aceite, rozamiento de líneas , ajuste de clamp)				
				4. SUSPENSION DEL RH (revisar fuga de aceite por vástago, válvula de alivio de grasa / pernos de sujeción sueltos o faltantes / fisuras).				
				5. RUEDA DEL RH (Fugas de aceite por el duo cone, paquete de frenos, mangueras y tuberías, respiradero, tapa de llenado)				
				6. LLANTA DEL RH (cortes / piedras / pernos de sujeción sueltos o faltantes)				
				7. FILTRO DE RETORNO DE ENFRIAMIENTO DE FRENS Y FILTRO RETORNO CARCASA BB. FAN (fugas de aceite / rozamiento de líneas y tuberías / sujeción de harnes eléctrico).				
				8. MANIFOLD DE GRASA RH, (revisar fugas de grasa, rozamiento de mangueras , estado de clamp de mangueras).				
				9. REVIZAR FISURAS DE CHASIS DE ESELADO				
				10. ENFRIADORES DE FRENO DEL ANTERO S Y POSTERIORES (fugas de aceite / rozamiento de mangueras y tuberías / soportes rotos y sueltos / clamps sueltos o faltantes).				
				11. TANQUE HIDRAULICO LOS 4 LADOS (fugas de aceite por tapas , gasket, líneas, tuberías , filtros, motor hidráulico, rejillas / rozamientos de líneas y tuberías / figuras en soporte, brackets / pernos y clips sueltos o faltantes / sujeción de harnes eléctricos ,conectores y sensores).				
				12. VERIFICAR FISURAS EN EL CHASIS DE ESELADO				
				13. CILINDRO DEL EVANTER RH (fugas de aceite por el vástago, líneas / fugas de grasa por líneas / rozamiento de líneas / fisuras en los soportes / pines superior e inferior / sujeción de clip y clamp).				
				14. LLANTAS POSTERIORES RH (cortes / pernos sueltos o faltantes / fugas de aceite tapa de mando / estado de bota piedras)				
				15. MANDO FINAL RH (fugas de aceite duo cone , paquete de frenos , mangueras de freno y tuberías de enfriamiento / pernos de sujeción sueltos o faltantes).				
				16. VERIFICAR FISURA DE CHASIS DE ESE LADO.				
LADO POSTERIOR DEL EQUIPO								
				17. CILINDRO DE SUSPENSION POSTERIOR LH Y RH (fugas de aceite por vástago / verificar altura / verificar lubricación de pines superior e inferior / sujeción de harnes , conectores , sensores / rozamientos de líneas o fugas).				
				18. BOTA PIEDRAS RH Y LH (estado de soportes , pernos sueltos).				
				19. LUBRICACION MANUAL DE LOS PINES SUPERIORES E INFERIORES DE LAS SUSPENSIONES				
				20. MANIFOLD Y LINEAS GRASA POSTERIOR (fugas de grasa / rozamiento de líneas / sujeción de clamp).				
				22. SISTEMA CIODS (revisar rotura de micas de los sensores y cámara, soportes rotos o sueltos)				
				23. PINES PIVOT DE TOLVA RH Y LH (EXCESO O FALTA DE GRASA / JUEGOS / seguros de pines / líneas de grasa)				
				24. DIFERENCIAL (fuga de aceite en sello anclaje, tapas / pernos faltantes o flojos / estado de harnes, puentes, rozamiento, sujeción de conectores y sensores / fisuras o fugas en el housing).				
				25. VALVULA BYPASS, FILTRO DE ACEITE DE DIFERENCIAL Y MANDOS FINALES (FUGAS, LINEAS, ROZAMIENTOS, HARNES)				
				27. HOUSING DE DIFERENCIAL (verificar fugas de aceite o fisuras)				
				28. CHASIS POSTERIOR. (verificar fisurar chasis y soportes posteriores)				

LADO IZQUIERDO DEL EQUIPO

			29. MANDO FINAL LH (fugas de aceite duo cone , paquete de frenos , mangueras de freno y tuberías de enfriamiento / pernos de sujeción sueltos o faltantes).						
			30. LLANTAS POSTERIORES RH (cortes / pernos sueltos o faltantes / fugas de aceite tapa de mando / estado de bota piedras / incrustaciones de piedras).						
			31. CHASIS DE ESE LADO (verificar fisuras en los soportes y chasis de esa zona).						
			32. CILINDRO DE LEVANTE LH (fugas de aceite por el vástago, líneas / fugas de grasa por líneas / rozamiento de líneas / fisuras en los soportes / pines superior e inferior / sujeción de clip y clamp).						
			33. TANQUE COMBUSTIBLE LOS 4 LADOS (fugas en toma rápida, mirillas de nivel y tanque / rozamiento de líneas / fisuras en soportes superiores e inferiores / estado del sensor de nivel).						
			34. VERIFICAR FISURAS EN EL CHASIS DE ESE LADO						
			35. FILTROS PRIMARIOS DE COMBUSTIBLE SEPARADORES DE AGUA (FUGAS, ROZAMIENTO DE LINEAS , SOPORTES)						
			36. FILTRO DE RETORNO DE ENFRIAMIENTO DE FRENOS Y LINEAS / TUBERIAS HIDRAULICAS (fugas de aceite / rozamiento de líneas y tuberías / sujeción de harnes eléctrico / estado de soportes de tuberías).						
			37. LLANTA DEL LH (cortes / piedras / pernos de sujeción sueltos o faltantes)						
			38. RUEDA DEL LH (Fugas de aceite por el duo cone, paquete de frenos, mangueras y tuberías de frenos y enfriamiento, respiradero, tapa de llenado)						
			39. SUSPENSIÓN DEL LH (revisar fuga de aceite por vástago, válvula de alivio de grasa / pernos de sujeción sueltos o faltantes / fisuras).						
			40. MANIFOLD DE GRASA (ROZAMIENTO DE LINEAS DE GRASA, FUGAS DE GRASA, ESTADOS DE CLAMP DE SUJECION.)						
			41. VERIFICAR ESTADO DE LOS TANQUES Y LOS SECADORES DE AIRE (FUGAS AIRE, ROZAMIENTO DE LINEAS)						
			42. MANGUERAS DE LLENADO RAPIDO (verificar fugas de aceite, rozamiento de líneas, ajuste de clamp).						
			43. VALVULA DE CONTROL Y FILTRO DE DIRECCION (fuga de aceite, rozamiento de líneas / abrazaderas o clip faltantes)						
			44. LINEAS DE BBA METERING DIRECCION (Fugas de aceite / rozamiento de líneas / pernos, clamp y soportes robots o sueltos)						
			45. REVIZAR FISURAS EN LA SUPERESTRUCTURA LH Y SOPORTE S DE LA PLATAFORMA LH						

PARTE INFERIOR DEL EQUIPO

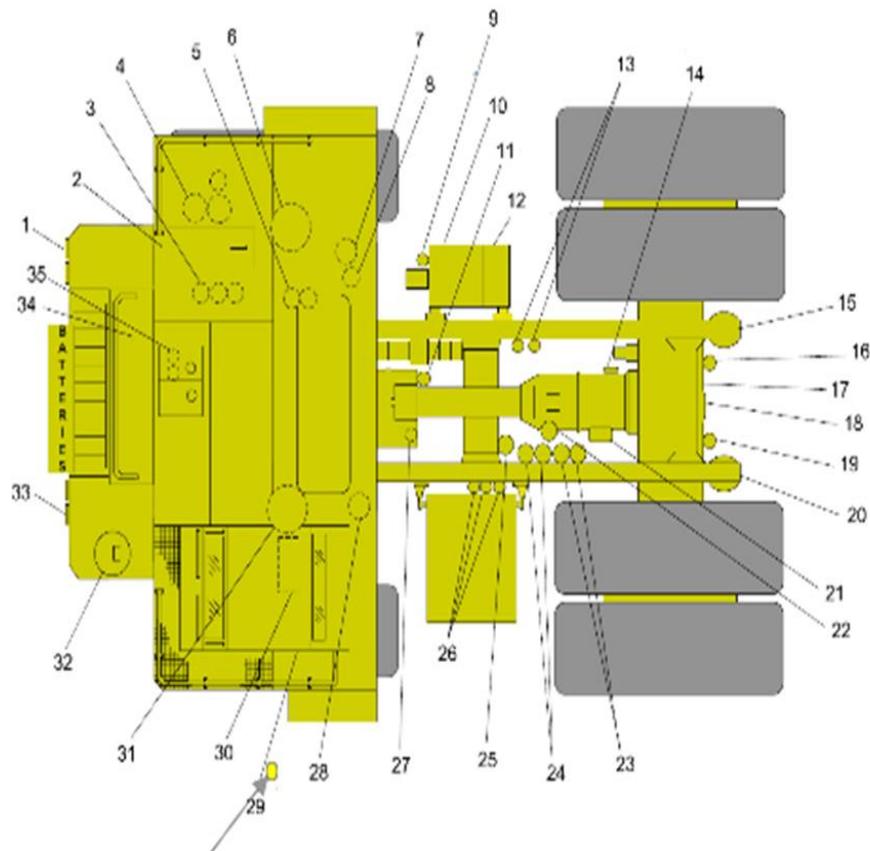
			47. CILINDROS DE DIRECCION RH Y LH (FUGAS POR VASTAGO, ROZAMIENTOS DE LINEAS, FUGA POR SELLOS)						
			48. VERIFICAR ARM CENTER (JUEGO EXCESO O FALTA DE GRASA, PERNOS ROTOS O FLOJOS, LINEAS DE GRASA, DESGASTE DE PIN)						
			49. VERIFICAR FISURAS EN EL FRAME EN ESE LADO						
			50. CONVERTIDOR (FISURAS EN GUARDA INFERIOR, FUGAS POR VALVULAS DE ALIVIO Y FILTRO , FUGA DEL SEAL LIP DEL YOKE, ROZAMIENTO DE TUBERIAS Y MANGUERAS)						
			51. BOMBA DE CONVERTIDOR Y TX (ROZAMIENTO LINEAS, FUGAS, CLAMP, PERNOS FALTANTES)						
			52. HARNES Y SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD Y NIVEL DE CONVERTIDOR (CONECTORES, ASEGURAMIENTO DE HARNES, CLAMP)						
			53. CARDAN PRINCIPAL (PERNOS FLOJOS, FALTANTES / FISURAS / GUARDAS / ESTADO DE CRUSETAS)						
			54. MANDO BBAS. (PERNOS ANCLAJE SUELTOS O FALTANTES, FISURAS / FUGAS DE ACEITE)						
			55. BOMBAS DE DIRECCION, FAN, LEVANTE Y FRENOS / RAX (FUGAS TESTIGO, ANCLAJE, CUERPO, ROZAMIENTO LINEAS, TUBERIAS / ESTADO DE CLAMP)						
			56. ENFRIADORES DE TRANSMISION Y DIRECCION (SOPORTE, ROZAMIENTOS DE LINEAS, PERNOS FALTANTES, FUGAS EN LINEAS)						
			57. VALVULA DE LEVANTE (VERIFICAR PERNOS DE SUJECION, ROZAMIENTO DE LINEAS, FUGAS , SUJECION HARNES ELECTRICO, FISURAS SOPORTE)						
			58. FILTRO DE FRENOS Y MANGUERAS HIDRAULICAS (SOPORTE, ROZAMIENTOS DE LINEAS, PERNOS FALTANTES, FUGAS, SUJECION DE HARNES ELECTRICO)						
			59. VERIFICAR FISURAS EN CHASIS DE ESE LADO INTERIOR Y EXTERIOR.						
			60. TRANSMISION (FUGAS EN LINEAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS , FUGAS EN LAS REJILLAS Y FILTROS, FUGAS EN EL SEAL LIP DEL YOKE, FUGAS EN VALVULAS DE ALIVIO Y PERNOS DE SUJECION SUELTOS O FALTANTES).						
			61. MANGUERA DE VALVULA DE ALIVIO DE TX A BBA. DE LUB. TX (revisar rozamiento de mangueras, clamp sueltos y rotos)						
			62. MANGUERA DE BBA DE CONVERTIDOR A ENFRIADOR (ROZAMIENTO DE LINEAS, CLAMP SUELTOS O ROTOS).						
			63. MANGUERA DE SUCCION DE REJILLA A BBA. DE TRASIEGO (ROZAMIENTO DE LINEAS, CLAMP SUELTOS O ROTOS).						
			64. MANGUERA DE MANDO DE BBAS. A REJILLA TX LADO RH, (ROZAMIENTO DE LINEAS, CLAMP SUELTOS O ROTOS)						
			65. SENSORES, SWITCH Y HARNES ELECTRICO DE TX (ASEGURAMIENTO DE CONECTORES, PUENTES, CONECTORES Y CLAMP)						
			66. LINK BAR POSTERIORES (4)(fugas de aceite / pernos sueltos / fisuras / juegos de pines)						
			67. VERIFICAR BBA , MOTOR Y REJILLA RAX (fugas de aceite testigo, líneas, rejillas / rozamiento de líneas / fisuras, conectores y harnes sueltos).						
			68. VERIFICAR FISURAS EN EL CHASIS LH Y RH DE ESA ZONA.						

PARTE SUPERIOR DEL EQUIPO																							
													70. MUFLA DE ESCAPE (REVISAR FISURAS EN SOPORTES , PERNOS SUELTOS O FALTANTES , ABRAZADERAS SUELTAS O ROTAS).										
													71. PADS DE TOLVA O SILANTI ERH Y LH (REVISAR RAJADURAS, DESGASTE DE JEBE, FALTA DE PERNOS, FALTA DE SHIM)										
													72.MANDO DE BOMBAS Y BOMBAS (CALENTAMIENTO Y JUEGO DE CRUCETAS, GUARDAS, FUGAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS Y TUBERIAS)										
													73. CONVERTIDOR PARTE SUPERIOR (SUJECCION DE HARNES, CONECTORES, FUENTES , FUGAS, ROZAMIENTO DE LINEAS, GUARDAS, FUGA POR SEAL LIP DE YOKE).										
													74. FISURAS EN EL CHASIS LH Y RH EN ESA ZONA.										
													75. ENFRIADORES TX Y DIRECCION, PARTE SUPERIOR (REVISAR GUARDAS, FUGAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS, TUBERIAS)										
													76. VALVULA DE CONTROL DE FREÑOS (REVISAR FUGAS , ROZAMIENTOS DE LINEAS, Y TUBERIAS, SUJECCION DE HARNES Y CONECTORES ELECTRICOS)										
													77. REJILLAS DELVANTE ALTA PRESION (REVISAR FUGAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS Y TUBERIAS, SUJECCION DE HARNES Y CONECTORES).										
													78. BOMBA ELECTRICA DE FREÑOS (REVISAR FUGAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS Y TUBERIAS, SUJECCION DE HARNES Y CONECTORES)										
													79. ACUMULADORES DE FREÑOS (REVISAR FUGAS, ROZAMIENTOS DE LINEAS Y TUBERIAS, SENSORES Y HARNES ELECTRICO)										
													80. TANQUE HIDRAULICO (REVISAR ROZAMIENTO DE LINEAS Y TUBERIAS, FUGAS DE ACEITE, TAPA DELLENIADO, FISURAS EN EL SOPORTE SUPERIOR).										
													81. TANQUE DE COMBUSTIBLE (REVISAR AJUSTE DE LINEAS Y RESPIRADEROS , FISURAS EN EL SOPORTES, ROZAMIENTOS DE MANGUERAS)										
													82. PLATAFORMA DE TREN DE POTENCIA (REVISAR RAJADURAS, PERNOS FALTANTES, GUARDAS ROTAS O SUELTAS, SUJECCION O AJUSTE DE HARNES ELECTRICO).										
													83. TRANSMISION PARTE SUPERIOR (REVISAR FUGAS EL LINEAS Y YOKE DE TX, ROZAMIENTOS DE LINEAS, TUBERIAS, SUJECCION DE HARNES Y CONECTORES)										
													84. PADS DE TOLVA PARTE INFERIOR DE TOLVA LH Y RH (REVISAR RAJADURAS, DESGASTE DE JEBE, FALTA DE PERNOS, FALTA DE SHIM)										
													85. LINK BAR POSTERIORES (REVISAR JUEGOS DE PERNOS, FUGA DE ACEITE, FISURAS O RAJADURAS, SEGURO DE PIN)										
													86. CHASIS / RIEL HL Y RH, EXTERNO, INTERNO / CHASIS PORTERIOR E INTERMEDIO, (REVISAR FISURAS										
MOTOR																							
													87. SOPORTES DE MOTOR PARTE DELANTERA (pernos flojos o faltantes)										
													88. PROTECTOR DE CARTER (pernos flojos o faltantes / golpes)										
													89. CARTER DE MOTOR (fugas en sellos y gasket / fisuras / pernos faltantes o flojos)										
													90. BOMBA DE REFRIGERANTE (fugas por sellos y sellos / rozamiento de tuberías y líneas / harnes y conectores sueltos)										
													91. BOMBA PRINCIPAL DE ACEITE MOTOR Y VALVULA DE ALIVIO (fugas por sellos y líneas / pernos sueltos o faltantes)										
													92. ALTERNADOR (fisuras / guardas rotas / pernos faltantes / ajuste de fajas / poleas / harnes y conectores sueltos).										
													93. ENFRIADORES DE ACEITE MOTOR (fugas por sellos y gasket / pernos faltantes o sueltos).										
													94. TUBERIA DE ACEITE MOTOR DE BAJO DEL CARTER (revisar alineamiento y ajuste a todos los pernos del soporte y acoplamiento en ambos extremos según BITM)										
													95. SENSOR DE VELOCIDAD TERCIARIO - CRANKSHAFT (ajuste de harnes y conectores)										
													96. MOTOR ARRANQUE (pernos sueltos / rozamiento de mangueras / nipples sueltos / fugas)										
													97. SOPORTES DE MOTOR PARTE POSTERIOR RH Y LH. (pernos faltantes o sueltos / fisuras en chasis o soportes)										
													98. BOMBA DE PURGADO DE COMBUSTIBLE (FUGAS / PERNOS FALTANTES / ROZAMIENTOS DE MANGUERAS Y HARNES)										
													99. FILTROS DE COMBUSTIBLE (Fugas / rozamiento de líneas y tuberías / sensores con harnes y conectores sueltos)										
													100. SENSORES DE PRESION DE COMBUSTIBLE EN LOS FILTROS (harnes y conectores sueltos).										
													101. FILTROS DE ACEITE MOTOR (FUGAS / PERNOS FALTANTES/ SELLOS/ MANGUERAS)										
													102. TUBERIA DE ACEITE QUE INGRESA AL BLOCK DE MOTOR RH (FUGAS / PERNOS FALTANTES O SUELTOS / SOPORTES ROTOS)										
													103. BBA DE PURGADO DE COMBUSTIBLE (ROZAMIENTO DE LINEAS / FUGAS / RECALENTAMIENTO)										
													104. COMPRESOR DE AIRE Y A/C (ROZAMIENTO DE LINEAS / AJUSTE DE FAJA / GUARDAS)										
													105. BOMBA DE ALTA PRESION DE INYECCION MAS LA BBA. DE TRANSFERENCIA (FUGAS / ROZAMIENTOS DE TUBERIAS Y MANGUERAS / CLAMP FALTANTES)										
													106. SENSORES DEL LADO RH: T° COMBUSTIBLE ALTA PRESION, PRESS DE COMBUSTIBLE ALTA, VALVULA FCV, IMAP, IMAT, TEMPERATURA ESCAPE Y CONECTORES DE INYECTORES DEL LADO RH, TEMP. Y PRESION DE ACEITE MOTOR (ROZAMIENTOS, SUJECCION DE HARNES Y CONECTORES, CLAMP)										
													107. CULATA S BANCO RH (PERNOS SUELTOS O FALTANTES / FUGAS POR GASKET O SELLOS/ HARNES SUELTOS)										
													108. TUBERIA S DE ALTA PRESION Y RETORNO COMBUSTIBLE EN LA S CULATA S DEL BANCO RH (FUGAS / PERNOS FALTANTES/ TUBERIA S/ HARNES)										
													109. MULTIPLE DE ADMISION DEL BANCO RH Y LA TUBERIA S SALIENTE DEL ATTAC AL MULTIPLE (FUGAS / PERNOS FALTANTES/ ABRAZADERA SUELTAS O FALTANTES, MANGUERAS)										
													110. TUBERIA S DE ADMISION QUE SALEN DE LOS FILTRO DE AIRE E INGRESAN A LOS TURBOS #4 Y #3 MAS LOS SENSORES DE INGRESO DE AIRE AL TURBO (FUGAS, AJUSTE O FALTA DE CLAMP Y ROZAMIENTOS).										
													111. TURBOS DE (2) ALTA Y (4) BAJA (FUGAS EXTERNAS DE ACEITE O REFRIGERANTE, ABRAZADERA S SUELTAS, SOPORTE, PERNOS FALTANTES)										
													112. TUBERIA S DE ADMISION QUE SALEN DE LOS FILTRO DE AIRE E INGRESAN A LOS TURBOS #1 Y #2 MAS LOS SENSORES DE INGRESO DE AIRE AL TURBO (FUGAS, AJUSTE O FALTA DE CLAMP Y ROZAMIENTOS Y CONECTORES SUELTOS).										
													113. MULTIPLE DE ADMISION DE CADA CULATA DEL BANCO LH Y LA TUBERIA S SALIENTE DEL ATTAC AL MULTIPLE (FUGAS / PERNOS FALTANTES/ ABRAZADERA SUELTAS O FALTANTES, MANGUERAS)										
													114. TUBERIA S DE ALTA PRESION Y RETORNO COMBUSTIBLE EN LA S CULATA S DEL BANCO LH (FUGAS / PERNOS FALTANTES/ TUBERIA S/ HARNES)										
													115. VERIFICAR CULATA S BANCO LH (PERNOS SUELTOS O FALTANTES / FUGAS POR GASKET O SELLOS/ HARNES SUELTOS)										
													116. VERIFICAR SENSOR IMAP, IMAT, TEMPERATURA ESCAPE LH (ROZAMIENTO DE HARNES Y CONECTORES SUELTOS)										
													117. VERIFICAR MODULO DE MOTOR (PERNOS FALTANTES, CONECTORES, ASEGURAMIENTO DE HARNES, SOPORTES)										
													118. VERIFICAR TUBERIA S DE ALTA PRESION POSTERIOR (FUGAS / PERNOS FALTANTE/ CLAMP)										
													119. VERIFICAR ESTADO DE PTO (FUGAS POR SEAL LIP/ PERNOS FALTANTES ESTADO DE CRUCETA S)										
													120. VERIFICAR LOS SENSORES DE VELOCIDAD CAMSHAFT PRIMARIO Y SECUNDARIO (HARNES, CONECTOR, ASEGURAR)										

RADIADOR Y PLATAFORMAS																						
													121. ESCALERA DE ACCESO LH, RH, ESCALERA DIAGONAL Y VERTICAL (pernos faltantes o flojos /peñafios y soportes rotos / barandas flojas o rotas).									
													123. TANQUE DE GRASA (fuga de grasa / soportes o pernos sueltos / mangueras y harnes sueltos)									
													124. ESTACION DE SERVICIO RAPIDO (fugas de aceite / rozamiento de líneas / guardas rotas / seguros rotos)									
													125. CAJA DE BATERIAS (bornes sueltos / rozamiento de cales / guardas y soportes sueltos).									
													126. CAJA DE INTERRUPTORES DE BLOQUEO (estado de los interruptores / harnes sueltos)									
													127. CAJA DE FILTRO S RH Y LH (soportes sueltos o rotos / tapas y seguros de filtros sueltos / colectores de polvo / estado de guarda fangos RH y LH rotos).									
													128. SOPORTE INFERIOR DE RADIADOR, (pernos sueltos o faltantes, soporte y guardas rotas).									
													129. TUBERIAS DE SUCCION DE BBAS. DE AGUA (fugas por tuberías o mangueras / bndas o brakel sueltas)									
													130. VALVULA E-STAT (pernos y brakel sueltos o rotos / soportes rotos / harnes o conectores sueltos / fugas de refrigerante en mangueras y tuberías)									
													131. VALVULA MAKE UP DE FAN (soporte o pernos sueltos / rozamiento de mangueras / clip sueltos).									
													132. POST ENFRIADOR (tuberías laterales de salida sueltos / fugas de aire / soportes sueltos/rejillas sueltas o flojas)									
													133. ESTADO DE TANQUE DE EXPANSIÓN (fugas por válvula de alivio o tapa / sensores de nivel conectores o harnes sueltos / guardas sueltas)									
													134. PLATAFLOMA Y BARANDAS SUPERIORES CENTRAL, RH Y LH (pernos sueltos o faltantes / barandas y soportes rotas / clip sueltas / espejos sueltos o rotos).									
													135. COMPUERTA DE MOTOR (estado de las bisagras / pernos faltantes / seguros faltantes o rotos)									
													136. POST ENFRIADOR (tuberías de salida superior sueltos / fugas de aire / soportes sueltos/ rejillas sueltas o flojas)									
													137. MOTOR HIDRAULICO DE VENTILADOR (fugas por testigo o mangueras / soportes o guardas rotas)									
													138. REJILLA DE VENTILADOR (soportes rotos / pernos faltantes o flojos / rejillas rotas)									
													139. VENTILADOR (rozamiento de las aspas / pernos de soporte sueltos o faltantes).									
													140. CORES DE RADIADOR (fugas de refrigerante , cores taponados)									
													141. TEMPLADORES DE RADIADOR SUPERIOR RH Y LH (suelto /pernos faltantes)									
													142. TUBERIAS DEL FILTRO DE AIRE A ENTRADA DE TURBOS 1,2,3 Y4 (harnes y conectores sueltos de los sensores de presión / abrazaderas sueltas / fugas de aire)									
													143. SOPORTES Y TEMPLADORES POSTERIORES DE PORTAFILTROS DE AIRE RH YLH (pernos sueltos o faltantes , soportes rotos o fisuras).									
CABINA																						
													144. BARANDAS DE CABINA DELANTERA, LH Y POSTERIOR (pernos faltantes o flojos / seguros y soportes rotos / barandas flojas o rotas).									
													145. PLATAFORMAS DE CABINA DELANTERA Y LH (pernos faltantes o flojos / seguros y soportes rotos / barandas flojas o rotas).									
													146. ESPEJOS Y PARABRISAS DELANTERO, POSTERIOR Y LATERALES (rajaduras / limpieza).									
													148. CERRADURA DE PUERTAS S RH Y LH (verificar funcionamiento de las chapa)									
													150. ASIENTO PILOTO Y COPILOTO (estado de la suspensión / funcionamiento de espaldar / funcionamiento de cinturón de seguridad).									
													153. CONSOLA DE CONTROL (funcionamiento de palanca de cambios / palanca de levante e interruptores) Realizar con maquina apagada.									
													155. CONSOLA DE FUSIBLES Y DISYUNTORES (estado de fusibles, relay y disyuntores)									
													158. ROPS Y SOPORTES DE SUJECCIÓN (verificar si hay fisuras u oxido)									

UBICACIÓN FILTROS REJILLAS 797F

(1 - 33) Filtros de aire del motor	(5) Filtro de aceite motor diesel
(34) Filtros de aceite del sistema de dirección	(3) Filtros secundarios de combustible para el módulo de motor trasero
(7) Filtro del aceite de enfriamiento del freno delantero derecho	(26) Filtro primario de combustible
(4) Enfriador de aceite de la dirección	(27) Rejilla de salida del convertidor de par
(5) Enfriador de aceite de los frenos delanteros	(27) Rejilla del sumidero del convertidor de par
(8 - 9) Filtros de drenaje de la caja	(22) Filtro de aceite de la transmisión
(26) Rejillas de enfriamiento de los frenos trasero izquierdo	(21) Rejilla magnética de la transmisión
(11) Filtro de aceite del convertidor de par	(19) Filtro del aceite del mando final
(13) Rejillas del sistema de levantamiento	(16) Filtro del aceite del diferencial
(25) Filtros de actuación de freno	(18) Rejilla inferior del eje trasero
(14) Rejilla superior para el eje trasero	(32) Tanque de grasa



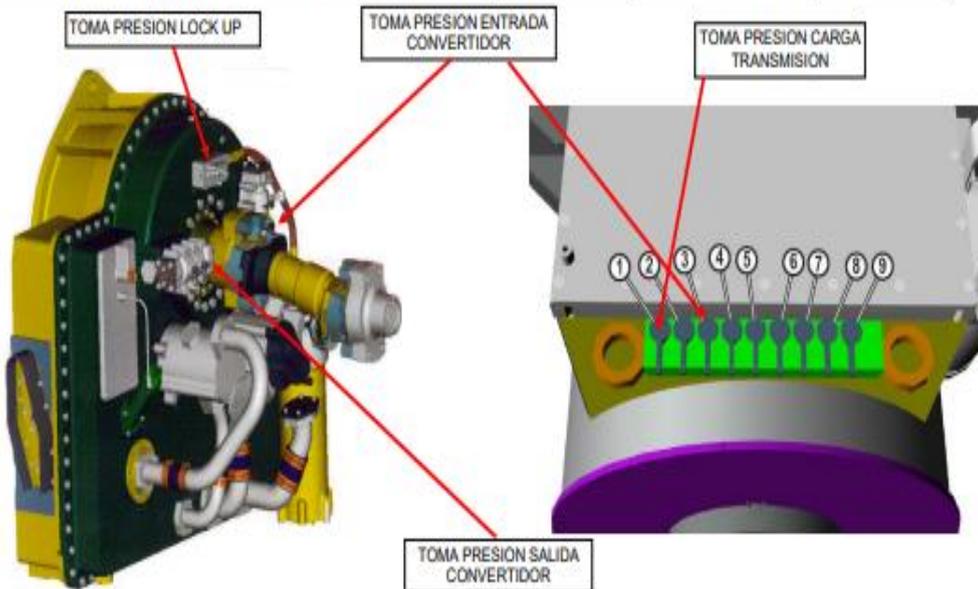
(Cada 6000 y posterior 12000- 2000 hrs)

TEST DE CONVERTIDOR 797F



EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor Ajustado
Temperatura Aceite Convertidor (durante prueba)	>80°C < 121°C		
Presión Bomba Carga Transmisión ALTA RPM	375 +/- 5 PSI		
Presión Salida Convertidor BAJA RPM	16 +/- 7 PSI		
Presión Salida Convertidor ALTA RPM	65 +/- 15 PSI		
Presión Entrada Convertidor BAJA RPM	20 +/- 10 PSI		
Presión Entrada Convertidor ALTA RPM	100 +/- 10 PSI		
Presión Lock Up en BAJA RPM	0 +/- 5 PSI		
Presión Lock Up en ALTA RPM (Calibración ET)	300 +/- 20 PSI		



Para realizar la prueba la palanca selectora deberá colocarse en la posición P. Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio. Adicional solicitar "BITM Informativo de soporte tecnico" donde della las acciones a tomar cuando existen fallas de TX y TC.

OBSERVACIONES :

(Cada 8000 y posterior 12000- 2000 hrs)



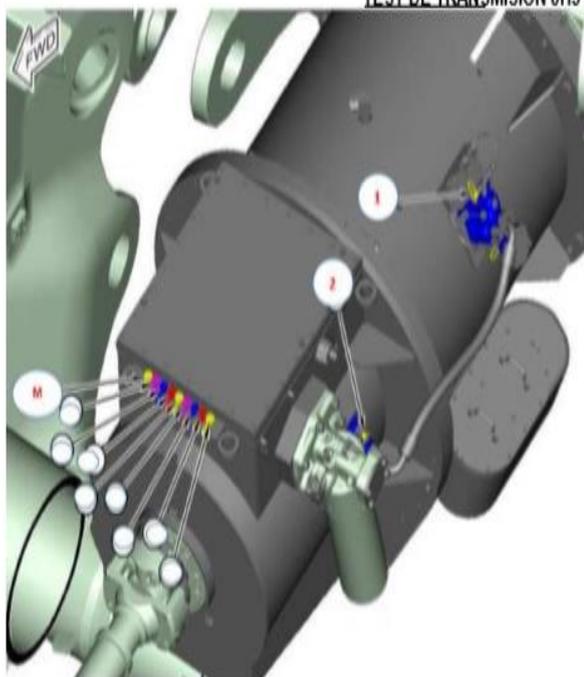
PRUEBAS DE PRESIONES TRANSMISION

EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

Temperatura de Aceite Transmision >80°C < 121°C					
TAP DE PRUEBA	MOTOR	MARCHA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor Ajustado
PRESION DE LUBRICACION SUMINISTRO (1)	BAJA RPM	Neutral	15 +/- 5 psi		
	ALTA RPM		85 +/- 10 psi		
PRESION DE LUBRICACION MODULO DELANTERO (2)	BAJA RPM	Neutral	10 +/- 2 psi		
	ALTA RPM		66 +/- 10 psi		
PRESION DE VALVULA DE ALIVIO PRINCIPAL TX		Neutral			
	ALTA RPM		375 +/- 5 psi		

OBSERVACIONES:

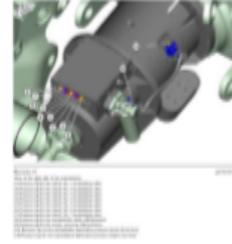
TEST DE TRANSMISION JH5



Nota: Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

TECNICO LEADER:	SUPERVISOR:

CALIBRACIÓN DE LA TRANSMISIÓN (Cada 6000 y posterior 12000~ 2000 hrs)



EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

Temperatura de Aceite Transmisión >80°C < 121°C			
NOMBRE PAQUETE DE ENBRACE	VALOR ESPECIFICADA EN ET (PSI/ACCIÓN) E	VALOR ACTUAL (PSI/ACCIÓN) E (MANOMETRO)	VALOR AJUSTADO (PSI/ACCIÓN) E (MANOMETRO)
Clutch #1			
Clutch #2			
Clutch #3			
Clutch #4			
Clutch #5			
Clutch #6			
Clutch Lock up			

Description	Value
Transmission Servo 1 Current Percentage	44.7
Engine Speed	700
Transmission Oil Temperature	72
Parking Brake	Engaged
Shift Lever Position	Neutral
Service Brake	ON

Illustration 87
View of the right side of the transmission

- (1) Pressure tap for the clutch No. 1 modulating valve
- (2) Pressure tap for the clutch No. 2 modulating valve
- (3) Pressure tap for the clutch No. 3 modulating valve
- (4) Pressure tap for the clutch No. 4 modulating valve
- (5) Pressure tap for the clutch No. 5 modulating valve
- (6) Pressure tap for the clutch No. 6 modulating valve
- (7) Pressure tap for the clutch No. 7 modulating valve
- (8) Pressure tap for the transmission main relief pressure
- (9) Pressure tap for the torque converter inlet pressure
- (10) Pressure tap for the transmission lubrication pressure clutch (front foot)
- (11) Pressure tap for the transmission lubrication pressure clutch (rear foot)

Instructions:

- Place the Shift Lever in the Park Position.
- Make sure the parking brake is set before calibrating.
- Ensure external leak is in the OFF position.
- Connect gauge to valve to be calibrated.
- Set Engine Speed to low idle.

Click the desired gear.

Push button. To abort the calibration, apply the service brake or click the Cancel button.

Para calibrar la presión de enganche de paquetes debe instalar manómetros en los paquetes mencionados en la tabla, uso ET-Menu servicio- Calibraciones - ECM TX - Calibración de presión de paquetes - Selección de paquetes a calibrar, al empezar la calibración debe comparar la presión especificada en el ET v.s manómetros, de ser necesario ajustar a lo especificado en el ET. Al finalizar la calibración debe revisar la presión residual de los paquetes 0 +/- 5 PSI en los paquetes, apagar el motor y remover los manómetros instalados. Para continuar con la calibración de llenado de paquetes de TX active la calibración de llenado en ET este se ejecuta de manera automática espere se finalice.

Nota: A las 6000 hrs reemplazar los moduladores de embrague #1, #2 por 8L, comprobar la presión de alivio principal de TX - 376 +/- 5 psi (altas RPM motor, selector de marcha P) antes de empezar la calibración de la transmisión, de ser necesario ajustar.

Durante la calibración

Si los parámetros evaluados están fuera de lo especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio. Adicionalmente consultar "BITM Informativo de soporte técnico" donde de las acciones a tomar cuando hay fallas de TX y TC.

OBSERVACIONES:

TECNICO LIDER.

SUPERVISOR.

--	--

TEST DE MOTOR 797F

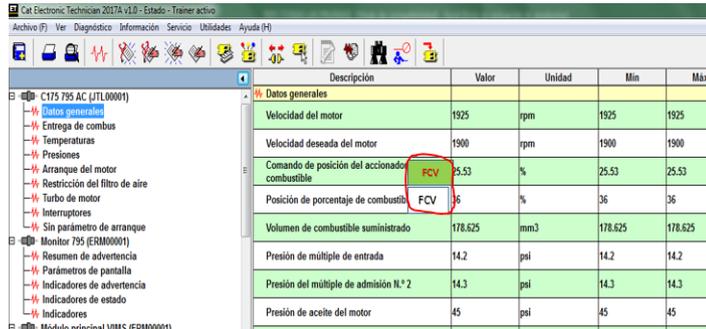
ARCHIVAR EN TODOS LOS PMS



EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

PRUEBA MOTOR C 175	ESPECIFICADO	ACTUAL	VALOR AJUSTADO
Rpm. Baja en Vacio	700 +/- 10 rpm.	Rpm	
Rpm. Alta en Vacio	1850 +/- 20rpm.	Rpm.	
Rpm. En Stall	1600 +/- 10 rpm	Rpm.	

PRUEBA MOTOR C 175	ESPECIFICADO	ACTUAL	VALOR AJUSTADO
Presion de Aceite Baja rpm.	40 a 87 psi	Psi.	
Presion de Aceite Alta rpm.	73a 102 psi	Psi.	
Presion de Combustible en BAJA VACIO	93 + / - 30 psi	Psi.	
Presion de Combustible en ALTA VACIO	68-135 psi	Psi.	
Presion de Combustible en STALL	68-135 psi	Psi.	
Comando de la FCV Baja rpm (ET - STATUS)	10 to 15	%	
Comando de la FCV Alta rpm (ET - STATUS)	20 to 25	%	
Comando de la FCV Stall (ET - STATUS)	40 to 50	%	
Presion de Boost en stall	24+ / - 2	Psi.	



NOTA: El comando de la FCV determina el estado general de los componentes del sistema de alta presión de combustible. Para las pruebas de Stall haga uso de los frenos (Pedal de servicio, palanca de retardo manual), mueva la palanca selector de marchas a la posición D aplicando ambos botones amarillos, presionar totalmente el pedal acelerador. La prueba de STALL determina la eficiencia del tren de potencia y tren de potencia. Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

OBSERVACIONES :

Tiempo Estimado : 20 Minutos
 Personal Requerido: 2 Personas

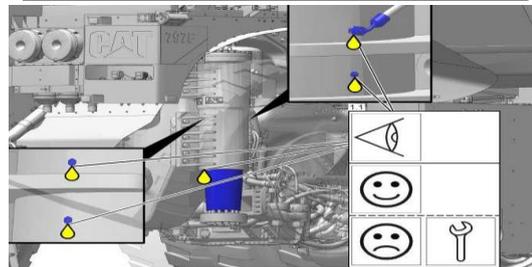
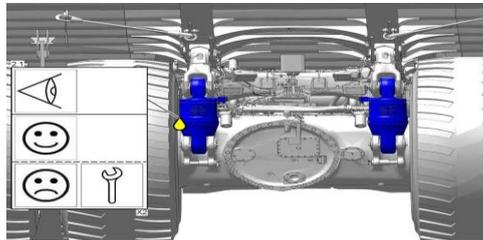
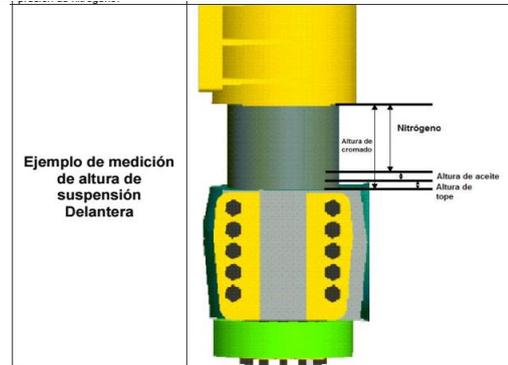
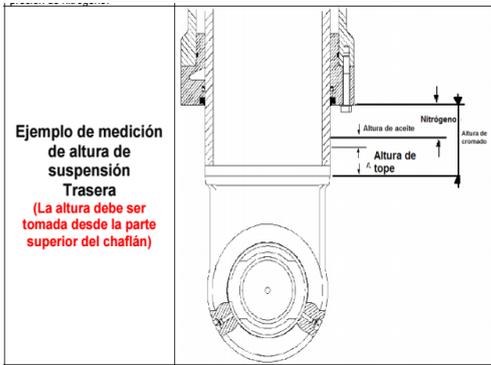
TECNICO LIDER:	SUPERVISOR:

INSPECCION ALTURA Y PRESIÓN DE SUSPENSIONES 797F

EQUIPO: _____ **FECHA** _____ **HOROMETRO** _____

ALTURA SOBRE TERRENO SUSPENSIONES	ESPECIFICADO	VALOR	Valor ajustado
DELANTERA DERECHA	9,5 +/- 5 pulg		
DELANTERA IZQUIERDA	9,5 +/- 5 pulg		
TRASERA DERECHA	6 +/- 5 pulg		
TRASERA IZQUIERDA	6 +/- 5 pulg		

PRESIONES SOBRE TERRENO SUSPENSIONES	ESPECIFICADO	VALOR	Valor ajustado
DELANTERA DERECHA	522 psi		
DELANTERA IZQUIERDA	522- 572 psi		
TRASERA DERECHA	275 psi		
TRASERA IZQUIERDA	275 psi		



Durante el ensamblaje de campo, los cilindros de suspensión deben cargarse con nitrógeno a las 500 hrs de servicio. Cada año o 5000 hrs reemplazarse el aceite y nitrógenos de las suspensiones (i06789980) BITM2357-02.

Las presiones del cilindro de la suspensión varían 345 kPa (50 psi) (Front) o 1035 kPa (150 psi) (Rear) más en comparación con el otro lado cuando el camión está vacío. Compare izquierdo con el delantero derecho y el izquierdo con el trasero derecho. No compare el frente con la parte trasera. Puede detectar fugas con agua y jabon i07155962.

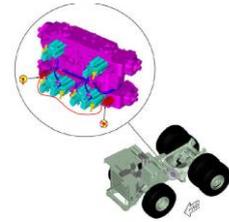
Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas, existe el riesgo de atrapamiento por caída repentino del equipo, lesiones por presiones.

OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

SUPERVISOR:

--	--

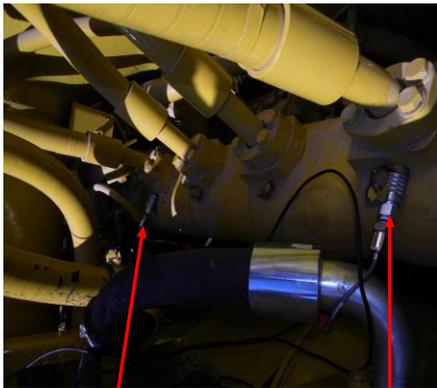


PRUEBAS DEL SISTEMA LEVANTE

EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

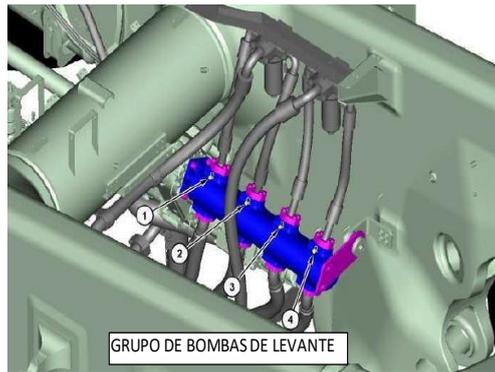
La temperatura del aceite HYD 60° to 82°C (140° to 180°F)

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor Ajustado
Presion de Bombas circuito enfriamiento delantero (Taps 3 y 4)	3450 ± 100 psi		
Presion de Bombas circuito posterior (Taps 1 y 2)	3450 ± 100 psi		
Presión de bombas bajando la tolva no debería ser mayor	1025 psi		
Tiempo de ciclo de levante Alta rpm desde 0 ° a 56 ° de la caja.	22 - 27 seconds		
Tiempo de ciclo de Bajada, Baja rpm.	16 a 21 seg.		



TOMA PRESION

TOMA PRESION BOMBA



GRUPO DE BOMBAS DE LEVANTE

NOTA : Para la prueba de presión de levante y bajada, acelere el motor hasta alcanzar las rpm nominal y levante la tolva completamente y registre la presión mas elevada.

Si no cuenta con tetragage que alcancen fuera de la maquina se recomienda remover la cubierta de control de levante y desconectar los solenoides proporcionales de vastago y cabeza de cilindro.

Si desea tomar los tiempos de ciclos de levante y bajada de tolva de forma precisa es recomendable hacer un datalogger con ET, VIMS PC.

Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

Nunca debe exponerse a la linea de fuego (bajada de la tolva)

OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

SUPERVISOR:

--	--

TEST DE ACTUACION FRENO SERVICIO Y ESTACIONAMIENTO 797F

EQUIPO: _____ **FECHA** _____ **HOROMETRO** _____

TAPS EN AJUSTADOR (SLACK) TEMPERATURA DEL ACEITE 60° TO 121°C				
PRUEBA	ESPECIFICADO	DELANTERO	TRASERO	Valor ajustado
RETARDO MANUAL APLICADO	600- 940 Psi.	Psi.	Psi.	Del: Tras:
FRENO SERVICIO APLICADO	900 +/- 40 Psi.	Psi.	Psi.	Del: Tras:
PRESION RESIDUAL	Slack Del:15,4 Psi. Slack Tras: 9,4 Psi.	Psi.	Psi.	Del: Tras:

TAP EN WHEEL DELANTERO				
PRUEBA	ESPECIFICADO	IZQUIERDO	DERECHO	Valor ajustado
RETARDO MANUAL APLICADO	600- 940 Psi.			
FRENO SERVICIO APLICADO	900 +/- 40 Psi.			
PRESION RESIDUAL	15,4 Psi.			

TAP EN WHEEL POSTERIOR				
PRUEBA	ESPECIFICADO	IZQUIERDO	DERECHO	Valor ajustado
RETARDO MANUAL APLICADO	600- 940 Psi.			
FRENO SERVICIO APLICADO	900 +/- 40 Psi.			
PRESION RESIDUAL	9,4 Psi.			

Arrancar el equipo y mantenga en bajas en vacío, dejar que las presiones de acumuladores de freno haga unos cuantos ciclos de cut in-cut out y viceversa y aplicar los frenos, registrar los valores en la tabla.

Nota: Si existe la necesidad de purgar el circuito frenos servicio, use los mismos taps de prueba de los paquetes freno para purgar colocando una manguera y un deposito apropiado, coloque la palanca selectora de marcha a N y pisar el pedal de manera gradual hasta obtener flujo continuo de aceite - regresar la palanca a la posición P. Si no puede habilitar una manguera de purga tambien cuenta con una válvula de purga que debe aflojar para purgar.

Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas existe el riesgo de ser atropellado por un movimiento repentino del equipo, lesiones por presiones.

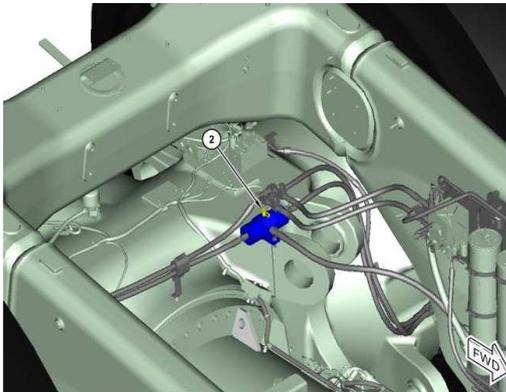


Illustration 125
(2) Pressure tap at the rear slack adjuster

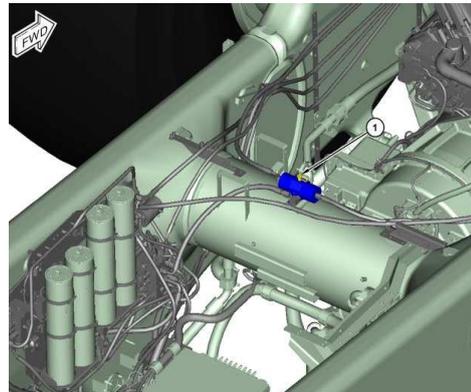
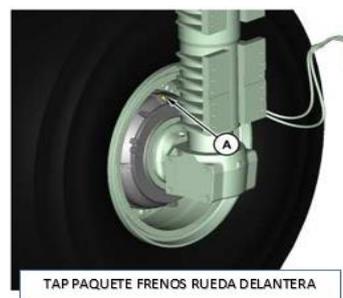
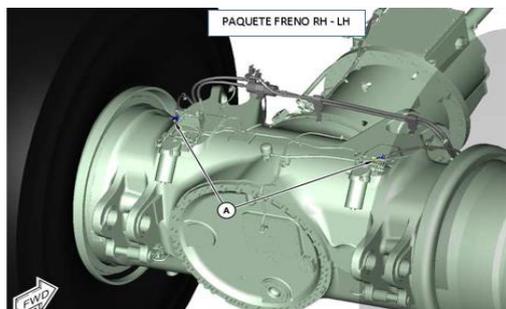


Illustration 124
(1) Pressure tap at the front slack adjuster



OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

SUPERVISOR:

--	--

Test Freno Estacionamiento (temperatura del aceite 60° to 121°c)

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor Ajustado
2.- PONER EN FUNCIONAMIENTO MOTOR A BAJAS RPM. 2.- APLICAR RETARDO MANUAL 3.- SACAR LA PALANCA DE CONTROL DE LA POSICIÓN PARQUEO (P) A LA POSICIÓN ADELANTE (N). 4.- LA PRESION DE ACEITE DE LIBERACIÓN DE FRENO DE RESORTES DEBE DE ALCANZAR EL VALOR ESPECIFICADO DE 630 +/- 70PSI.	630 +/- 70 Psi		
5.- AL VOLVER LA PALANCA DE CONTROL NUEVAMENTE A LA POSICIÓN PARQUEO (P), LA PRESION DEBE DE CAER A 0 PSI.	0-8 Psi		
6.- NUEVAMENTE SACAR LA PALANCA DE CONTROL DE PARQUEO (P) Y APLICANDO EL FRENO SECUNDARIO LA PRESION DEBE CAER A 0 PSI O A UN VALOR DETERMINADO POR EL GRADO DE APLICACIÓN DEL PEDAL.	0-8 Psi		

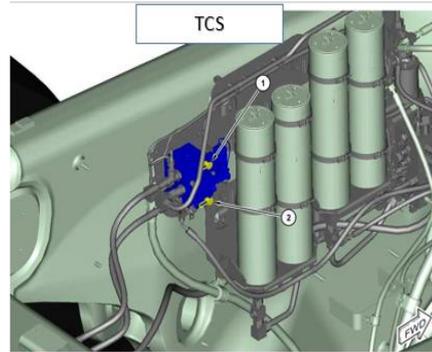
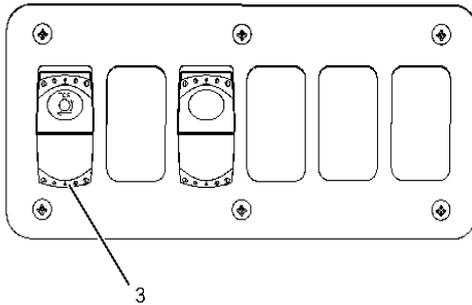
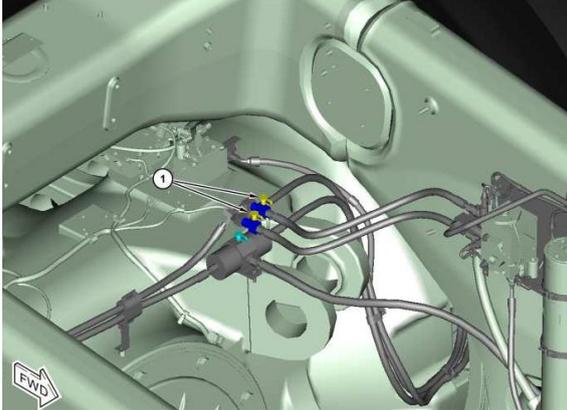


Illustration 118
(1) Pressure tap for the right wheel
(2) Pressure tap for the left wheel

g03350875

La tabla superior se puede usar para registrar los valores del TCS. Active el TCS con el interruptor de la cabina o mediante ET, con el motor en baja en vacío automáticamente durante 30 segundos se debe incrementar la presión y disminuir a 0 PSI en secuencia RH - LH.

Es muy importante comparar las presiones físicas con las presiones mostradas en ADVISOR O ET. Si los parámetros evaluados están fuera de lo especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas existe el riesgo de ser atropellado por un movimiento repentino del equipo lesiones por presiones.

OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

SUPERVISOR:

--	--

TEST DE SISTEMA DE FRENOS 797F

EQUIPO: _____ **FECHA** _____ **HOROMETRO** _____

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor Ajustado
Temperatura Aceite Frenos (durante prueba)	>21°C		
Presión de precarga acumulador freno de Servicio con T° ambiente > a 81°F (27°C) Si la presión de precarga está fuera de 1020 +/- 50 psi, precargue nuevamente.	(1000 ± 50 psi)		
Presión de precarga acumulador freno de Servicio con T° ambiente > a 81°F (27°C) Si la presión de precarga está fuera de 1020 +/- 50 psi, precargue nuevamente.	(1000 + 50 psi)		
Si es necesario recargar revisar las fugas externas con agua y jabon.			

Calentar el sistema a lo menos 60° to 121°C. Con motor en RPM baja en vacío, transmisión en neutro, ruedas bloqueadas, freno de estacionamiento aplicado y palanca de levante en posición HOLD, realizar las siguientes mediciones:

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor ajustado
Presión CUT- IN (BAJA EN VACÍO)	(2100 + 200 - 100 psi)		
Presión CUT- OUT (BAJA EN VACÍO)	3000 +/- 100 PSI		
Presión Bomba Standby, bajas RPM	(100 +/- 50 PSI)		
Presión de alivio principal (ET- UNLOADER)	3350 ± 50 psi		
Ciclo de tiempo desde CUT-OUT a CUT-IN	Pos Float > 60 sgs.		
Ciclo de tiempo desde CUT-IN a CUT-OUT	Pos HOLD < 9,5 sgs.		

Aplicación del Freno de servicio y freno de estacionamiento aplicado. Condiciones:

- Motor en baja en vacío.
- Transmisión en neutro.
- Freno de estacionamiento aplicado (ON).
- Palanca de Tolva en posición Hold.
- Presión del freno de servicio cerca de la presión Cut-In.

En ese momento aplicar freno de servicio, aliviar freno de estacionamiento y enganchar primera velocidad y mantener el motor en baja en vacío (todo esto en forma simultanea).

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	Valor ajustado
Tiempo de carga del acumulador (Recuperación del sistema)	< 12 sgs.		
Presión del sistema de frenos más baja alcanzada, antes de la recuperación.	> 1785 +/- 50 PSI		

Nota: Para tomar las pruebas de la segunda tabla, los acumuladores deben estar cargados con nitrógeno a una presión 1000 PSI.

TEST DE SISTEMA FRENOS

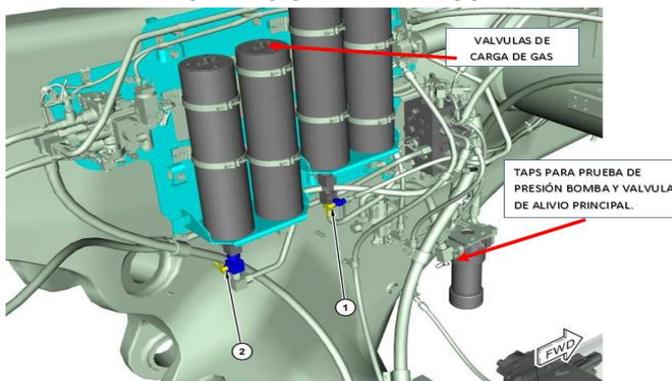


Illustration 112
(1) Secondary **brake** accumulator pressure tap
(2) Service **brake** accumulator pressure tap

g03554599

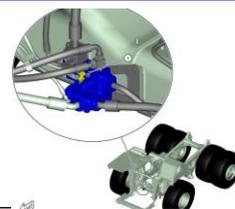
Nota: Es muy importante comparar las presiones físicas con las presiones mostradas en ADVISOR O ET. Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.
Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas existe el riesgo de ser atropellado por un movimiento repentino del equipo. lesiones por presiones.

OBSERVACIONES:

TECNICO LIDER: _____ SUPERVISOR: _____

CADA PM5

TEST SISTEMA DE DIRECCIÓN FLOTA 797F



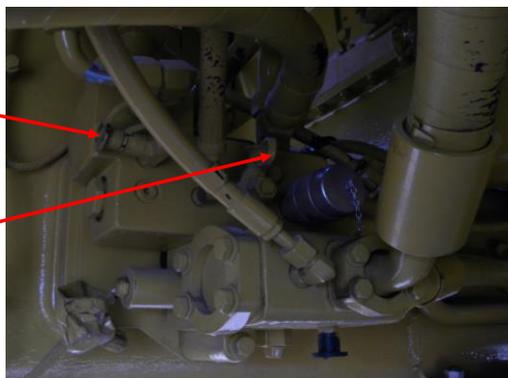
EQUIPO: _____ FECHA _____ HOROMETRO _____

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	VALOR AJUSTADO
1. Presión pre-carga de nitrógeno acumulador A 21° C (70° F)	1000 + 50 psi		
2. Presión pre-carga de nitrógeno acumulador A 21° C (70° F)	1000 + 50 psi		
3. Presión de pre-carga nitrógeno acumulador a 21 ° C (70°F)	1000 + 50 psi		

PRUEBA	ESPECIFICADO	ACTUAL	VALOR AJUSTADO
Temperatura Aceite dirección (durante prueba)	65° to 82°C		
Baja presión bomba dirección (presión stand-bayss) Bajas RPM	(250 a 500 psi)		
Presión de de descarga de la bomba dirección	4090 ± 100 psi		
Presión de desactivación (ex CUT-OUT) Bajas RPM	(3500 ± 100 psi)		
Presión de activación (ex CUT-IN) Bajas RPM	(3200 ± 100 psi)		
Ciclo de tiempo desde Presión de desactivación a presión de activación. Bajas RPM Nota: Esperar 3 ciclos antes de anotar	Más de 30 segundos		
Velocidad del ventilador Presión de bomba	525+4 RPM 2300 PSI		

TOMA PRESION BOMBA DIRECCION

TOMA PRESION ACUMULADORES DIRECCION



Para detectar fugas motor arrancada gire la dirección totalmente hacia izquierda y la presión en el tap de prueba de acumulador debe dar un valor 3300+- 72 PSI, repita la prueba para el lado derecho.

Nota: Es muy importante comparar las presiones físicas con las presiones mostradas en ADVISOR O ET. Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas existe el riesgo de ser atropellado por un movimiento repentino del equipo, lesiones por presiones.

OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

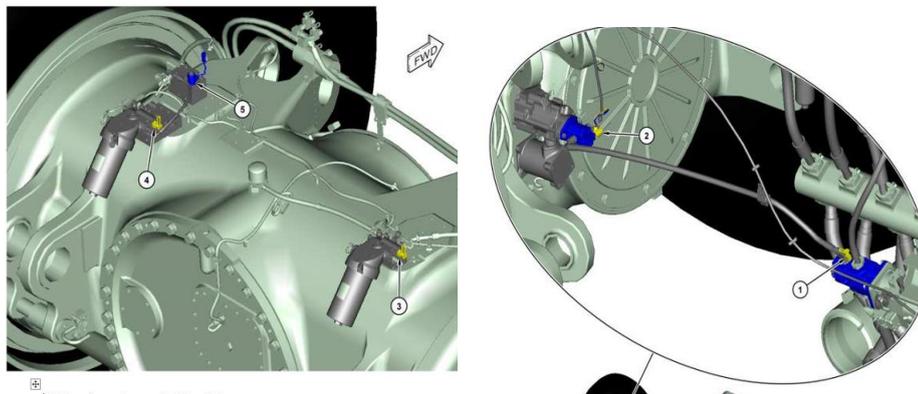
SUPERVISOR:

VALVULAS SOLENOIDE DE DERIVACIÓN DE BOMBA RAX Y DERIVACIÓN MANDOS FINALES (ON)		
PRUEBA	ESPECIFICACION	ACTUAL
TEMPERATURA DEL DIFERENCIAL	18° to 35° C (64° to 95°F)	
RPM DEL MOTOR	700 +/- 10 rpm.	
PRESION EN LA BOMBA DEL RAX	MENOR A < 00 kPa (595 psi)	
PRESION FILTRO DE DIFERENCIAL	0 to 210 kPa (0 to 30 psi)	
PRESION FILTRO DE MANDOS FINALES	0 to 70 kPa (0 to 10 psi)	

VALVULAS SOLENOIDE DE DERIVACIÓN DE BOMBA RAX Y DERIVACIÓN MANDOS FINALES (OFF)		
PRUEBA	ESPECIFICACION	ACTUAL
TEMPERATURA DEL DIFERENCIAL	60° to 66° C (140° to 150°F)	
RPM DEL MOTOR	1850 +/- 10 rpm.	
PRESION EN EL MANDO DE BOMBAS	MENOR A 17500 to 19500 kPa (2540 to 2830 psi)	
PRESION FILTRO DE DIFERENCIAL	550 to 900 kPa (80 to 130 psi)	
PRESION FILTRO DE MANDOS FINALES	550 to 1050 kPa (80 to 152 psi)	

VALVULAS SOLENOIDE DE DERIVACIÓN DE BOMBA RAX (OFF) Y DERIVACIÓN MANDOS FINALES (ON)		
PRUEBA	ESPECIFICACION	ACTUAL
TEMPERATURA DEL DIFERENCIAL	18° to 35° C (64° to 95°F)	
RPM DEL MOTOR	1850 +/- 10 rpm.	
PRESION EN EL MANDO DE BOMBAS	MENOR A < 17500 to 21000 kPa (2540 to 3045 psi)	
PRESION FILTRO DE DIFERENCIAL	1000 to 1400 kPa (145 to 200 psi)	
PRESION FILTRO DE MANDOS FINALES	70 to 240 kPa (10 to 35 psi)	

VALVULA SOLENOIDE DE DERIVACIÓN DE BOMBA RAX(OFF) Y DERIVACIÓN DE MANDO FINALES (ON)		
PRUEBA	ESPECIFICACION	ACTUAL
TEMPERATURA DEL DIFERENCIAL	60° to 66° C (140° to 150°F)	
RPM DEL MOTOR	1850 +/- 10 rpm.	
PRESION EN EL MANDO DE BOMBAS	MENOR A < 13800 to 17600 kPa (2000 to 2550 psi)	
PRESION FILTRO DE DIFERENCIAL	550 to 900 kPa (80 to 130 psi)	
PRESION FILTRO DE MANDOS FINALES	0 to 210 kPa (0 to 30 psi)	



(3) Toma de presión para el diferencial

(4) Toma de presión para los mandos finales

(5) Válvula solenoide de derivación de aceite mandos

(1) Taps de pruebas bomba RAX

(2) Válvula solenoide de derivación de bomba RAX

Para esta prueba use (ET-diagnostico - parametros de anulacion de frenos).Es muy importante comparar las presiones físicas con las presiones mostradas en ADVISOR O ET. Si los parametros evaluados estan fuera de los especificado, es necesario hacer ajustes con la ayuda del manual de servicio.

Tome todas las medidas de seguridad necesarias durante las pruebas, existe el riesgo de ser atropellado por un movimiento repentino del equipo, lesiones por presiones.

OBSERVACIONES :

TECNICO LIDER:

SUPERVISOR:

--	--