

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA LEAN
MANUFACTURING PARA LA MEJORA EN EL MANTENIMIENTO
PREVENTIVO EN UNA FLOTA DE CAMIONES CAT 794 AC EN UNA EMPRESA
CONTRATISTA MINERA, AREQUIPA 2020**

Tesis presentada por:

Tapia Alarcon Christian Jesus

Para optar por el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Mg. Azalgara Neira Pablo Alfonso

Arequipa – Perú

2022

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi familia, gente luchadora y soñadora que siempre me enseñaron que los límites son solo para romperlos, para mi abuelo que se encuentra en el cielo.

También a todas las personas que me acompañaron en este camino, llamado vida; por sus enseñanzas, por su comprensión, por su paciencia y todas las virtudes que han sabido ver en mí.

Esperando que este sea el comienzo de una aventura que lleve a mí y mis seres queridos cada vez más cerca de alcanzar nuestros sueños y metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y mi madre por todo el inmenso amor y enseñanzas que recibí en esta vida; a mi familia que siempre estuvo conmigo y a mis seres queridos, a todos ellos agradezco por ser parte de mi vida y del profesional que soy hoy en día.

RESUMEN

Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático para identificar y eliminar desperdicios o excedentes, entendiendo como excedente, todas las actividades que no crean valor en un proceso, sino costos y trabajo. Dicho proceso descubre continuamente oportunidades de mejora y se basa en la comunicación y trabajo en equipo.

La investigación se da en una empresa del rubro minero, donde se ha observado que el proceso de mantenimiento suele exceder en tiempo, lo que se refleja en costos excedentes de mano de obra e incluso en costo de materiales.

La presente investigación posee como objetivo principal diseñar e implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera.

La investigación es de tipo aplicativo, pues busca emplear los conocimientos adquiridos en la rama de Ingeniería Industrial; además, la investigación se realizó bajo un diseño no-experimental, es decir, no se interviene o manipula las variables tanto independiente como dependiente, sino que se observa su comportamiento durante el desarrollo de los procesos.

Finalmente se tuvo como conclusiones que los tiempos medios de falla de la maquinaria en estudio, se ven disminuidos, gracias a la aplicación de las herramientas lean, a través de la reducción de tiempos (SMED), además se concluye que el proyecto es económicamente viable, pues se tiene un VAN S/. 1,260,428.59, lo que resulta beneficioso para la empresa minera. Por otro lado, se recomienda a la empresa minera aplicar el presente estudio en las otras flotas bajo su jurisdicción para mejorar la realización del mantenimiento preventivo programado.

Palabras Clave: Mejora continua, Lean Manufacturing, Mantenimiento preventivo, camión minero, tiempos de falla.

ABSTRACT

Lean Manufacturing is a continuous and systematic process to identify and eliminate waste or surplus, understanding as surplus, all activities that do not create value in a process, but costs and work. This process continually discovers opportunities for improvement and is based on communication and teamwork.

The investigation takes place in a mining company, where it has been observed that the maintenance process tends to exceed time, which is reflected in surplus labor costs and even in the cost of materials.

The main objective of this research is to design and implement the Lean Manufacturing methodology to improve preventive maintenance in a fleet of CAT 794 AC trucks in a mining contractor company.

The research is of an application type, as it seeks to use the knowledge acquired in the branch of Industrial Engineering; In addition, the research was carried out under a non-experimental design, that is, the independent and dependent variables are not intervened or manipulated, but their behavior is observed during the development of the processes.

Finally, the failure times of the machinery under study were taken as conclusions, they are reduced, thanks to the application of lean tools, through the reduction of times (SMED), it is also concluded that the project is economically viable, since there is a VAN S /. 829,714.31, which is beneficial to the mining company. On the other hand, the mining company is recommended to apply this study in the other fleets under its jurisdiction to improve the performance of scheduled preventive maintenance.

Keywords: Continuous improvement, Lean Manufacturing, Preventive maintenance, mining truck, failure times.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos de la Investigación	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
1.4. Hipótesis	3
1.4.1. Hipótesis General	3
1.5. Limitaciones de la Investigación	3
1.6. Viabilidad de la Investigación	3
1.6.1. Viabilidad Técnica	3
1.6.2. Viabilidad Operativa	3
1.6.3. Viabilidad Económica	3
1.7. Justificación	4
1.8. Importancia	4

1.9. Tipo de Investigación.....	4
1.10. Diseño de Investigación.....	5
1.11. Nivel de Investigación	5
1.12. Variables de estudio	5
1.12.1. Variable dependiente	5
1.12.2. Variable independiente.....	5
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Internacionales.....	6
2.1.2. Nacionales.....	6
2.1.3. Locales	7
2.2. Marco conceptual.....	8
2.2.1. Lean Manufacturing	8
2.2.2. Mudras o Desperdicios de producción	9
2.2.3. Herramientas de Lean Manufacturing.....	10
2.2.4. VSM (Value Stream Mapping).....	10
2.2.4.1. Identificar el producto o familia de productos a estudiar o mejorar	11
2.2.4.2. Realizar el VSM del estado actual	12
2.2.4.3. Realizar el VSM del estado futuro.....	17
2.2.5. Metodología 5 S.....	18
2.2.5.1. SEIRI (CLASIFICACIÓN).....	20
2.2.5.2. SEITON (ORDEN).....	20
2.2.5.3. SEISO (LIMPIEZA)	22
2.2.5.4. SEIKETSU (ESTANDARIZAR)	22
2.2.5.5. SHITZUKE (MANTENER).....	22

2.2.6.	SMED.....	23
2.2.6.1.	Etapas SMED.....	24
2.2.7.	AMEF	26
2.2.8.	Mantenimiento.....	27
2.2.9.	Importancia del Mantenimiento	28
2.2.10.	Tipos de Mantenimiento.....	28
2.2.10.1.	Mantenimiento Correctivo.....	28
2.2.10.2.	Mantenimiento Preventivo.....	29
2.2.10.3.	Mantenimiento Predictivo.....	29
2.2.11.	Indicadores de Mantenimiento	31
2.2.11.1.	DISPONIBILIDAD.....	31
2.2.11.2.	MTTR	32
2.2.11.3.	MTBF.....	32
3.	CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	34
3.1.	Generalidades de la Empresa	34
3.1.1.	Misión	34
3.1.2.	Visión	34
3.2.	Estrategia empresarial	34
3.3.	Organización	36
3.4.	Descripción de funciones.....	37
3.4.1.	Planner de Flota – Programador (Operación).....	37
3.4.2.	Planner de Flota (Operación).....	38
3.4.3.	Asistente de planificación.....	39
3.5.	Parque de Máquinas Empresa Contratista	40
3.6.	Unidad de estudio.....	40

3.7.	Características técnicas	42
3.8.	Componentes mayores	42
3.8.1.	Generador (794AC)	42
3.8.2.	Gabinete del Inversor (794AC)	43
3.8.3.	Motores de Tracción (794AC)	44
3.8.4.	Motor	45
3.8.5.	Mandos Finales	47
3.8.6.	Suspensiones delanteras	47
3.8.7.	Cilindros de levante	48
3.8.8.	Suspensiones posteriores	48
3.8.9.	Sistema hidráulico	49
3.8.10.	CABINA CAMIÓN 794 AC	49
3.8.11.	SISTEMA DE FRENOS 794 AC	51
3.9.	Proceso de Diagnostico de Fallas	52
3.10.	Descripción de Procesos	53
4.	CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL	55
4.1.	Análisis FODA	55
4.1.1.	Fortalezas	55
4.1.2.	Oportunidades	55
4.1.3.	Debilidades	55
4.1.4.	Amenazas	55
4.2.	Diagrama Causa- Efecto (método Ishikawa)	56
4.3.	Diagrama de operaciones de los procesos	57
4.3.1.	PM 350	57
4.3.2.	PM 700	62

4.3.3.	PM 1050.....	66
4.3.4.	PM 1400.....	72
4.3.5.	PM 1750.....	76
4.3.6.	PM 2100.....	81
4.4.	Value Stream Mapping (VSM).....	86
4.5.	AMEF estado actual equipos 794AC.....	88
4.5.1.	Determinar el producto.....	88
4.5.2.	Diagrama de Pareto.....	88
4.5.3.	Estado Actual de indicadores de MTTR y MTBF.....	89
4.5.3.1.	MTBFS de las fallas principales.....	89
4.5.3.2.	MTTRS de las fallas principales.....	90
4.5.4.	AMEF Situación actual.....	91
4.6.	Indicadores de Mantenimiento – estado actual.....	92
5.	CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA.....	97
5.1.	Plan 5 S.....	97
5.1.1.	Clasificar.....	100
5.1.2.	Ordenar.....	106
5.1.3.	Limpieza.....	113
5.1.4.	Autodisciplina.....	117
5.1.5.	Estandarización.....	117
5.2.	Metodología SMED.....	118
5.2.1.	Investigar.....	118
5.2.2.	Crear un equipo.....	118
5.2.3.	Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED.....	119
5.2.4.	Separar lo interno de lo externo.....	122

5.2.5.	Convertir	126
5.2.6.	Reducir los tiempos de las actividades internas.....	131
5.3.	Metodología AMEF	134
5.3.1.	Plan de mejoras AMEF actual.....	134
5.3.1.1.	Falla #01: Neumáticos	134
5.3.1.2.	Falla # 02: Faros de luces halógenos	134
5.3.1.3.	Falla # 03: Harness y conectores con falso contacto.....	135
5.3.1.4.	Falla # 04: Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado LH 135	
5.3.2.	Resultados de mejoras AMEF.....	135
5.3.2.1.	MTBF de las fallas analizadas.....	135
5.3.2.2.	MTTR de las fallas analizadas	136
5.3.3.	AMEF Situación propuesta	137
6.	CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.....	138
6.1.	Evaluación técnica	138
6.1.1.	Indicadores de mantenimiento – estado propuesto	138
6.1.2.	Análisis de resultados	139
6.1.3.	Comparación pre y post implementación.....	141
6.2.	Evaluación Económica	142
6.2.1.	Costos.....	142
6.2.2.	Ingresos	143
6.2.3.	Inversión.....	144
6.2.4.	Indicadores económicos	144
7.	CONCLUSIONES	145
8.	RECOMENDACIONES	146

9. BIBLIOGRAFIA	147
10. GLOSARIO DE TERMINOS	151
11. ANEXOS	152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Lista de herramientas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos ..	10
Tabla 2	Simbología Estándar del Value Stream Mapping.....	14
Tabla 3.	Estándar de trabajo 794 AC.....	53
Tabla 4	Diagrama de actividades del proceso detallado PM-350.....	57
Tabla 5	Diagrama de actividades del proceso detallado PM 700.....	62
Tabla 6	Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1050.....	67
Tabla 7	Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1400.....	72
Tabla 8	Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1750.....	76
Tabla 9	Diagrama de actividades del proceso detallado PM 2100.....	81
Tabla 10	Plan de acción 5 S.....	98
Tabla 11	Tarjeta roja.....	100
Tabla 12	Tarjeta verde.....	102
Tabla 13	Caja de Herramientas - Clasificar.....	104
Tabla 14	Tecles Clasificar.....	105
Tabla 15	Barreras - Clasificar.....	106
Tabla 16	Artículos de oficina - Ordenar.....	107
Tabla 17	EPP - Ordenar.....	108
Tabla 18	Pertenencias personales - Ordenar.....	108
Tabla 19	Cajas de agua - Ordenar.....	109
Tabla 20	Materiales - Ordenar.....	110
Tabla 21	Materiales ordenado.....	111
Tabla 22	Componentes - Orden.....	113
Tabla 23	Mesa de trabajo - Limpieza.....	114
Tabla 24	Lockers - Limpieza.....	115
Tabla 25	Cronograma de limpieza.....	116
Tabla 26	Actividades antes de SMED.....	119
Tabla 27	Identificación de tipo de actividad.....	122
Tabla 28	Actividades internas.....	126
Tabla 29	Actividades externas.....	129

Tabla 30 Pre y Post implementación	141
Tabla 31 Costo Mano de Obra.....	142
Tabla 32 Costos indirectos	143
Tabla 33 Ingresos.....	143
Tabla 34 Inversión	144
Tabla 35 Indicadores económicos	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Desperdicios en el Lean Manufacturing	9
Figura 2 Metodología 5S	19
Figura 3 Criterios para realizar la clasificación.....	20
Figura 4 Ubicación de los objetos según su frecuencia de uso	21
Figura 5 Tipos de Mantenimiento según norma AFNOR NFX 60-010.....	28
Figura 6 Representación gráfica el MTBF	32
Figura 7 Representación de MTBF, MTTF Y MTTR.....	33
Figura 8 Representación de MTBF, MTTF Y MTTR.....	35
Figura 9 Organigrama.....	36
Figura 10 Parque de máquinas de la empresa	40
Figura 11 Camión eléctrico CAT 794 AC.....	41
Figura 12 Tren de transmisión eléctrica 794 AC.....	41
Figura 13 Características técnicas 794 AC.....	42
Figura 14 Generador 794 AC	43
Figura 15 Gabinete de inversor 794 AC.....	44
Figura 16 Motores de Tracción 794 AC.....	45
Figura 17 Motor 794 AC	46
Figura 18 Mandos Finales 794 AC.....	47
Figura 19 Mandos Finales 794 AC.....	48
Figura 20 Suspensiones posteriores 794 AC	49
Figura 21 Cabina 794 AC.....	50
Figura 22 Sistema de frenos 794 AC.....	51
Figura 23 Proceso de diagnóstico de Fallas	53
Figura 24 Diagrama Causa- Efecto	56
Figura 25 VSM PM.....	87
Figura 26 Resultados de la implementación.....	142

INTRODUCCIÓN

Los procesos de mantenimiento preventivo tienen como finalidad mantener un nivel de servicio en equipo o maquinaria de manera constante, para ello, se realiza la programación de diversas intervenciones de los puntos más vulnerables en el momento más oportuno.

Los paros pueden ser ocasionados por diversos tipos de falla, sea a nivel mecánico o eléctrico, e incluso podría ser ocasionada por una mala maniobra del operador (factor humano).

La ocurrencia de estas fallas causa la incomodidad en el cliente, pues la empresa contratista brinda servicios de mantenimiento de la maquinaria minera de acarreo. Por ello se considera que esta serie de hechos requiere especial atención debido a tiempos perdidos.

Es dentro de este contexto, donde surge la necesidad de aplicar una metodología orientada a optimizar procesos, uso de recursos humanos y equipos, con la finalidad de ofrecer un óptimo servicio de mantenimiento.

La filosofía Lean o Lean Manufacturing, es una metodología que busca la reducción de desperdicios o mudas de producción. Aplicar la filosofía lean en el proceso de mantenimiento preventivo, permitirá solucionar en gran medida las mudas en tiempos perdidos y cumplir las exigencias del cliente final.

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

Los problemas existentes respecto al mantenimiento preventivo de los camiones de acarreo Caterpillar 794 AC son las intervenciones provisionales que se dan durante el mantenimiento, que solo proporciona soluciones temporales, a consecuencia de ello, un problema se vuelve recurrente. Por otro lado, a consecuencia de las fallas que presenta de manera intempestiva, existen horas en las que el equipo deja de operar, ocasionando pérdidas para la empresa minera.

1.2. Formulación del problema

Gracias a lo descrito anteriormente se formula el siguiente problema:

¿Cómo el diseño e implementación de la metodología de Lean Manufacturing mejora el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Diseñar e implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el diagnóstico situacional del proceso de mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.
- Realizar el mapeo de flujo de valor del proceso de mantenimiento en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.
- Realizar la implementación de las 5S's como herramienta Lean en el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.

- Realizar la implementación mediante la metodología SMED como herramienta Lean en el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.
- Realizar la implementación mediante la metodología AMEF como herramienta Lean en el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.
- Determinar la viabilidad económica del diseño e implementación de la metodología Lean.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Es posible diseñar e implementar la metodología Lean Manufacturing para mejorar el mantenimiento preventivo en una flota de camiones CAT 794 AC en una empresa contratista minera, Arequipa 2020.

1.5. Limitaciones de la Investigación

La investigación tuvo limitaciones como la falta al acceso de la totalidad de información, pues la empresa en la que se realiza el estudio, maneja políticas de confidencialidad, uno de los motivos por el que no se hace mención a su razón social.

1.6. Viabilidad de la Investigación

1.6.1. Viabilidad Técnica

La investigación es viable desde el punto de vista técnico, pues el investigador posee conocimientos en herramientas de mejora de procesos y experiencia en el mantenimiento de equipos mineros de gran envergadura.

1.6.2. Viabilidad Operativa

La investigación es viable desde el punto de vista operativo pues se cuenta con los recursos humanos suficientes, siendo el investigador el principal, para la ejecución del proyecto y la metodología a implementar garantiza mejoras sustanciales.

1.6.3. Viabilidad Económica

El costo de realizar la investigación y el estudio completo de los procedimientos a mejorar se encuentra cubierto, pues es el investigador será quien lo realizará.

1.7. Justificación

Lean Manufacturing es una filosofía aplicada a los procesos de producción que ha generado grandes impactos alrededor de todo el mundo, llegando a aplicarse en los últimos años a sectores no manufactureros, es decir, a empresas que prestan servicios.

La filosofía Lean aplica diversos métodos para la planificación y programación de acciones para disminuir las mudas o desperdicios, aplicado al caso de estudio, reducirá los tiempos perdidos por la ocurrencia de fallas en los camiones mineros de acarreo CAT 794 AC.

El presente estudio se orienta a la mejora de los servicios de mantenimiento prestados por una empresa contratista minera, teniendo en cuenta las no conformidades generadas a partir de errores en entregas, principalmente por retrasos.

La mejora de los procesos de mantenimiento a través de la mejora continua, no solo permitirá reducir los tiempos en lo que el equipo está inoperativo, sino que se obtendrá una mayor rentabilidad operacional, lo que contribuirá a la competitividad de la empresa contratista minera.

1.8. Importancia

El estudio es relevante porque realizará un aporte a la empresa prestadora de servicios aplicando herramientas de ingeniería industrial, además de ser una metodología que se ajusta a todo tipo de proceso.

La presente investigación podrá ser utilizada como texto guía de aplicación de posteriores investigaciones en materia de mantenimiento en equipos mineros.

1.9. Tipo de Investigación

El presente estudio es de tipo aplicativo, pues busca emplear los conocimientos adquiridos en la rama de Ingeniería Industrial.

1.10. Diseño de Investigación

La investigación corresponde a un diseño no experimental, porque no interviene o manipula las variables tanto independiente como dependiente, sino que se observa su comportamiento durante el desarrollo de los procesos.

1.11. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo, puesto que, se pretende conocer a detalle el mantenimiento preventivo de camiones de acarreo de material CAT 794 AC.

1.12. Variables de estudio

1.12.1. Variable dependiente

Procesos de Mantenimiento

1.12.2. Variable independiente

Lean Manufacturing

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Molina (2016), en su tesis titulada “Herramientas de Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución con el objetivo de incrementar la productividad”, plantea como objetivo. La investigación es de tipo cuantitativa, documenta y monográfica, la cual aplicó como metodología de Lean Manufacturing (7 desperdicios), 5 ‘S, Kaizen y Six Sigma. Finalmente, el estudio concluyó que una implementación aumentará la productividad de los auxiliares, además, se eliminarán los excesos de movimientos, inventarios, doble trabajo y los tiempos muertos. La cantidad de mermas también disminuyó, en los procesos de cross dock, la producción por turno se niveló para disminuir los desgastes físicos de los trabajadores.

Pierotic (2018), en su tesis titulada “Implementación de metodología Lean Manufacturing en una empresa de servicios enfocada a un objetivo”, plantea como objetivo establecer un patrón de implementación en las empresas que por primera vez implementarán herramientas de Lean Manufacturing. El estudio se realizó a 15 industrias entre los años 2005 y 2018, de países como Perú, México, Colombia, Ecuador y España. Luego de realizar la estrategia de implementación que constaba de 4 etapas, se llegó a la conclusión que la estrategia es replicable para diferentes empresas de diferentes servicios, en los cuales dependería del objetivo que se tenga. Gracias a la nueva estrategia se logró tener una visión global más amplia de cómo poder aplicar la metodología Lean Manufacturing en el extranjero.

2.1.2. Nacionales

Dávalos (2015), en su tesis titulada “Aplicación de herramientas de manufacturing para el área de producción y la influencia en la rentabilidad de la empresa de producción Nacional TC EIRL”, plantea como objetivo determinar la influencia de la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing

específicamente al área de producción y la influencia de esta sobre rentabilidad. El estudio contempló la realización de un análisis de rentabilidad e identificación de desperdicios. La investigación fue de tipo descriptivo, la cual utilizó un muestreo no probabilístico y técnicas de procesamiento de información como histogramas, diagramas de Ishikawa y gráfica de control. El estudio concluyó que se logra un incremento de la productividad en la empresa a través del uso de técnicas y herramientas como la estandarización de procesos, diagramas y mantenimiento productivo.

Zamora (2018), en su tesis titulada “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el molino San Fernando de Lambayeque, 2018”, plantea como objetivo el incremento de la productividad a través de una mejora de gestión. La investigación es de tipo descriptivo, exploratorio y aplicativo, de diseño no experimental; la cual utilizó herramientas como encuestas y cuestionarios aplicados a trabajadores de la empresa. Finalmente, el estudio concluyó que el 90% de los encuestados consideran que existe una falta de mantenimiento en los equipos, mientras que un 57% consideran que no se eliminan las fallas de los equipos, un 71% considera que la empresa no detecta fallas en las máquinas y no realizan trabajos de mantenimiento o inspecciones preventivas.

2.1.3. Locales

Cárdenas (2019), en su tesis de pregrado titulada “Propuesta de mejora a través de herramientas de lean manufacturing aplicadas a la línea de transformación de intercambiadores de calor en una empresa manufacturera”, plantea como objetivo una mejora a través del uso de herramientas de Lean manufacturing, para lo cual se realizó un mapeo de diagnóstico situacional, además de determinar la inversión económica de la propuesta. La investigación es de tipo descriptivo no experimental, en la cual se utilizaron herramientas de diagnóstico como FODA, diagrama de Ishikawa y análisis de los 6 M’s. Finalmente, el estudio concluyó que las herramientas de Lean Manufacturing adecuadas para incrementar la tasa de producción son las 5S’s en las plantas de producción, como almacenes y

además la implementación del Kaizen para la fabricación de accesorios y parrillas, además de la implementación de los KPI's en los procesos de producción.

Choque (2019), en su tesis titulada “Incremento de la productividad en una planta liofilizadora y deshidratadora de la empresa Agroindustrial la Joya, a través de una propuesta de mejora”, plantea como objetivo la elaboración de una propuesta de mejora para incrementar la productividad a través de la filosofía de Lean Manufacturing. El estudio es de tipo descriptivo de diseño no experimental, en la cual se llegaron a las siguientes conclusiones: a través de las herramientas de Lean Manufacturing se logra alcanzar un incremento del 16% en cuanto a productividad para los procesos de liofilizado, además las principales herramientas a implementar son las siguientes: 5S's, KPI's indicadores, Kaizen, Programa de Mantenimiento Preventivo, Smed en el método de trabajo, y la herramienta Kanban, las cuales tomarían cerca de \$ 17, 000 dólares de inversión para la empresa.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Lean Manufacturing

Según Socconini (2008), Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático para identificar y eliminar desperdicios o excedentes, entendiendo como excedente, todas las actividades que no crean valor en un proceso, sino costos y trabajo, que descubre continuamente en cualquier empresa oportunidades de mejora. Que están ocultos para crear procesos más eficientes, innovadores y efectivos. Para una empresa ágil que quiere obtener el mejor beneficio dadas las condiciones cambiantes en un mundo globalizado, debe ser posible adaptarse rápidamente al cambio. Para esto, debe usar las herramientas apropiadas para la mejora, prevención, resolución de problemas y administración que existan, tener hábitos que afecten la cultura y tener una administración coherente con liderazgo que motive el cambio y el crecimiento personal.

El objetivo del Lean Manufacturing es la generación de una nueva cultura, la cual tiene como base la comunicación y el trabajo en equipo, para lo cual es

indispensable tomar el método adecuado. Esta cultura busca periódicamente incrementar la economía, agilidad y flexibilidad. (Hernández & Vizán, 2013)

2.2.2. Mudras o Desperdicios de producción

Una muda o desperdicio es aquel que no le agrega valor a un determinado producto o servicio para con los clientes. También se define como la mal utilización de los recursos y/o posibilidades de una organización.

Según (Giannasi, 2012) existen ocho categorías clásicas de desperdicios:

1. Desperdicio por producción en exceso
2. Desperdicio por tener altos inventarios.
3. Desperdicio por transporte
4. Desperdicio por productos defectuosos.
5. Desperdicio en movimientos/esfuerzos innecesarios
6. Desperdicio en trabajo innecesario.
7. Desperdicio por espera.
8. Desperdicio del Potencial creativo del trabajador.

Figura 1 Desperdicios en el Lean Manufacturing



Fuente: Layunta (2020).

2.2.3. Herramientas de Lean Manufacturing

Para Rojas & Soler (2017), en el lean manufacturing existen diversas técnicas y herramientas que se pueden utilizar, las cuales están indicadas en la tabla 1.

Tabla 1 *Lista de herramientas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos*

5'S	Control Estadístico de Procesos
Control Total de Calidad	
Círculos de Control de calidad	Benchmarking
Sistemas de sugerencias	Análisis e ingeniería de valor
SMED	TOC (Teoría de las restricciones)
Disciplina en el lugar de trabajo	Coste Basado en Actividades
Mantenimiento productivo total	Six Sigma
Kanban	Mejoramiento de la calidad
Nivelación y equilibrado	Sistema Matricial de control Interno
Just in Time	Cuadro de Mando Integral
Cero defectos	Presupuesto base cero
Actividades en grupos pequeños	Organización de Rápido aprendizaje
Mejoramiento de la Productividad	Despliegue de la función de calidad
Automatización (Jidoka)	AMFE
Técnicas de gestión de calidad	Ciclo de Deming
Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios	Función de pérdida de Taguchi

Fuente: (Rojas & Soler, 2017)

2.2.4. VSM (Value Stream Mapping)

Es una herramienta utilizada para el análisis de forma global de la cadena de valor, más allá de un análisis de un solo proceso y recogiendo algunos datos generales de las diferentes operaciones que se realizan.

El objetivo principal es la obtención de una perspectiva global del conjunto, no solamente de los procesos individuales, para lograr una optimización total y no parcial o por partes. (Benítez, 2013)

Para el mantenimiento, la actividad es priorizar todos aquellos activos y procesos prioritarios que agregan valor e identifican las pérdidas asociadas. (Cabrera, 2013)

Los pasos para realizar el VSM son los siguientes:

2.2.4.1. Identificar el producto o familia de productos a estudiar o mejorar

Lo primero de todo es definir sobre qué productos o familia de productos vamos a realizar el value stream mapping.

Hay empresas con cientos de productos en su catálogo, pero sería una locura querer realizar el vsm para todos, por el esfuerzo que supondría.

Para identificar los productos con los que realizaremos el value stream mapping, aplicaremos la regla de Pareto, es decir, lo realizaremos para el 20% de los productos que supongan el 80% de la facturación o para el 20% de los productos que ocupen el 80% del proceso de producción.

Evidentemente los porcentajes son aproximados. La idea es elegir los productos cuyo resultado después de mejorarlos supongan una importante mejora en el resultado global de la empresa.

Comienza con esos productos. Cuando mejores la eficiencia en esos productos, se puede ir ampliando el value stream mapping al resto de productos, que seguramente, ya habrán mejorado algo, ya que pasarán por los mismos procesos de producción.

Una vez decididos para qué productos se hará el VSM, pasamos a realizar el diagrama del estado actual. (LeanManufacturing10, 2015)

2.2.4.2. Realizar el VSM del estado actual

En el VSM del estado actual reflejaremos los procesos de producción tal y como están actualmente.

No se trata de listar todas las tareas específicas que se realizan en el proceso de producción. El objetivo es definir cada proceso desde el punto de vista del flujo de valor, es decir, recoger información necesaria para obtener qué actividades añaden valor al producto y cuáles no.

Tendrás que analizar tanto actividades laborales como flujos de información y valorar si añaden valor o no. Es muy importante registrar la realidad de lo que tu observes y no confiar tanto en la información que puedan darte los operarios,

Debes registrar tiempos e información obtenidos por ti y por tu equipo y reflejar lo que se está haciendo actualmente y no lo que se debería estar haciendo, ya que el objetivo es corregir los malos hábitos y reducir o eliminar todas las actividades que no añaden ningún valor.

Teniendo esto claro, pasamos a describir los datos necesarios para cada uno de los procesos de producción involucrados en los productos elegidos. Para cada proceso debemos recoger los siguientes datos:

Tiempo de ciclo (CT): Tiempo que transcurre desde que se inicia un producto hasta que está disponible para pasar al proceso siguiente

- **LEAD TIME DE PRODUCCIÓN**

Un lead time de producción se define como el tiempo que transcurre desde el inicio de un proceso de producción hasta que se completa, esto incluye usualmente el tiempo requerido para entregar ese producto al cliente. (MTM Ingenieros, 2019)

- **PROCESSING TIME**

Es el tiempo que un producto gasta en su paso a través del proceso. Esto puede ser medido a través del principio del punto rojo. Donde se coloca un punto

rojo en un producto antes de que entre en una máquina y luego se mide cuánto tiempo tarda en salir al otro extremo. (Muda Master, 2020)

- **TIEMPO DE CICLO O CYCLE TIME**

El Tiempo de Ciclo se define como el tiempo que toma completar una tarea específica desde el comienzo hasta el final, es decir de manera cíclica. Esta tarea puede tener cualquier alcance, desde ensamblar un programa hasta contestar una llamada de un cliente. El Tiempo de Ciclo puede medirse con un cronómetro. (Cruz, 2016)

- **TAKT TIME**

El takt time es el ritmo al que debe trabajar un sistema para cubrir la demanda. Este permite que un sistema mantenga un ritmo de producción estable y sincronizada con la demanda, por tanto, es una división entre el tiempo disponible y las unidades demandadas:

$$Takt\ time = \frac{Tiempo\ disponible}{Unidades\ demandadas}$$

- **REPROCESADOS**

Es la acción que tomará sobre un producto no conforme para que pueda cumplir con los requisitos. (ISO 9001, s.f.)

- **TAMAÑO DE LOTES O BATCH SIZE**

Se entiende como el número de unidades de producto que se realizan en un tiempo determinado.(Bonilla, 2014)

- **TIEMPO DISPONIBLE DE EQUIPO, WORKING TIME AVAILABLE O UPTIME**

Es el tiempo que se dedica a la actividad en un plazo determinado (hora/día, hora/semana, hora/mes) se tiene que despreciar reuniones, descansos y todo aquello que pueda perturbar el tiempo de trabajo, este dato se puede dar en %. (PDCA Home, s.f.)

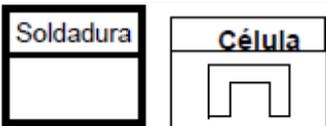
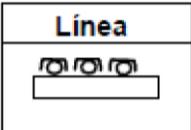
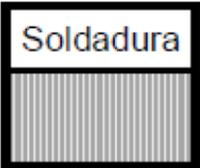
- **DEMANDA**

Es el número de productos que se debe fabricar para cubrir los pedidos, o las necesidades del mercado. (PDCA Home, s.f.)

La metodología VSM se basa en una descripción gráfica de la cadena de valor utilizando símbolos estandarizados.

Las mismas que se encuentran plasmadas en la Tabla2.

Tabla 2 Simbología Estándar del Value Stream Mapping

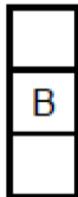
SIMBOLO	REPRESENTA
	<p>Proceso de fabricación dedicado a la familia de productos analizada.</p>
	<p>Puesto – Célula - Línea Representa un área de flujo continuo. Puede incluir una máquina o una célula.</p>
	<p>Proceso de fabricación compartido con otras familias de productos que no se estén analizando. Las conclusiones que se adopten sobre este proceso hay que contrastarlas con el resto de productos.</p>
	<p>Proceso origen o destino de la cadena de valor. Normalmente, el proveedor o el cliente.</p>
	<p>Proceso de fabricación con 3 operarios asignados por turno.</p>

C/T 501s
C/O 0min
2 turnos
2% merma

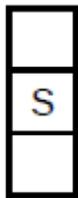
Caja de parámetros. Se incluye la información que define el proceso. C/T (Tiempo de ciclo). C/O (Tiempo de cambio). Turnos, mermas, disponibilidad, tamaño de lote. Se representa en la parte inferior del proceso.



Inventario. Un punto de acumulación de material por interrupción de flujo. Se anota la cantidad de unidades y los días de stock



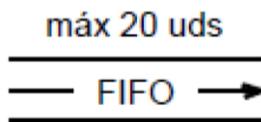
Punto de acumulación de material. BUFFER. Es una protección a variaciones EXTERNAS: Variación en la demanda. Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo variaciones. Se puede eliminar con flexibilidad en capacidad productiva.



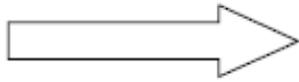
Punto de acumulación de material. STOCK DE SEGURIDAD. Es una protección a problemas INTERNOS: Defectos, averías. Sirve para cumplir con la demanda absorbiendo problemas internos. Se puede eliminar resolviendo las incidencias internas.



SUPERMERCADO. Dispone de una cantidad por referencia que se repone en función del consumo registrado. Se utiliza en los puntos de la cadena de valor en los que no se puede establecer un flujo continuo.



Punto de acumulación de material. Sale lo primero que ha entrado. Está limitada la capacidad, si se alcanza el tope de capacidad se interrumpe el proceso de cabecera. Alta variedad de productos. No se puede establecer un Súper. Protege el proceso de salida.



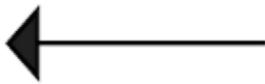
Flujo de materiales desde el origen de la cadena o al destino de la cadena.



Flujo de materiales PUSH. El material avanza independientemente del consumo registrado.



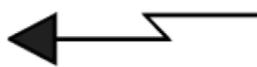
Flujo de materiales PULL. El material avanza porque se ha producido un consumo de productos.



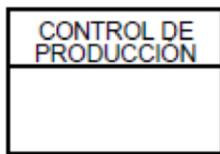
Flujo de información suministrada de forma manual (papeles, documentos,)



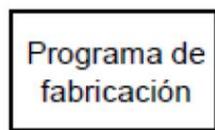
Envío por transporte de carretera. Se anota la frecuencia de envío y el lote de transporte.



Flujo de información suministrada de forma electrónica (EDI, email,)



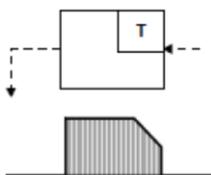
Proceso de control. Recibe información (previsiones, consumos, etc), se procesa y genera información para controlar el flujo de materiales.



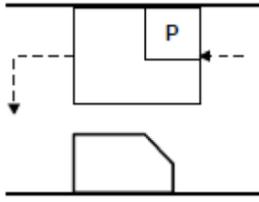
Información, previsiones, órdenes de fabricación, etc.



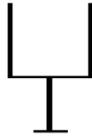
Sistema informático (base de datos). Sistemas ERP, etc.



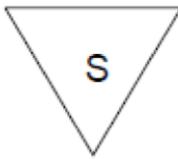
Kanban de transporte: Indica el número de componentes a retirar de un supermercado



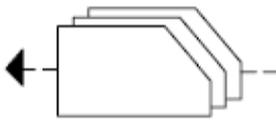
Kanban de producción: Indica el número de productos a fabricar para reponer un consumo de materiales.



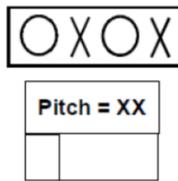
Tarjetero Kanban



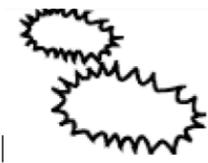
Señal Kanban: Indica el número de componentes a fabricar en un proceso que fabrique por lotes. La señal kanban genera una orden de fabricar un lote para reponer un consumo (punto de pedido).



Lote de tarjetas kanban. Señal Kanban: Representa un lote (punto de pedido). Lote de tarjetas: Es una acumulación de tarjetas (periodo).



HEIJUNKA BOX. Representa una nivelación del flujo de materiales. La secuenciación está realizada en base a cantidades de trabajo fijas de xx minutos de duración.



Acción KAIZEN

Fuente: (Benítez, 2013)

Desde el inicio del proceso, hasta la entrega al cliente, se deben ir recogiendo todos estos datos, para elaborar el diagrama de estado actual.

2.2.4.3. Realizar el VSM del estado futuro

El estado futuro corresponde al estado deseado, es decir, el proceso de producción donde no tenemos ninguna clase de desperdicio.

Desde que llega la materia prima, hasta que se entrega el producto final, se debe generar en el mínimo tiempo, a la más alta calidad y al coste más bajo.

El estado futuro del value stream mapping determinará la estrategia lean manufacturing a seguir, es decir, las herramientas lean manufacturing que utilizaremos para implementar las mejoras.

Lo que se busca es eliminar los problemas y los desperdicios encontrados, para aumentarla eficiencia del proceso de producción, reduciendo el inventario en curso y sincronizando el proceso de producción con las ventas. (LeanManufacturing10, 2015)

2.2.5. Metodología 5 S

Según Ramos & Buenaño (2016), fue desarrollada en Japón durante los años 60, tiene el objetivo de tener el entorno de trabajo más organizado, ordenado y limpio para poder incrementar la productividad. Este método se basa en la gestión sistemática de los elementos y materiales de cada área de acuerdo a cinco pasos específicos.

Para Wyngaard (2011), esta herramienta necesita un compromiso por parte de todos los implicados para que pueda funcionar de forma adecuada, además esta puede ser aplicada a cualquier tipo de organización, taller, empresa u oficina. Los objetivos que busca esta herramienta, son los siguientes:

- Espacios limpios y más seguros para el personal.
- Reducción de pérdidas.
- Detección de necesidades de mantenimiento en las áreas.
- Reducción de costos.
- Mejora de la imagen de la empresa hacia los clientes o terceros.
- Propiciar buenos hábitos en el personal.
- Mejora en la calidad del producto.

Figura 2 Metodología 5S



Fuente: TCMetrologia (2020).

La implementación de la metodología 5S incrementa la mejora tanto en las condiciones de higiene, seguridad y salud ocupacional, además es la base para el desarrollo de un sistema de producción orientado a la satisfacción del cliente, mejora del ambiente e incremento del desarrollo integral del personal.

Los beneficios generales que se tienen al aplicar la metodología de las 5S son los siguientes:

- El trabajador incrementa su motivación, seguridad y sentido de pertenencia dentro de la organización.
- Se crea una cultura organizacional dentro de la empresa.
- Se economiza el uso del tiempo.

- Incrementa el tipo de vida útil de los equipos y maquinarias.
- Reducción de las pérdidas en las producciones
- Incremento de la calidad de los productos. (Prevencionar, s.f)

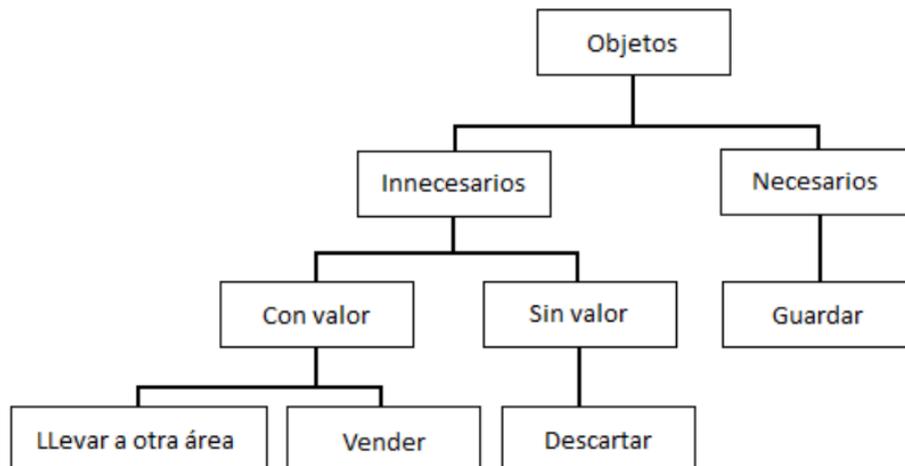
2.2.5.1. SEIRI (CLASIFICACIÓN)

Consiste en clasificar aquello que únicamente sea necesario para realizar tareas y en cantidades necesarias y adecuadas. Es importante concentrarse en los criterios útiles y no solamente en el valor del objeto.

BENEFICIOS

- Liberación de espacio en almacenes, mesas, estanterías, etc.
- Reducción de movimientos innecesarios durante las actividades laborales.
- Incremento de la seguridad laboral al no encontrar objetos obstaculizadores en pasillos y escaleras.
- Facilita la búsqueda de elementos en las zonas de trabajo.
- Evita compras de elementos o herramientas existentes (Benítez, 2013)

Figura 3 *Criterios para realizar la clasificación*



Fuente: (Ramos & Buenaño, 2016)

2.2.5.2. SEITON (ORDEN)

Consiste en mantener el lugar de trabajo en condiciones de fácil acceso y las herramientas y elementos de trabajo con fácil utilización.

Para realizar un correcto orden es necesario saber la frecuencia de uso de las herramientas, así las de mayor deben estar más cerca y accesible para los trabajadores, y los de menor empleo deben encontrarse más lejos.

Las acciones necesarias para realizar una ordenación adecuada, son las siguientes:

- Habilitación de espacios para almacenamiento.
- Fijar lugares para cada objeto en específico.
- Identificación de los lugares de almacenamiento.
- Elaboración de un manual de almacenamiento.
- Mantenimiento del orden. (Ortiz, 2020)

Figura 4 *Ubicación de los objetos según su frecuencia de uso*



Fuente: SIG Consulting (2018)

BENEFICIOS

- Reducción de pérdidas de tiempo por búsquedas innecesarias en almacenes, reduciendo los tiempos improductivos.

- Reducción de los tiempos para la preparación de máquinas.
- Detección de defecto de algún ítem. (Ortiz, 2020)

2.2.5.3. SEISO (LIMPIEZA)

Consiste en la mantención adecuada y óptima de las herramientas, máquinas, estanterías, suelos, mesas, etc. Este paso no solamente se centra en la limpieza sino en la prevención de la generación de residuos o suciedad.

Es necesaria la identificación de las fuentes de suciedad, lugares de poco acceso para la recolección de desperdicios y materiales defectuosos.

BENEFICIOS

- Mejora de la imagen de la empresa.
- Mejora del ambiente del trabajo
- Reducción de accidentes
- Mejora de calidad de los servicios o productos. (Ortiz, 2020)

2.2.5.4. SEIKETSU (ESTANDARIZAR)

Para mantener los pasos anteriores es necesario una estandarización y adopción de normas.

Para la realización de la estandarización es importante un control visual. Los indicadores de control visual proporcionan:

- Mayor autonomía en el trabajador.
- Información compartida
- Eliminación de desperdicios.

Para obtener un adecuado control visual se pueden utilizar los siguientes medios como carteles y paneles 5'S. (Ortiz, 2020)

BENEFICIOS

- Mejora el paisaje visual.
- Facilita las relaciones interpersonales de los trabajadores.
- Estandariza los métodos de operación. (SIGconsulting, 2018)

2.2.5.5. SHITZUKE (MANTENER)

Es la etapa más importante ya que permite que las medidas anteriores puedan perdurar en el tiempo. Con este paso se consigue que todos los trabajadores adopten nuevos hábitos de trabajo.

Para mantener la disciplina es necesario que puedan adoptarse los siguientes puntos:

- Devolución de herramientas y equipos en los lugares correspondientes.
- Cumplimiento de normas de trabajo.
- Mantenimiento de las áreas comunes, de forma limpia y ordenada. (Ortiz, 2020)

BENEFICIOS

- Mejora del clima laboral.
- Cumplimiento de forma eficiente de las obligaciones laborales. (SIGconsulting, 2018)

2.2.6. SMED

El sistema (Single Minute Exchange of Die). Consiste en el conjunto de técnicas diseñadas con el objetivo de realizar operaciones de cambio de utillaje en un tiempo menor a 10 minutos (Benítez, 2013). El SMED en esencia nos permite reducir el tiempo de cambio y aumentar la fiabilidad del proceso de cambio, reduciendo el tiempo de riesgo y averías.

Hoy en día el SMED se aplica a las preparaciones de toda clase de máquinas.

Para hablar sobre el SMED conviene tener claros una serie de conceptos:

Tiempo de cambio: es el tiempo desde que se fabrica la última pieza del producto saliente hasta la primera pieza OK del producto entrante. Por tanto, durante el tiempo de cambio la máquina está parada.

Preparación: operaciones necesarias para el cambio de referencia. Toda preparación es desperdicio (MUDA), ya que no aporta valor para el cliente.

Preparación interna: operaciones de la preparación que sólo pueden realizarse con máquina parada.

Preparación externa: operaciones de la preparación que pueden realizarse con la máquina en marcha. (Progressa Lean, 2014)

2.2.6.1. Etapas SMED

Según (Progressa Lean, 2014), la técnica SMED consta de los siguientes pasos:

1) Investigar

Conocer el producto, la operación, la máquina, la distribución en planta (layout), las instrucciones de la preparación existentes.

Obtener datos históricos de los tiempos de preparación (estos datos serán sólo útiles si la situación en la que se tomaron es comparable a la de partida).

Observar la preparación in situ. (Progressa Lean, 2014)

2) Crear un equipo

Se trata de constituir un equipo, darle la formación necesaria sobre los fundamentos del SMED y darle a su vez los medios necesarios para poder realizarlo.

Sobre el **equipo** deberá estar constituido por:

- Persona/s con experiencia en la preparación.
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones técnicas
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones organizativas.

Sobre los **medios**:

- Videocámara con baterías y tarjetas de memoria suficientes.
- Plano de la distribución en planta con un tamaño que permita ser manejado.
- Papel y lápiz.
- Calculadora.
- Un lugar de reunión para analizar en equipo todos los datos y que permita poder visualizar las grabaciones. (Progressa Lean, 2014)

3) Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED:

Se trata de filmar en detalle todas y cada una de las actividades que se realizan durante el proceso de cambio de referencia. En el caso de que intervengan en él varias personas todas deberán ser grabadas.

El inicio de la grabación se dará tras el fin de fabricación de la última pieza de la referencia saliente y el final de grabación se dará con el inicio de fabricación de la primera pieza OK de la referencia entrante.

Si la máquina no extrae una pieza OK se considera que seguimos dentro de la preparación y en estos casos, la comprobación de la calidad de la primera pieza fabricada puede ser considerada como la última operación de la preparación.

Una vez realizadas las grabaciones y ya en una sala, el equipo del taller SMED usará las grabaciones para detallar todas las actividades de las que consta el proceso de cambio de referencia, indicando a su vez su duración. De esta forma se obtiene el tiempo de ciclo estándar del proceso. (Progressa Lean, 2014)

4) Separar lo interno de lo externo

En esta fase todos los miembros del equipo van repasando todas y cada una de las anteriores actividades para identificar aquellas que pueden ser externas.

En este punto conviene recordar lo indicado al inicio de este post. Una actividad externa es aquella que se puede realizar con la máquina en marcha y por tanto su tiempo de ejecución no afecta al tiempo de ciclo total del proceso.

De ahí la importancia de convertir cuantas más actividades se puedan del proceso de cambio de referencia en externas. (Progressa Lean, 2014)

5) Convertir lo interno en externo

Para cada una de las actividades que se han decidido convertir en externas el equipo debe definir el PLAN DE ACCIÓN a seguir para lograr esa conversión.

De esta forma para cada actividad se debe indicar que se va hacer, quien lo va hacer y cuando debe tenerlo terminado. (Progressa Lean, 2014)

6) Reducir los tiempos de las actividades internas

En esta fase el equipo debe de plantear ideas de mejora para reducir los tiempos de ejecución de las actividades internas.

Una vez que se ha definido una idea de mejora y esta ha sido aceptada por todos, el equipo debe definir el PLAN DE ACCIÓN a seguir para implementar esa idea de mejora.

De nuevo: que se va hacer, quien lo va hacer y cuando debe tenerlo terminado. (Progressa Lean, 2014)

7) Realizar el Seguimiento

Una vez terminado el taller SMED por primera vez es vital realizar el seguimiento para ver si el nuevo estándar definido sufre desviaciones y en caso de que así sea, poder tomar acciones correctoras.

De esta forma el seguimiento que se suele hacer se apoya en 2 soportes:

Registrar todas las incidencias que se han dado durante la semana.

Registrar todos los tiempos de cambio que se dan durante la semana para luego, en una gráfica, representar los valores máximo, mínimo y medio de cada semana.

La evolución de los datos desvela las desviaciones. (Progressa Lean, 2014)

Para Díaz del Castillo (2009), los principales beneficios que se pueden adquirir de esta herramienta, son los siguientes:

- Reducción de tiempos de preparación y conversión a tiempo productivo.
- Reducción del tamaño de los inventarios.
- Reducción de los tamaños de los lotes de producción.
- Producción de varios modelos en la misma línea de producción en un solo día. (Espin, 2013)

2.2.7. AMEF

El Análisis de Modo y Efecto de Fallos (**AMEF**) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta. (LeanSolutions, 2014)

De este modo el AMEF permite implementar:

- Identificar fallas y efectos antes que estos ocurran
- Reducir los costos de garantías
- Incremento de la confiabilidad de los equipos
- Generación de mejoras en maquina
- Almacenamiento de las fallas, modos y efectos que se presentan en los equipos
- Aumenta la satisfacción del cliente
- Optimización de costos

Para poder implementar el AMEF se deben aplicar los siguientes pasos:

1. Determinar el producto o proceso a analizar.
2. Liste los pasos o el proceso del sistema o equipo a analizar.
3. Describir la función del componentes o sistema.
4. Determinar los modos de falla de cada componente o sistema.
5. Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
6. Asignar el grado de severidad.
7. Determinar el grado de ocurrencia.
8. Describir si existen controles actuales de prevención.
9. Asignar el grado de detección de cada modo de falla.
10. Calcular el NPR (Numero prioritario de riesgo) de cada efecto.

$$\text{NPR} = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$
11. Ordenar los modos de falla con un NPR mayor
12. Tomar o implementar planes de acción para eliminar o reducir los modos de falla. (LeanSolutions, 2014)

2.2.8. Mantenimiento

Es un conjunto de actividades que se realizan en equipos con el objetivo de corregir o prevenir daños y/o fallas, su objetivo se basa en la búsqueda de un continuo funcionamiento para los cuales fueron diseñados. El mantenimiento puede realizarse de diferentes maneras, las cuales poseen sus propias características (Botero, 1993).

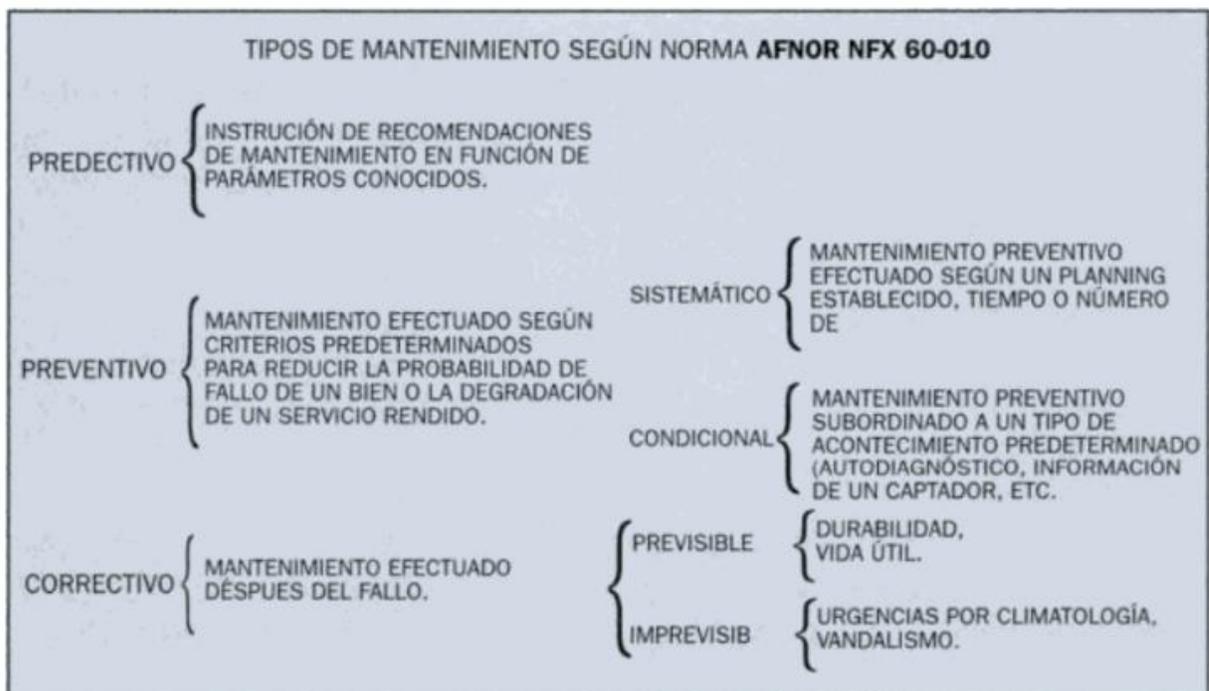
2.2.9. Importancia del Mantenimiento

Su importancia radica principalmente en la prevención, para evitar un desgaste en las piezas o partes fundamentales para el funcionamiento de los elementos, maquinarias o artefactos, o bien busca que la funcionalidad de estos, se pueda alargar por mayor tiempo, ocasionando un incremento en su ciclo vital y un mayor uso, sin necesidad de ser cambiado. (Importancia.org, 2020)

2.2.10. Tipos de Mantenimiento

Se encuentra formado por tres tipos principales de mantenimiento, predictivo, preventivo y correctivo, a continuación, se describen cada uno de estos.

Figura 5 Tipos de Mantenimiento según norma AFNOR NFX 60-010



Fuente: Gonzáles (2005)

2.2.10.1. Mantenimiento Correctivo

Es el cual se realiza sin un plan establecido de actividades de reparación, es por consiguiente el resultado de fallas o deficiencias que se presentan.

Es el más antiguo de los tres y con mayor uso a lo largo del tiempo, es aquel que corrige las incidencias, una vez que se hayan producido. Presenta la principal ventaja de no perder tiempo en planificación, esto debido a que no se sabe realmente cuándo ocurrirá. Sin embargo, su principal inconveniente, resulta del mismo, al no contar con una planificación ni predicción de la magnitud del incidente, estos pueden acarrear en pérdida de producción por varios días. (Nieto, 2013)

2.2.10.2. Mantenimiento Preventivo

Según Chang (2008), se encarga del funcionamiento de los equipos a través de supervisiones de planes a realizar en determinados puntos específicos, también conocido como mantenimiento planificado, proactivo o basado en el tiempo, ya que trabaja con los datos preexistentes o estadísticas sobre las fallas comunes en los equipos. El mantenimiento preventivo, trabaja en base a conjunto de planes con fechas programadas, en estos se detallan los materiales, herramientas, maquinarias y repuestos para realizar dicho mantenimiento, además se cuenta con el personal humano como personal técnico.

El objetivo de este mantenimiento es la prevención de paradas no programadas, las cuales pueden ocasionar pérdidas de costo y tiempo. Las actividades más frecuentes en este tipo de mantenimiento son las siguientes:

- Mejoras o modificaciones en las instalaciones.
- Cambios en las operaciones.
- Cambios en los mantenimientos.

2.2.10.3. Mantenimiento Predictivo

Es aquel mantenimiento que se realiza luego de un seguimiento a las variables más importantes de los equipos. Generalmente estas variables son medidas en tiempos definidos para poder identificar las posibles fallas en los equipos y que puedan ocasionar paradas no programadas, por lo que es necesario el mantenimiento antes de que susciten estas paradas.

Las variables más frecuentes de análisis, son las siguientes:

- Temperatura
- Presión
- Viscosidad de aceite.
- Ensayos no destructivos
- Ruido
- Vibración

Este tipo de mantenimiento ayuda en el ahorro de energía, incremento y mejora de la productividad, reducción de la cantidad de trabajos de mantenimiento e incremento de rapidez y facilidad en los trabajos. Además, se logran mejoras en el tiempo de vida útil de equipos y maquinarias. (Chang, 2008)

2.2.11. Indicadores de Mantenimiento

2.2.11.1. DISPONIBILIDAD

La disponibilidad propiamente dicha es el cociente entre el tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada. Para calcularlo, es necesario obtener el tiempo disponible, como resta entre el tiempo total, el tiempo por paradas de mantenimiento programado y el tiempo por parada no programada.

$$Disponibilidad = \frac{Horas\ Totales - Horas\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ Totales}$$

Una vez obtenido se divide el resultado entre el tiempo total del periodo considerado.

Las horas de parada por mantenimiento que deben computarse son tanto las horas debidas a paradas originadas por mantenimiento programado como el no programado. En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta. (Renovetec, 2018)

2.2.11.2. MTTR

Tiempo técnico de reparación (Mean time to repair)

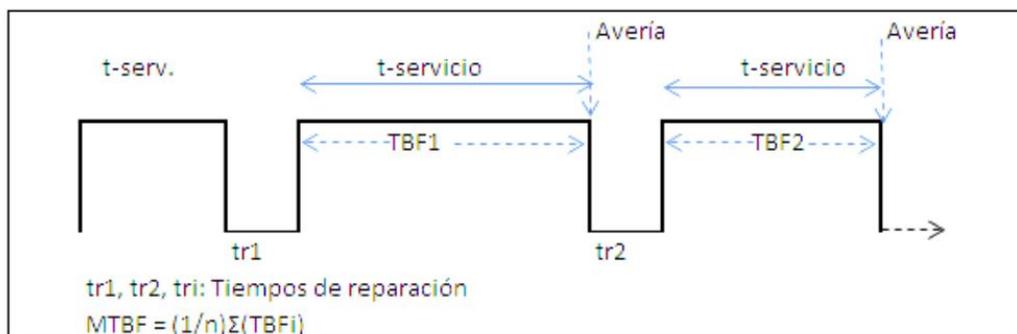
Es el tiempo requerido para la reparación sin contar los tiempos de espera. En los servicios oficiales, generalmente se tabula (talleres de reparación de automóviles, tabulados y calificados) y en las grandes empresas se examina, se compromete o se acuerda entre los departamentos. Se requiere un tiempo de reparación técnica para el tiempo de inactividad técnico, que se tiene en cuenta desde el momento en que se detiene el dispositivo hasta que se vuelve a poner en funcionamiento. (Andrea, 2017)

2.2.11.3. MTBF

Tiempo Promedio entre Fallos (TMEF) – Mean Time Between Failures

El tiempo promedio entre fallas indica el intervalo de tiempo más probable entre un inicio y la ocurrencia de un error. Es decir, es el tiempo promedio transcurrido antes de que ocurriera el evento "error". Cuanto mayor sea el valor, más confiable será el componente o dispositivo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la confiabilidad es el MTBF, por lo que debe usarse como otro indicador que de alguna manera representa el comportamiento de un equipo en particular. Para determinar el valor de este indicador, también se deben utilizar los datos primarios históricos almacenados en los sistemas de información. (Amendola, 2017)

Figura 6 Representación gráfica el MTBF

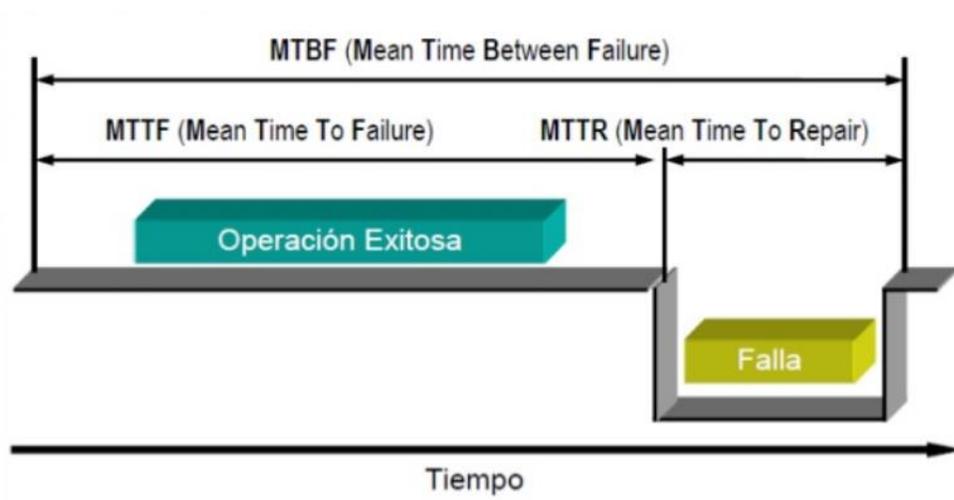


Fuente: Andrea (2017)

El tiempo medio de fallas, se define como:

$$MTBF = MTTF + MTTR$$

Figura 7 Representación de MTBF, MTTF Y MTTR



Fuente: (Nolasco, 2014)

3. CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

3.1. Generalidades de la Empresa

3.1.1. Misión

Lograr la máxima presencia en las actuales y futuras operaciones de Gran Minería, generando máximo valor para nuestros clientes y la empresa, trabajando con personal altamente motivado y apasionado por el servicio, conocimiento y la seguridad, dentro del marco de los valores organizacionales, la responsabilidad social y el medio ambiente.

3.1.2. Visión

Ser reconocidos por nuestros clientes como la mejor opción de confianza y excelencia para sus operaciones, desarrollando y ofreciendo soluciones a la medida de sus necesidades en la minería mundial.

3.2. Estrategia empresarial

A continuación, se describe cada uno de los pilares de la empresa:

- Se busca el crecimiento negocios o mercado que aseguren el valor sostenible de la corporación, así como la rentabilidad.
- Complementar los negocios representa una ventaja, pues ayuda a alcanzar buenos niveles de eficiencia de operaciones.
- Anticiparse a las necesidades de los clientes a través de la transformación de los negocios e incorporación de nuevas tecnologías, aumentando la rentabilidad, seguridad y eficiencia a través de la optimización y el valor de las operaciones.
- Llevar el potencial al máximo de los colaboradores con la finalidad de alcanzar el éxito en la ejecución de la estrategia, aportando en su desarrollo y fomentar la práctica de los seis principios culturales.

Figura 8 Representación de MTBF, MTTF Y MTTR



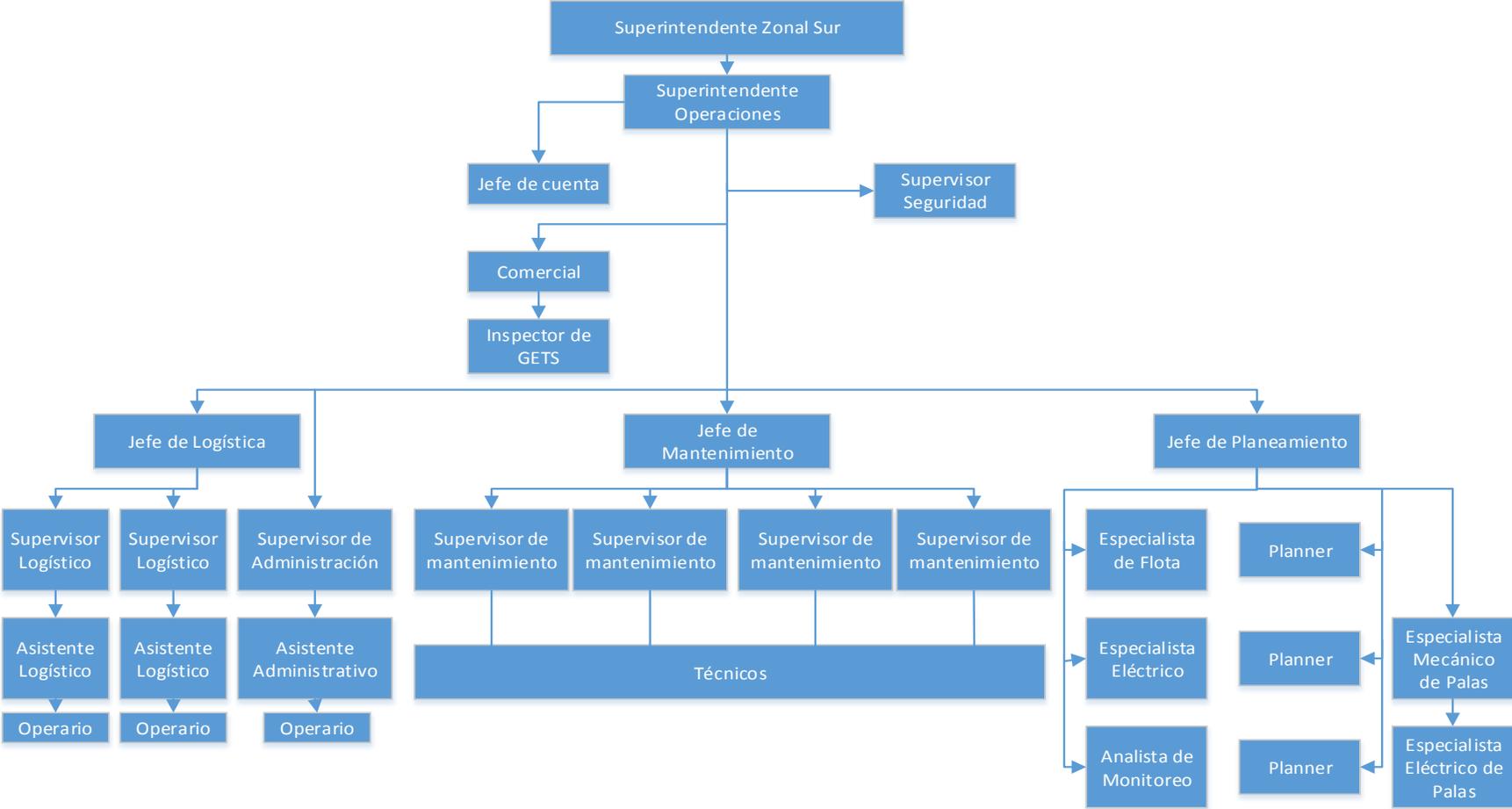
Fuente: La empresa

Oportunidades de crecimiento, la empresa tiene presencia a nivel mundial, pero es en Perú y Centroamérica que se tiene un mayor porcentaje de ingresos.

El planeamiento estratégico identifica una oportunidad de crecimiento en servicios complementarios como logística, transporte, repuestos, consumible.

3.3. Organización

Figura 9 Organigrama



Fuente: Elaboración Propia

3.4. Descripción de funciones

3.4.1. Planner de Flota – Programador (Operación)

- Elaborar el plan semanal y diario de mantenimiento: Programar mejoras de producto, cartas de servicio, garantías, inspecciones y los backlogs generados por monitoreo de condiciones, especialistas de flota e inspectores de flota de acuerdo a las estrategias definidas por cada modelo registrada en el AMT. El plan debe asegurar la disponibilidad de personal, así como de componentes, partes, materiales, herramientas, equipos e instalaciones y contar con las aprobaciones del Cliente, o responsable de mantenimiento, y de parte de la empresa contratista: Superintendente de Operaciones y/o Jefe de Operación, Supervisor de Mantenimiento, Especialistas de cada Flota y Monitoreo de condiciones, según corresponda.
- Seguimiento a repuestos de reservas, Ipar, Apls de mantenimiento y Ots.
- Realizar orden, limpieza e inventario de repuestos, en los puntos de entrega de SPCC.
- Ajuste de programación con horómetros de forma diaria.
- Programación en AMT de todas las tareas a ejecutar.
- Entrega de plan diario impreso o file de trabajos para los dos turnos.
- Preparación de Gantt de mantenimiento basado en el work plan 2 de AMT.
- Programación de Gets según información de inspectores de carrilería.
- Liderar las reuniones de planificación de mantenimiento diario (internas) con las jefaturas de mantenimiento.
- Coordinar con el cliente las facilidades necesarias para la realización de los trabajos planificados. (equipos auxiliares incluyendo cama baja y puentes grúas del cliente, según corresponda).
- Preparación de resumen de tareas semanal para exposición ante el cliente, según la flota que corresponda.

- Administración de la calidad en el AMT una vez finalizado los eventos de la mano con la revisión del file de mantenimiento.
- Comparar información física en el feedback con el folder de PM

3.4.2. Planner de Flota (Operación)

- Revisar la información registrada el feedback del AMT para definir garantías
- Revisar los registros de cambios de componentes de máquinas en AMT, (tracking y plaqueteo).
- Enviar al área de garantías el acta de entrega de equipos y motores nuevos para la activación de garantía en el sistema SIMS.
- Revisión de WIP.
- Revisar el TAT.
- Seguimiento, definición y reclamo de Ots de garantía.
- Seguimiento de reparaciones, y envío de reporte semanal a planeamiento SPCC, según la flota que corresponda.
- Generación de Ordenes de trabajo.
- Elaboración de reportes semanales.
- Revisión de presupuestos.
- Generación de solicitud de servicios.
- Envío de componentes a los talleres.
- Reporte de componentes en garantía actualizado.
- Seguimiento y control de las protecciones de Toquepala.
- Enviar semanalmente el reporte de control de horas de componentes a SPCC.
- Manejo de información para facturación de componentes con administración (incluye informes, OC y presupuestos).

- Proyección de cambio de componentes de las flotas MARC.
- Preparación del estimado de disponibilidad mensual.
- Seguimiento de programación semanal y acuerdos con SPCC.
- Inventario de componentes mayores de spare del cliente, de forma semanal

3.4.3. Asistente de planificación

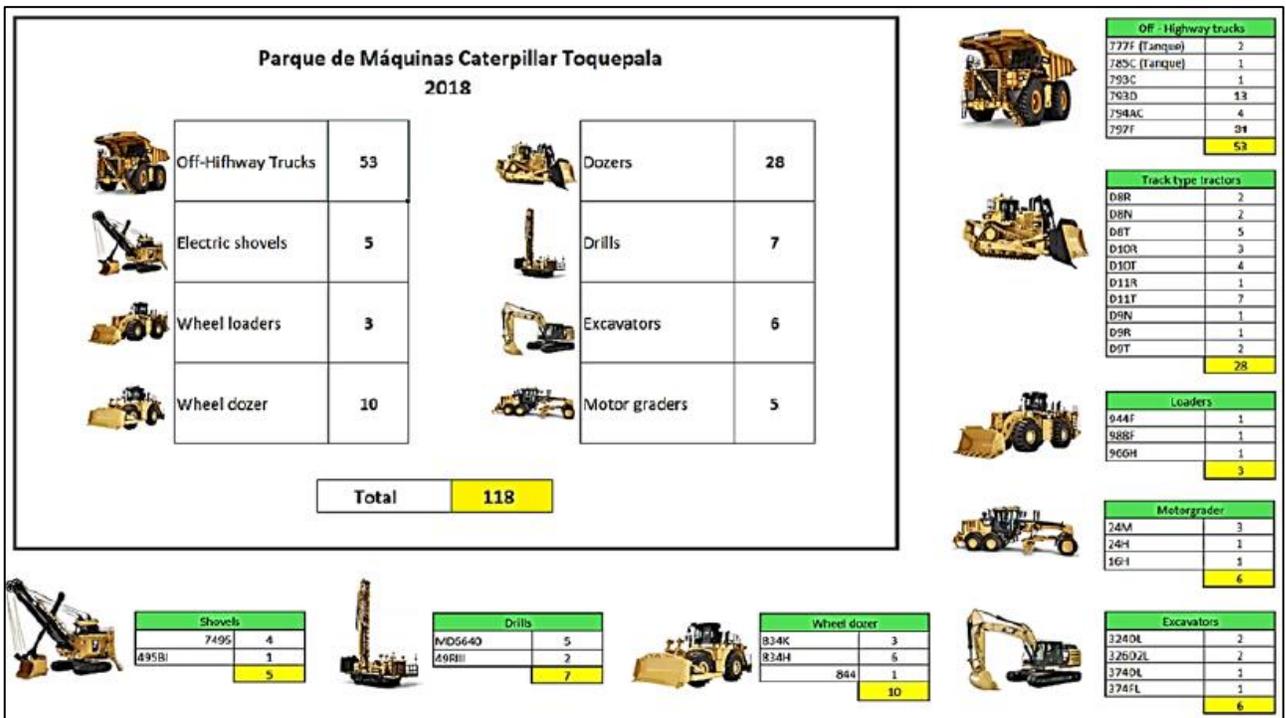
- Registrar el detalle de las paradas (eventos) de la flota asignada en AMT Flota tradicional MARC.
- Crear trabajos correctivos en sistema AMT y generar OT's en solicitud de servicio.
- Registrar el listado de partes para la ejecución de trabajos correctivos en SAP del cliente.
- Armado de file de mantenimiento y su entrega a mantenimiento.
- Validar que la información del reporte de OT entregada por el supervisor de mantenimiento este completa (reporte de Feedback).
- Registrar los cambios de componentes menores de máquinas en AMT.
- Cargar de manera diaria los horómetros de las máquinas en el sistema AMT.
- Ingresar horómetros y tonelaje de palas.
- Ingresar horómetros de perforadores.
- Generar reservas de APL de flota MARC.
- Generar pedidos de repuestos en el SAP.
- Archivar folders de PM.
- Reporte de KPI diario de todas las flotas a la superintendencia.
- Reporte de equipos parados diarios, incluyendo el sustento y duración.
- Reporte de paradas de lubricación.

- Reservas por lubricantes consumidos en los mantenimientos.
- Reporte de notificaciones de la flota MARC de forma semanal.
- Reporte de eventos relevantes una vez a la semana.
- Seguimiento al reporte de accidentes de todas las flotas.
- Archivar Backlogs y file de mantenimientos culminados.

3.5. Parque de máquinas de la empresa contratista

La empresa contratista cuenta con un amplio parque de máquinas con un total de 118, entre los cuales se encuentran camiones, palas eléctricas, excavadoras, perforadoras, entre otros.

Figura 10 Parque de máquinas de la empresa



Fuente: La empresa

3.6. Unidad de estudio

El camión de mando minero posee una carga útil de 320 TM, un tren de fuerza con excelente diseño en su mando eléctrico.

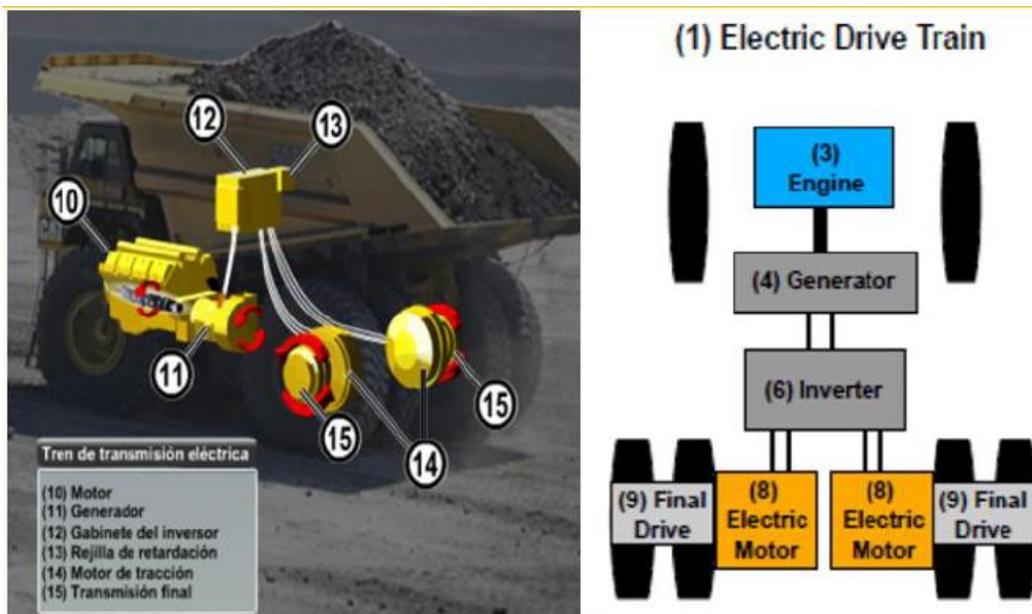
Este equipo acarrea mayor carga en cada ciclo y jornada de actividades. Posee un peso bruto de 521, 630 Kg.

Figura 11 Camión eléctrico CAT 794 AC



Fuente: La empresa

Figura 12 Tren de transmisión eléctrica 794 AC



Fuente: La Empresa

3.7. Características técnicas

A continuación, se presentan las principales características técnicas del equipo:

Figura 13 Características técnicas 794 AC

Engine		794 AC	
Engine Model	Cat C175-16		
Standard Gross Power – SAE J1995*	2610 kW	3,500 hp	
Bore	175 mm	6.9 in	
Stroke	220 mm	8.7 in	
Displacement	85 L	5,187 in ³	
<ul style="list-style-type: none"> * Contact factory for low HP, lower emissions tier configurations and high altitude configurations. • Power Ratings apply at 1,800 rpm when tested under the specified conditions for the specified standard. • Ratings based on SAE J1995 standard air conditions of 25° C (77° F) and 99 kPa (29.61 Hg) dry barometer. Power based on fuel having API gravity of 35 at 16° C (60° F) and an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 BTU/lb) when engine used at 30° C (86° F). • No engine derating required up to 1829 m (6,000 ft) altitude. • Equivalent to U.S. EPA Tier 2 emission standards. 			
Weights – approximate			
Gross Machine Operating Weight	521 631 kg	1,150,000 lb	
Chassis Weight	189 233 kg	417,187 lb	
Body Weight	28 186 kg	62,140 lb	
<ul style="list-style-type: none"> • Consult your tire manufacturer for maximum tire load. • Chassis weight with 100% fuel, hoist, body mounting group, rims, and tires. • Body weight varies depending on how body is equipped. 			

Fuente: La Empresa

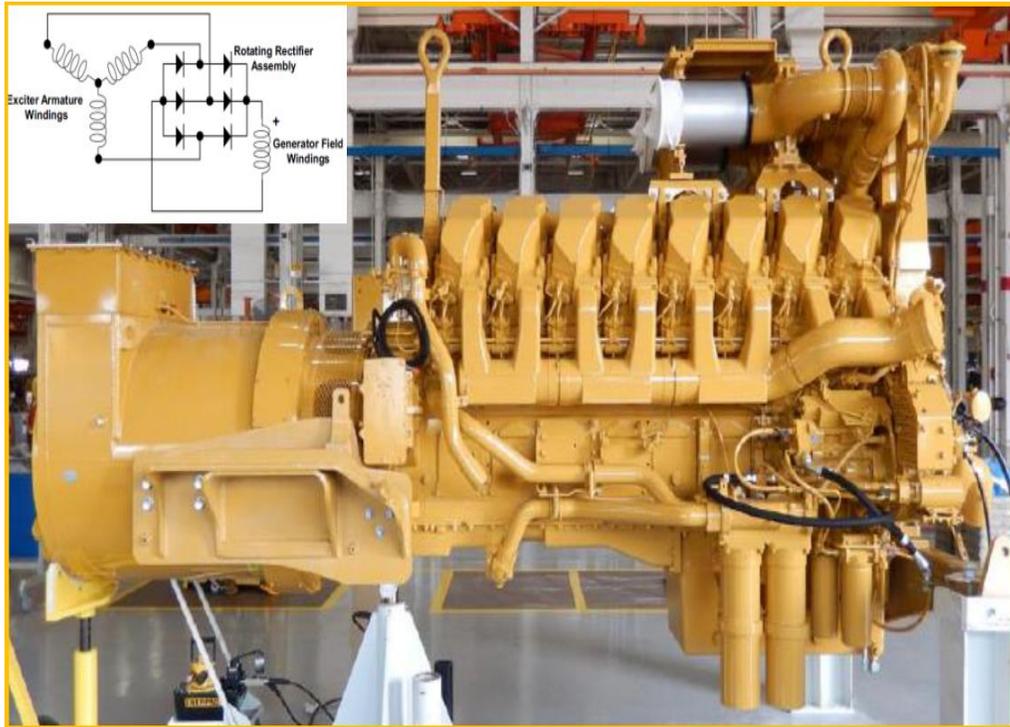
3.8. Componentes mayores

3.8.1. Generador (794AC)

El sistema del mando eléctrico acoplado a través de un acople mecánico en la volante motor para rotar el generador. El generador utiliza la energía mecánica desde el motor para producir energía eléctrica.

La energía eléctrica producida por el generador es corriente alterna (AC), similar a las unidades de generación de potencia eléctrica. Este sistema mantendrá la velocidad óptima del motor y el generador mientras los requerimientos de potencia para el sistema cambian.

Figura 14 *Generador 794 AC*



Fuente: La empresa

3.8.2. Gabinete del Inversor (794AC)

En un camión ED (Mando Eléctrico), la potencia desde el generador es transmitida a través de cables de alto voltaje (2600) al Gabinete Inversor (1). El Gabinete del Inversor controla la fuerza de tracción, dirección y velocidad del camión.

La potencia AC (Corriente Alterna) desde el generador es rectificadora a la potencia DC (Corriente Directa) dentro del Gabinete del Inversor.

La potencia DC es luego invertida de regreso a AC. Esta potencia AC es luego transmitida a los motores de tracción para impulsar el camión.

Figura 15 Gabinete de inversor 794 AC



Fuente: La Empresa

3.8.3. Motores de Tracción (794AC)

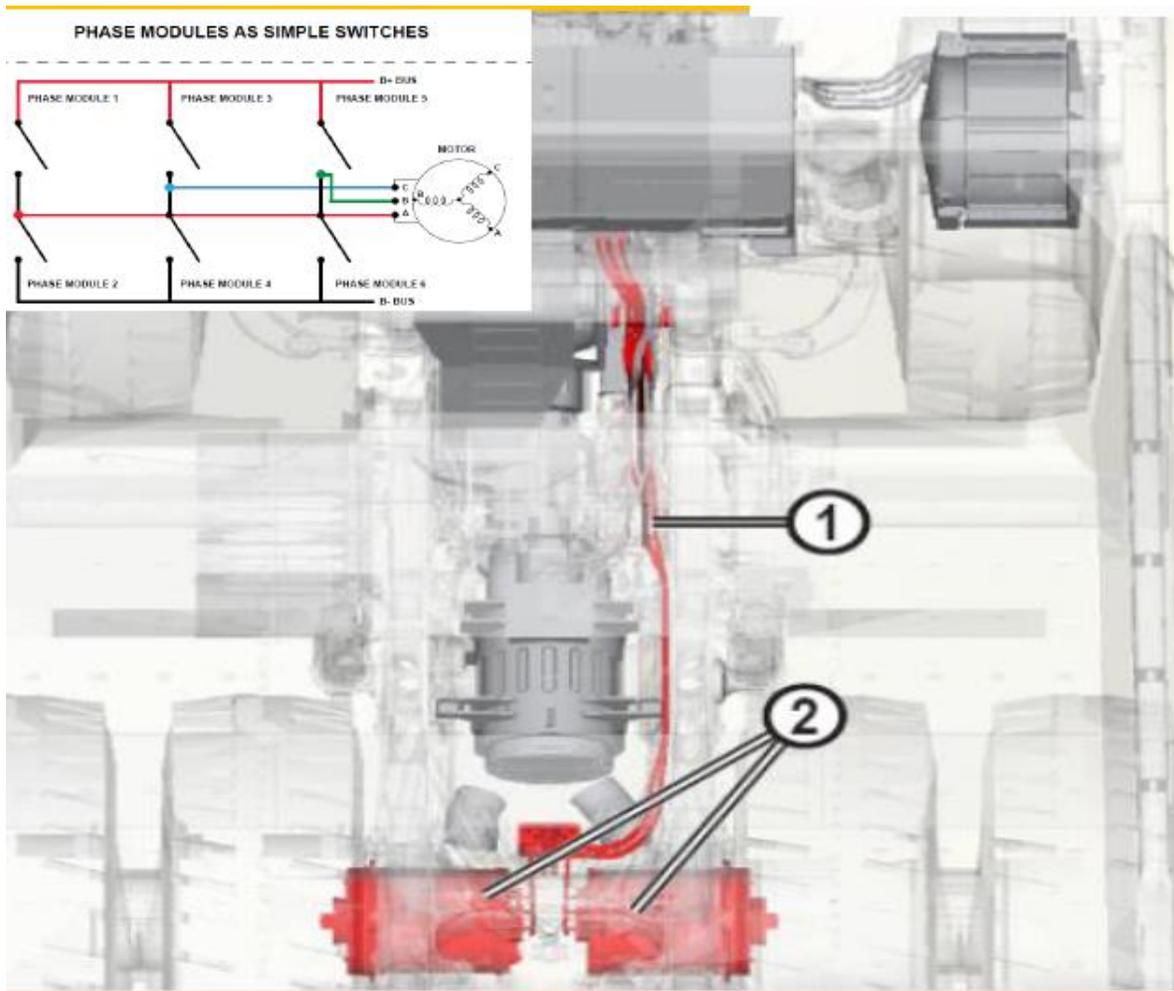
Los camiones ED no tienen diferencial para impulsar el camión; la potencia AC es transmitida a través de los cables del motor de tracción (1) a los motores de tracción (2) ubicados en el interior de la carcasa del eje trasero.

Cada motor de tracción es del tipo de inducción de Corriente Alterna (AC) de tres fases. (Trifásico).

Los motores de tracción convierten la energía eléctrica desde el Gabinete del Inversor a energía mecánica.

Ver Figura 17.

Figura 16 Motores de Tracción 794 AC



Fuente: La Empresa

3.8.4. Motor

La imagen muestra el lado izquierdo de un motor C175 usado en los camiones 794AC.

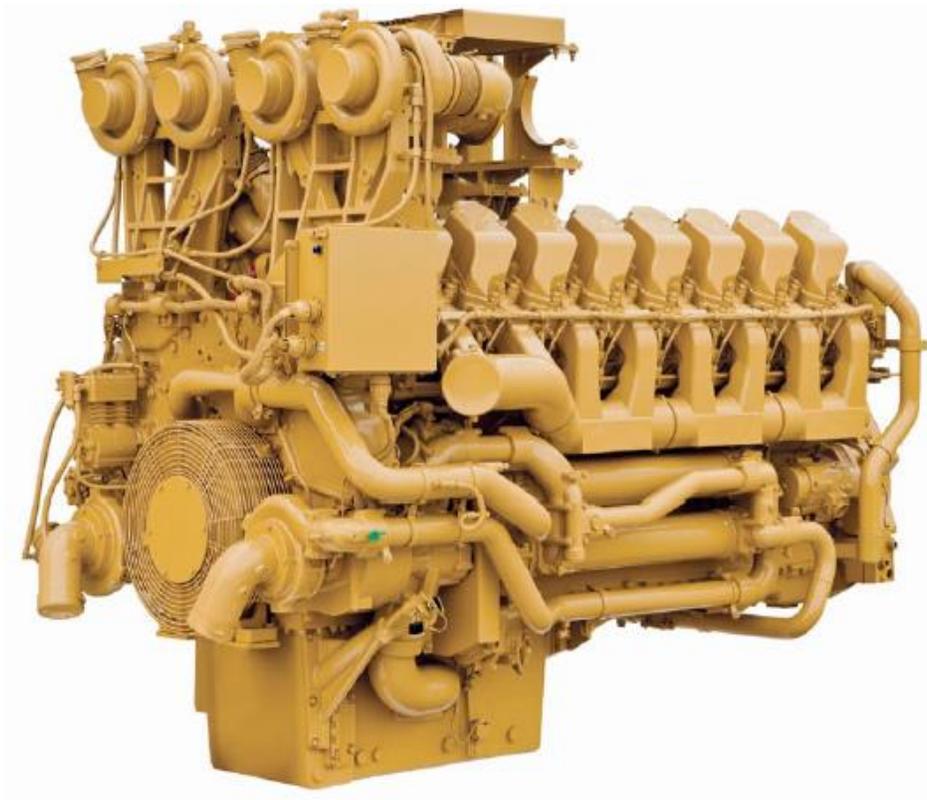
El motor C175 es un motor certificado por Tier II emissions control standards. Algunos de los pesos de los componentes han incrementado, tales como los cabezales de cilindro, los cuales son 50% más pesados que un motor 3500.

Componentes clave en el motor C175:

- Alta presión en el sistema de combustible
- Posee un sistema ATAAC

- Potencia aumentada
- Electronic unit injectors
- Bomba de alta presión de combustible
- Compresor de aire acondicionado
- Bomba de transferencia de combustible
- Filtros primarios y secundarios de combustible
- Filtros de aceite de motor
- Bomba de aceite de motor
- Bomba de agua principal y secundaria
- Turbos
- ECM
- Bomba pre lube

Figura 17 *Motor 794 AC*



Fuente: La Empresa

3.8.5. Mandos Finales

Los mandos finales son aquellos componentes del camión a los cuales se les transmite la potencia desde el motor para poder producir el movimiento del camión, en el camión 794AC, se ha realizado una mejora, añadiendo a estos unos motores tractions, los cuales permiten darle mayor potencia al momento de trasladarse en especial, cuando el camión se encuentra con carga para ascender pendientes y llegar a su destino.

Figura 18 Mandos Finales 794 AC



Fuente: La Empresa

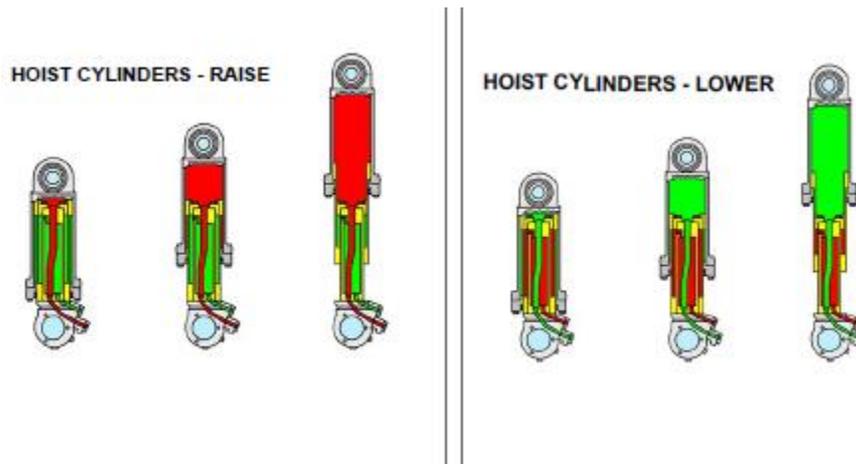
3.8.6. Suspensiones delanteras

Las suspensiones delanteras son las encargadas de mantener los neumáticos delanteros en contacto con el suelo, absorbiendo las vibraciones y movimiento provocados por los neumáticos al momento del desplazamiento; éstas están compuestas por el cilindro de suspensión delantera y la rueda delantera, en la cual van montadas los neumáticos.

3.8.7. Cilindros de levante

Los cilindros de levante son dos cilindros hidráulicos de doble acción. Estos elevan y bajan la tolva del camión. Están posicionados para levantar la parte frontal de la tolva del camión, la cual hace pivot sobre un eje. El aceite es dirigido dentro y fuera de los cilindros a través de un par de puertos en el vástago del cilindro.

Figura 19 Mandos Finales 794 AC

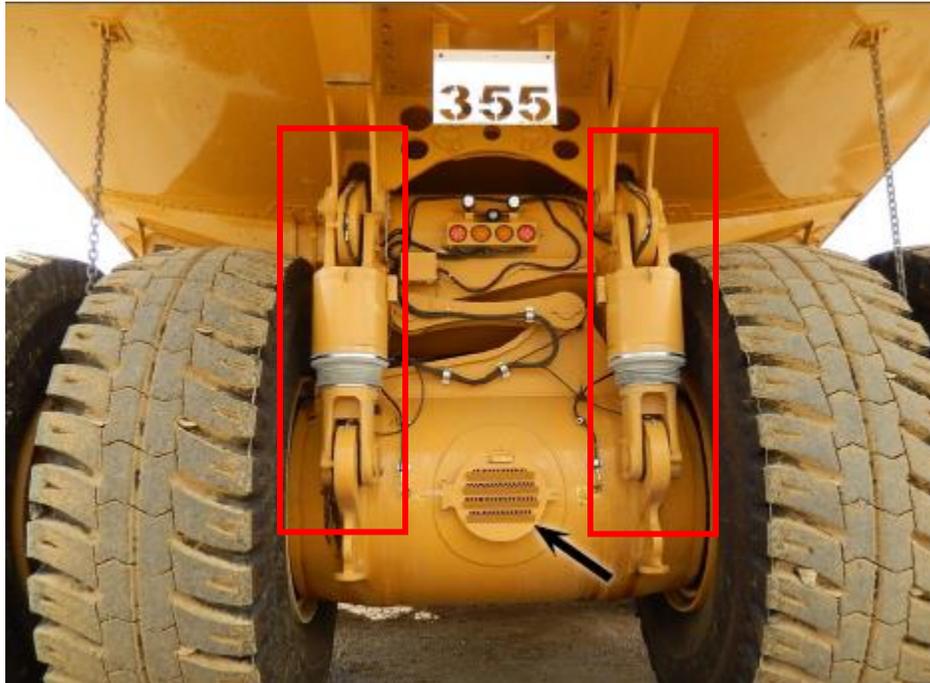


Fuente: La Empresa

3.8.8. Suspensiones posteriores

Las suspensiones posteriores son las encargadas de mantener los neumáticos posteriores en contacto con el suelo, absorbiendo las vibraciones y movimiento provocados por los neumáticos al momento del desplazamiento (en especial en el tren posterior); a diferencia de las delanteras están van unidas por dos pines al chasis del camión y al tren posterior. (Figura 21)

Figura 20 *Suspensiones posteriores 794 AC*



Fuente: La Empresa

3.8.9. Sistema hidráulico

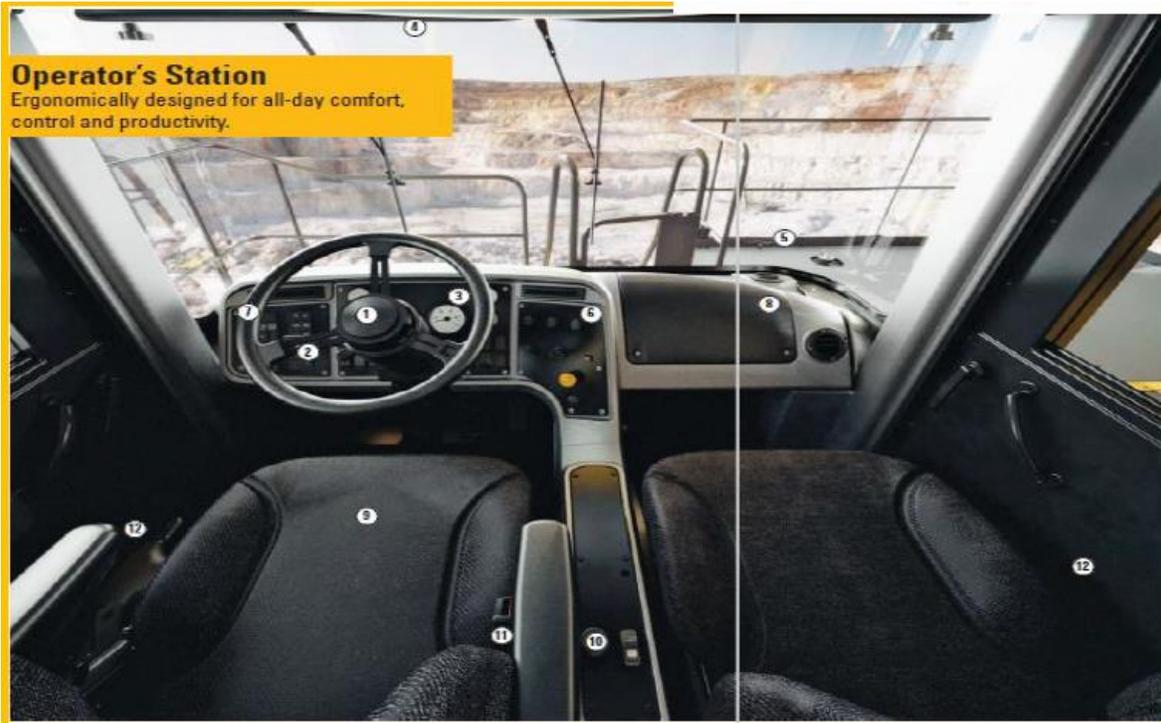
El sistema hidráulico es electrónicamente controlado por el ECM del chasis, este puede ser habilitado o inhabilitado utilizando el CAT ET. Contiene los siguientes componentes.

- Hoist control lever
- Sensor de posición
- Screens de levante
- Válvula de control de levante
- Tanque Hidráulico

3.8.10. CABINA CAMIÓN 794 AC

Las cabinas están diseñadas estratégicamente ergonómicas, además poseen diversas pantallas de visualización donde se incluyen datos de rendimiento, mantenimiento y diagnostico en tiempo real, así como el servicio técnico.

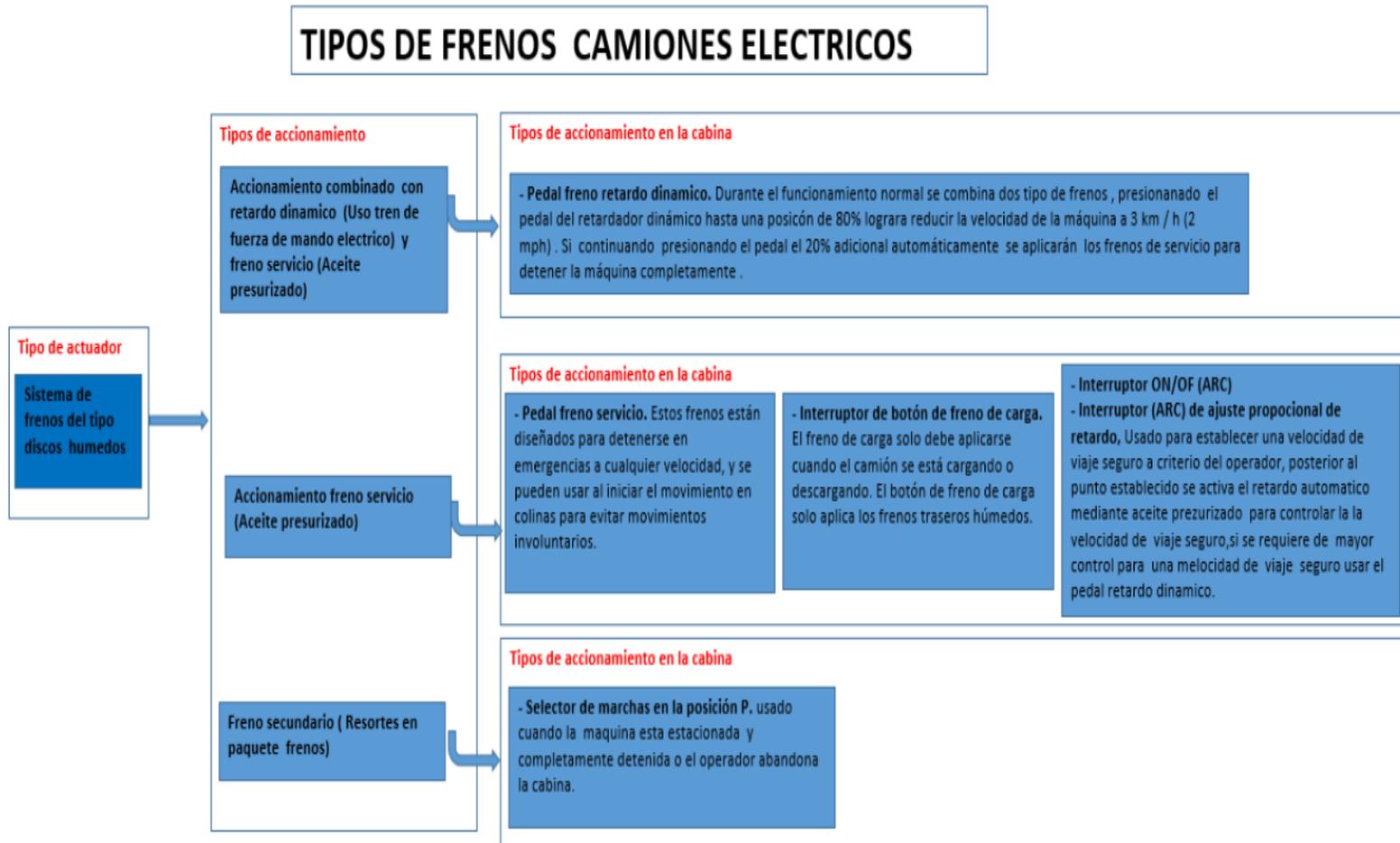
Figura 21 *Cabina 794 AC*



Fuente: La Empresa

3.8.11. SISTEMA DE FRENOS 794 AC

Figura 22 Sistema de frenos 794 AC



Fuente: La Empresa

3.9. Proceso de Diagnostico de Fallas

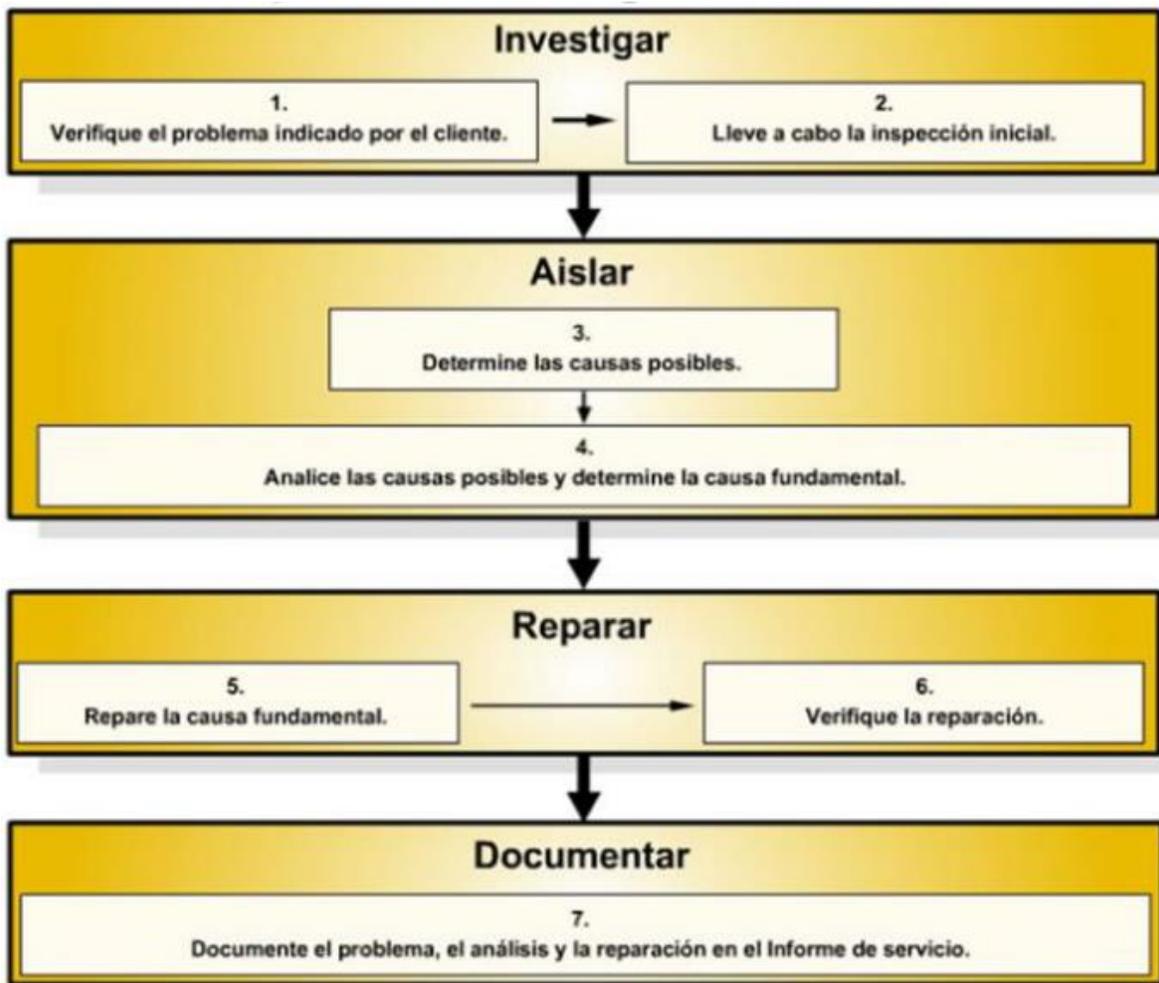
El proceso de diagnóstico de fallas consiste básicamente en cuatro pasos:

- Investigar
- Aislar
- Reparar
- Documentar

En la etapa de investigar, se verifica el problema, llevando a cabo una inspección previa, continuando con la segunda etapa, donde se debe determinar las posibles causas del problema dado, luego se procede con la reparación.

Finalmente se debe documentar todo el proceso a través de un informe en el que se tenga en cuenta el problema, el análisis y la reparación. (Figura 23)

Figura 23 *Proceso de diagnóstico de Fallas*



Fuente: La Empresa

3.10. Descripción de Procesos

Tabla 3. *Estándar de trabajo 794 AC*

794AC	DOWN TIME	CANTIDAD DE PERSONAS	TOTAL HORAS HOMBRE
Cambiar Cilindro de Levante Derecho	12	3	36
Cambiar Cilindro de Levante Izquierdo	12	3	36
Cambiar Cilindro Suspensión Delante Der	12	3	36
Cambiar Cilindro Suspensión Delante Izqui	12	3	36
Cambiar Cilindro Suspensión Post Izqui	10	2	20
Cambiar Cilindro Suspensión Post Derecho	10	2	20
Cambiar Generador	12	3	36

Cambiar Grilla de retardo	12	3	36
Cambiar Mando Final Derecho	24	3	72
Cambiar Mando Final Izquierdo	24	3	72
Cambiar Motor	48	6	288
Cambio de Mando de Bombas	12	2	24
Cambiar Radiador	12	3	36
Cambio de Cilindros de Dirección Derecho	10	2	20
Cambio de Cilindros de Dirección Izquierdo	10	2	20
Cambio de Válvula de Control Levante	10	2	20
Cambio de Bomba de Dirección y Fan	10	2	20
Cambio de Tanque de Combustible	12	3	36
Cambio de Tanque Hidráulico	12	3	36
Cambio de Enfriador aceite de Motor	8	3	24
Cambio de Bomba de Levante	8	2	16
Cambiar Rueda Delantera Derecha	12	3	36
Cambiar Rueda Delantera Izquierda	12	3	36
Cambio de Tolva	24	4	96
Cambio de Motor de Tracción rh	6	3	18
Cambio de Motor de Tracción lh	6	3	18

Fuente: La Empresa

4. CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Análisis FODA

4.1.1. Fortalezas

- La empresa posee los recursos humanos necesario para el desarrollo de sus actividades.
- Gestión del desempeño. Trazando objetivos a todo su personal
- La empresa tiene presencia a nivel global.

4.1.2. Oportunidades

- Optar por una gestión del mantenimiento orientado a la reducción de tiempos. Para optimizar los indicadores de mantenimiento
- Gestión del conocimiento para desarrollar soluciones.
- Mejora de equipos e instrumentos en el área de mantenimiento.
- Crecimiento empresarial en negocios complementarios como repuestos, logística y transporte.

4.1.3. Debilidades

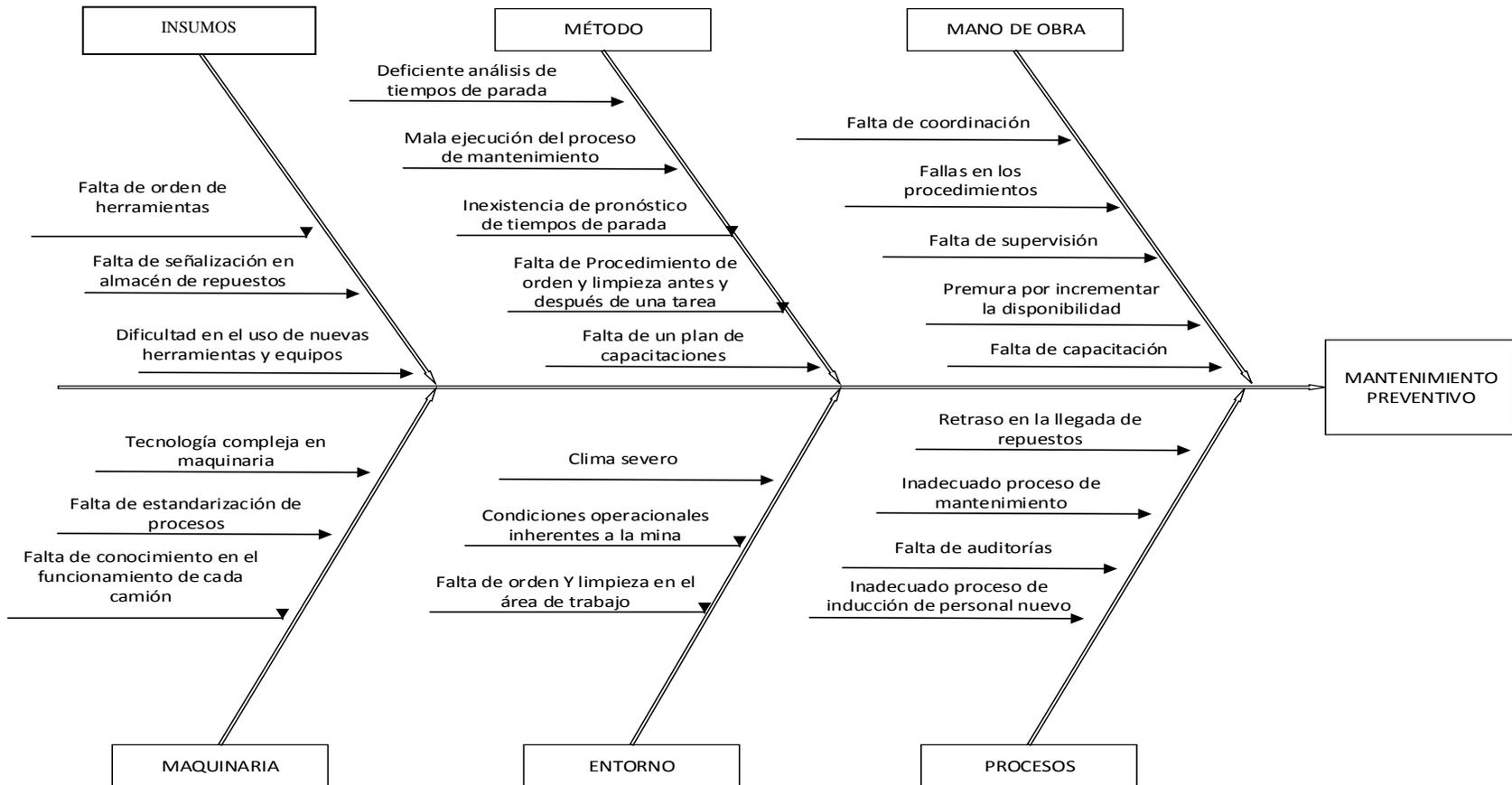
- Comunicación deficiente en la ejecución de actividades.
- Falta de coordinación del área de planeamiento y supervisión.
- Inadecuado manejo de repuestos.
- Resistencia al cambio.
- Exceso de tiempos en ejecución de PM's.

4.1.4. Amenazas

- Mayor presencia de empresas especializadas en servicios de mantenimiento
- Efectividad y eficiencia de la competencia.

4.2. Diagrama Causa- Efecto (método Ishikawa)

Figura 24 Diagrama Causa- Efecto



Fuente: Elaboración propia

4.3. Diagrama de operaciones de los procesos

4.3.1. PM 350

Tabla 4 Diagrama de actividades del proceso detallado PM-350

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento				Método	Actual	
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC				Fecha	26/06/2020	
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón				Páginas		
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
<i>MANTENIMIENTO MEC PM1 (350 HRS) 794AC-PM1</i>	8.92 horas	X					
<i>ACTIVIDADES INICIALES</i>	2.92 horas	X					
<i>Revisar el gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1,T2,T3,T4,T5,T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3,T1,T2,T4,T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4,T5,T6
<i>PRUEBAS INICIALES</i>	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1

<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2,T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4,T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2,T3
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4,T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2,T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3,T4,T1,T2,T5,T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	3.33 horas	X					
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	5 mins			X			T1,T2
<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	12.5 mins			X			T5,T6
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20 mins	X					T1
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10 mins			X			T2
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10 mins			X			T5
<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	20 mins	X					T6
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	1 min		X				T4
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	1 min		X				T4

<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	10 mins	X					T4
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	20 mins			X			T1,T2
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	1 min			X			T6
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	15 mins			X			T6
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	5 mins	X					T6
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	10 mins			X			T1
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	5 mins			X			T2
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	5 mins		X				T3
<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	15 mins	X					T5,T6
<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins	X					T4
<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins			X			T3
<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins			X			T2
<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	10 mins	X					T3,T4
<i>Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).</i>	40 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	10 mins			X			T2
<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	10 mins	X					T3
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	15 mins	X					T4
<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	5 mins	X					T5
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T2
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	15 mins	X					T3,T4

<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	10 mins	X						T2
<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X						T5,T6
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X						T5,T6
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	20 mins			X				T2
<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	20 mins	X						T5
<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	20 mins	X						T6
<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	10 mins	X						T3
<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	10 mins	X						T4
<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	30 mins			X				T2
<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	10 mins			X				T3
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	5 mins		X					T5
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	5 mins	X						T6
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	2 mins	X						T1
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	10 mins	X						T4
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	15 mins	X						T5
<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	10 mins	X						T6
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	20 mins	X						T1
<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	20 mins	X						T2
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	15 mins	X						T5
<i>Cebiar sistema de combustible</i>	10 mins	X						T6

<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	<i>30 mins</i>	X					<i>T3,T4</i>
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T3</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>		X				<i>T4</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T2</i>
Inspección final	1 hora		X				
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	<i>45 mins</i>		X				<i>1</i>
<i>Desbloquear el equipo.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>5</i>

Fuente Elaboración propia

4.3.2. PM 700

Tabla 5 Diagrama de actividades del proceso detallado PM 700

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento				Método	Actual	
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC				Fecha	26/06/2020	
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón				Paginas		
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
MANTENIMIENTO MEC PM2 (700 HRS) 794AC-	8.53 horas	X					
ACTIVIDADES INICIALES	2.92 horas	X					
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre- inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1,T2,T3,T4,T5,T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3,T1,T2,T4,T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4,T5,T6
PRUEBAS INICIALES	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1

<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2,T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4,T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2,T3
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4,T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2,T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3,T4,T1,T2,T5,T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	2.95 horas	X					
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	5 mins			X			T1,T2
<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	15 mins	X					T3,T4

<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	12.5 mins			X			T5,T6
<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	20 mins		X				T1,T2
<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	30 mins	X					T1
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20 mins	X					T1
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10 mins			X			T2
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10 mins			X			T5
<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	10 mins	X					T3
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	1 min		X				T4
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	1 min		X				T4
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	10 mins	X					T4
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	20 mins			X			T1,T2
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	1 min			X			T6
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	15 mins			X			T6
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	5 mins	X					T6
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	10 mins			X			T1
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	5 mins			X			T2
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	5 mins		X				T3
<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	15 mins	X					T5,T6

<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	10 mins	X						T3,T4
<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	20 mins	X						T3,T4
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	15 mins	X						T4
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins				X			T6
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X						T2
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	15 mins	X						T3,T4
<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X						T5,T6
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X						T5,T6
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	20 mins				X			T2
<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	10 mins	X						T3
<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	20 mins	X						T5
<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	20 mins	X						T6
<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	30 mins				X			T2
<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	2 mins				X			T4
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	5 mins				X			T5
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	5 mins	X						T6
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	2 mins	X						T1
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	10 mins	X						T4
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	15 mins	X						T5
<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	10 mins	X						T6
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	20 mins	X						T1

<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	15 mins	X					T5
<i>Cebiar sistema de combustible</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	30 mins	X					T3,T4
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	20 mins	X					T1
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	10 mins	X					T2
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	15 mins	X					T5
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	15 mins	X					T6
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	10 mins	X					T2
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	15 mins	X					T6
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	10 mins	X					T3
<i>Inspeccionar los aros</i>	10 mins		X				T4
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	10 mins			X			T2
Inspección final	1 hora		X				
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	45 mins		X				1
<i>Desbloquear el equipo.</i>	15 mins	X					5

Fuente Elaboración propia

4.3.3. PM 1050

Tabla 6 Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1050

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento					Método	Actual
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC					Fecha	26/06/2020
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón					Páginas	
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
MANTENIMIENTO MEC PM1 (1050 HRS) 794AC-PM3	8.92 horas	X					
ACTIVIDADES INICIALES	2.92 horas	X					
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET, revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1,T2,T3,T4,T5,T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3,T1,T2,T4,T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4,T5,T6
PRUEBAS INICIALES	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado, timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1
<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2,T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4,T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2,T3

<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4,T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2,T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3,T4,T1,T2,T5,T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	3.33 horas	X					
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	5 mins			X			T1,T2
<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	12.5 mins			X			T5,T6
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20 mins	X					T1
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10 mins			X			T2
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10 mins			X			T5
<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	20 mins	X					T6
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	1 min		X				T4
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	1 min		X				T4
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	10 mins	X					T4

<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	20 mins			X			T1,T2
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	1 min			X			T6
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	15 mins			X			T6
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	5 mins	X					T6
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	10 mins			X			T1
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	5 mins			X			T2
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	5 mins		X				T3
<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	15 mins	X					T5,T6
<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins	X					T4
<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins			X			T3
<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins			X			T2
<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	10 mins	X					T3,T4
<i>Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).</i>	40 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	10 mins			X			T2
<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	10 mins	X					T3
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	15 mins	X					T4
<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	5 mins	X					T5
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T2
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	15 mins	X					T3,T4
<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	10 mins	X					T2

<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T5,T6
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T5,T6
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	20 mins			X			T2
<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	20 mins	X					T5
<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	20 mins	X					T6
<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	10 mins		X				T3
<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	10 mins	X					T4
<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	30 mins			X			T2
<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	10 mins			X			T3
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	5 mins		X				T5
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	5 mins	X					T6
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	2 mins	X					T1
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	10 mins	X					T4
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	15 mins	X					T5
<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	20 mins	X					T1
<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	20 mins	X					T2
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 taponés, housing y bomba).</i>	15 mins	X					T5
<i>Cebado sistema de combustible</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	30 mins	X					T3,T4
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	20 mins	X					T1
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	10 mins	X					T2
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	15 mins	X					T5
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	15 mins	X					T6
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	10 mins	X					T2

<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T3</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>		X				<i>T4</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T2</i>
Inspección final	1 hora		X				
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	<i>45 mins</i>		X				<i>1</i>
<i>Desbloquear el equipo.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>5</i>

Fuente Elaboración propia

4.3.4. PM 1400

Tabla 7 Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1400

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento					Método	Actual
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC					Fecha	26/06/2020
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón					Páginas	
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
MANTENIMIENTO MEC PM4 (1400 HRS) 794AC-	8.73 horas	X					
ACTIVIDADES INICIALES	2.92 horas	X					
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1,T2,T3,T4,T5,T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3,T1,T2,T4,T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4,T5,T6
PRUEBAS INICIALES	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1
<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2,T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4,T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6

<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2,T3
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4,T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2,T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3,T4,T1,T2,T5,T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	7.73 horas	X					
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	5 mins			X			T1,T2
<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	15 mins	X					T3,T4
<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	12.5 mins			X			T5,T6
<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	20 mins		X				T1,T2
<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	30 mins	X					T1
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20 mins	X					T1
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10 mins			X			T2
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10 mins			X			T5

<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	<i>10 mins</i>	X					T3
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	<i>1 min</i>			X			T4
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 min</i>		X				T4
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	X					T4
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	<i>20 mins</i>			X			T1,T2
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>1 min</i>			X			T6
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>			X			T6
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	<i>5 mins</i>	X					T6
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	<i>10 mins</i>			X			T1
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	<i>5 mins</i>			X			T2
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	<i>5 mins</i>		X				T3
<i>Cambiar aceite hidráulico</i>	<i>40 mins</i>	X					T5,T6
<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>10 mins</i>	X					T3,T4
<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	<i>20 mins</i>	X					T3,T4
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	<i>15 mins</i>	X					T4
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X					T6
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X					T2
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	<i>15 mins</i>	X					T3,T4
<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X					T5,T6
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X					T5,T6
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	<i>20 mins</i>			X			T2
<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	<i>10 mins</i>	X					T3
<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	<i>20 mins</i>	X					T6

<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	<i>30 mins</i>			X			<i>T2</i>
<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	<i>2 mins</i>			X			<i>T4</i>
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	<i>5 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	<i>5 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	<i>2 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T4</i>
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Cebiar sistema de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	<i>30 mins</i>	X					<i>T3,T4</i>
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T3</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>		X				<i>T4</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T2</i>

Inspección final	1 hora		X				
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	45 mins		X				1
<i>Desbloquear el equipo.</i>	15 mins	X					5

Fuente Elaboración propia

4.3.5. PM 1750

Tabla 8 Diagrama de actividades del proceso detallado PM 1750

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento					Método	Actual
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC					Fecha	26/06/2020
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón					Páginas	
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
MANTENIMIENTO MEC PM1 (1750 HRS) 794AC-PM5	8.92 horas	X					
ACTIVIDADES INICIALES	2.92 horas	X					
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET, revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1, T2, T3, T4, T5, T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3, T1, T2, T4, T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4, T5, T6

PRUEBAS INICIALES	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1
<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2, T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4, T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2, T3
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4, T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2, T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3, T4, T1, T2, T5, T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	3.33 horas	X					

<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	<i>5 mins</i>			X			<i>T1,T2</i>
<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	<i>12.5 mins</i>			X			<i>T5,T6</i>
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T2</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T5</i>
<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	<i>1 min</i>		X				<i>T4</i>
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 min</i>		X				<i>T4</i>
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T4</i>
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	<i>20 mins</i>			X			<i>T1,T2</i>
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>1 min</i>			X			<i>T6</i>
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>			X			<i>T6</i>
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	<i>5 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T1</i>
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	<i>5 mins</i>			X			<i>T2</i>
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	<i>5 mins</i>		X				<i>T3</i>

<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	15 mins	X					T5, T6
<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins	X					T4
<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10 mins			X			T3
<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	10 mins			X			T2
<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	10 mins	X					T3, T4
<i>Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).</i>	40 mins	X					T1
<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	10 mins			X			T2
<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	10 mins	X					T3
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	15 mins	X					T4
<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	5 mins	X					T5
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T6
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T2
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	15 mins	X					T3, T4
<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	10 mins	X					T2
<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T5, T6
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	10 mins	X					T5, T6
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	20 mins			X			T2
<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	20 mins	X					T6
<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	10 mins	X					T3
<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	10 mins	X					T4
<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	30 mins			X			T2

<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T3</i>
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	<i>5 mins</i>			X			<i>T5</i>
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	<i>5 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	<i>2 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T4</i>
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Cebar sistema de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	<i>30 mins</i>	X					<i>T3,T4</i>
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5</i>
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T2</i>
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T3</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>		X				<i>T4</i>

<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	10 mins			X			T2
Inspección final	1 hora		X				
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	45 mins		X				1
<i>Desbloquear el equipo.</i>	15 mins	X					5

Fuente Elaboración propia

4.3.6. PM 2100

Tabla 9 Diagrama de actividades del proceso detallado PM 2100

Diagrama de Actividades del Proceso Detallado							
Área de trabajo:	Mantenimiento					Método	Actual
Nombre del procedimiento:	Mantenimiento preventivo 794 AC					Fecha	26/06/2020
Elaborado por:	Christian Tapia Alarcón					Páginas	
Nombre de tarea	Duración	Símbolos					Recursos
							
MANTENIMIENTO MEC PM6 (2100 HRS) 794AC-	9.17 horas	X					
ACTIVIDADES INICIALES	2.92 horas	X					
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50 mins			X			T1,T2,T3,T4,T5,T6
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20 mins	X					T1

<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15 mins		X				T2
<i>Lavado de máquina</i>	90 mins	X					T3,T1,T2,T4,T5
<i>Traslado de máquina</i>	15 mins				X		T4,T5,T6
PRUEBAS INICIALES	0.75 horas			X			
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins		X				T1
<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	10 mins		X				T2,T3
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	22.5 mins			X			T4,T5
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins			X			T6
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	17.5 mins			X			T2,T3
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	15 mins			X			T4,T5
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	7.5 mins			X			T2,T3
TOMA DE MUESTRAS	1.21 horas	X					
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	X					T1
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	X					T3
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	X					T4
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	X					T5
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	X					T2
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	X					T3
<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	X					T3,T4,T1,T2,T5,T6
TRABAJOS CON MAQUINA APAGADA	3.58 horas	X					
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	5 mins			X			T1,T2
<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	15 mins	X					T3,T4

<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	<i>12.5 mins</i>			X			<i>T5,T6</i>
<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	<i>20 mins</i>		X				<i>T1,T2</i>
<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	<i>30 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	<i>20 mins</i>	X					<i>T1</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T2</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T5</i>
<i>Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T1,T2</i>
<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T3</i>
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	<i>1 min</i>		X				<i>T4</i>
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 min</i>		X				<i>T4</i>
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	X					<i>T4</i>
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	<i>20 mins</i>			X			<i>T1,T2</i>
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>1 min</i>			X			<i>T6</i>
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>			X			<i>T6</i>
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	<i>5 mins</i>	X					<i>T6</i>
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	<i>10 mins</i>			X			<i>T1</i>
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	<i>5 mins</i>			X			<i>T2</i>
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	<i>5 mins</i>		X				<i>T3</i>
<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>15 mins</i>	X					<i>T5,T6</i>

<i>Llenado de aceite de mandos finales</i>	<i>25 mins</i>	X						<i>T3,T4</i>
<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	<i>20 mins</i>	X						<i>T3,T4</i>
<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T4</i>
<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T2</i>
<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T3,T4</i>
<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T5,T6</i>
<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T5,T6</i>
<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	<i>20 mins</i>			X				<i>T2</i>
<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T3</i>
<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	<i>20 mins</i>	X						<i>T5</i>
<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	<i>20 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	<i>30 mins</i>			X				<i>T2</i>
<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	<i>2 mins</i>	X						<i>T4</i>
<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	<i>5 mins</i>			X				<i>T5</i>
<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	<i>5 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	<i>2 mins</i>	X						<i>T1</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T4</i>
<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T5</i>

<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	<i>20 mins</i>	X						<i>T1</i>
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T5</i>
<i>Cebar sistema de combustible</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	<i>30 mins</i>	X						<i>T3,T4</i>
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	<i>20 mins</i>	X						<i>T1</i>
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T2</i>
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T5</i>
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T2</i>
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>T6</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	X						<i>T3</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>		X					<i>T4</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	<i>10 mins</i>			X				<i>T2</i>
Inspección final	1 hora		X					
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	<i>45 mins</i>		X					<i>1</i>
<i>Desbloquear el equipo</i>	<i>15 mins</i>	X						<i>5</i>

Fuente Elaboración propia

4.4. Value Stream Mapping (VSM)

El VSM se realiza con la finalidad de encontrar mudas o desperdicios durante los procesos. Por tal motivo se motivó una reunión con la jefatura de planeamiento de Mantenimiento; la jefatura de operaciones, el área de seguridad y el supervisor de seguridad de la empresa contratista para poder analizar a profundidad las mudas o desperdicios presentes en el proceso de mantenimiento de los camiones 794AC.

En este caso, como se puede apreciar en el VSM podemos ver las siguientes observaciones:

Mudas o desperdicios en el proceso de producción	Propuesta de herramientas a utilizar
Falta de optimización en el proceso de mantenimiento preventivo en los camiones 794AC	VSM; para detectar herramientas de lean manufacturing a implementarse
Falta de orden y limpieza en zona de almacén de la empresa contratista	Metodología de las 5's
Falta de orden y limpieza en zona de talleres de la empresa contratista	Metodología de las 5's
Falta de implementación de KPI's para medir la efectividad de los mantenimientos preventivos.	Indicadores de Lean Manufacturing (disponibilidad; MTBF; MTTR; MTF5 y cumplimiento de plan de trabajo)
Optimización de tiempos durante el mantenimiento preventivo	Single-Minute Exchange of Die (SMED)
Falta de levantamiento de fallas o potenciales fallas para mejorar la disponibilidad y confiabilidad	Análisis del Modo y efecto de falla AMEF)

A continuación, se muestra el VSM de la situación actual del proceso de mantenimiento preventivo de los camiones 794AC.

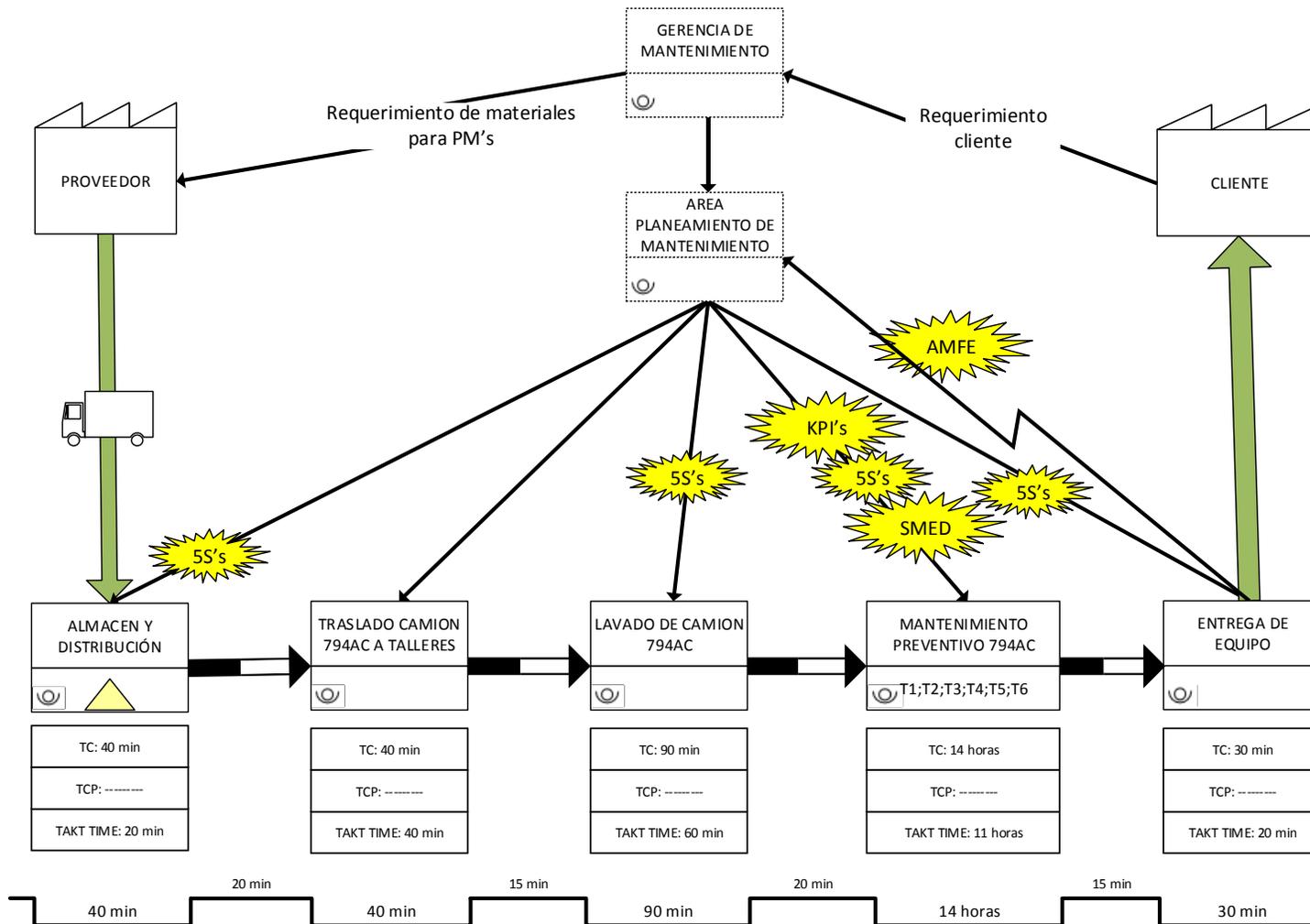


Figura 25 VSM PM

Fuente: Elaboración propia

4.5. AMEF estado actual equipos 794AC

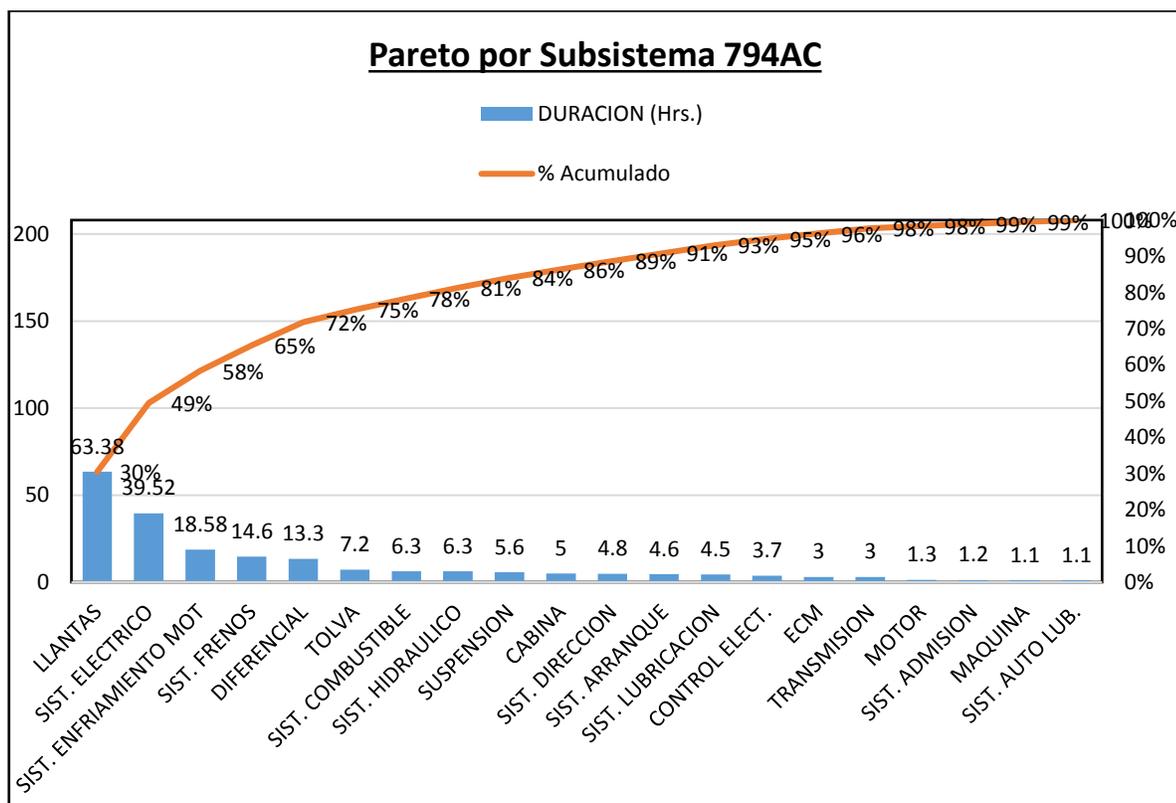
En esta parte evaluaremos a través del análisis AMEF la gestión sobre los camiones 794AC, considerando los pasos mencionados en el marco teórico procedemos a iniciar la evaluación.

4.5.1. Determinar el producto

Como objeto de análisis del presente documento tenemos al camión 794AC; camión minero eléctrico de acarreo; con una carga nominal de 320 tons., utilizado en el acarreo de cobre en la minera Toquepala.

4.5.2. Diagrama de Pareto

El siguiente diagrama de Pareto está basado en los subsistemas presentes en el camión 794AC marca CATERPILLAR. De los cuales resaltan las paradas por llantas y sistema eléctrico, en el periodo de evaluación del 202001 al 202006.



4.5.3. Estado Actual de indicadores de MTTR y MTBF

En este caso tenemos como principales subsistemas con fallas presentes; el subsistema de llantas y eléctrico.

Para poder proceder con un análisis más detallado en el subsistema eléctrico (ya que la gestión de neumáticos es llevada por otro proveedor especializado en la materia); se tienen fallas específicas que fueron reportadas por el equipo de especialistas de la empresa contratista; siendo los siguientes:

- Faros luces halógenos
- Harness y conectores con falso contacto, contaminación con tierra y/o agua
- Códigos frecuentes por eventos de falla de harness izquierdo

4.5.3.1.MTBFS de las fallas principales

Se muestran a continuación los MTBFS de las principales fallas presentadas en el camión Caterpillar 794AC; según las horas promedio de operación y los números de paradas identificadas por el equipo de trabajo de AMEF

Neumáticos:

$$MTBF \text{ Falla \#01} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2420}{25} = 96.8$$

Faros luces halógenos:

$$MTBF \text{ Falla \#02} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2420}{10} = 242$$

Harness y conectores con falso contacto, contaminación con tierra y/o agua:

$$MTBF \text{ Falla \#03} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2420}{10} = 242$$

Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado izquierdo:

$$MTBF \text{ Falla \#04} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2420}{5} = 484$$

4.5.3.2.MTTRS de las fallas principales

Se muestran a continuación los MTTRS de las principales fallas presentadas en el camión Caterpillar 794AC

Neumáticos:

$$MTTR \text{ Falla \#01} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{160}{25} = 6.4$$

Faros luces halógenos:

$$MTTR \text{ Falla \#02} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{60}{10} = 6$$

Harness y conectores con falso contacto, contaminación con tierra y/o agua:

$$MTTR \text{ Falla \#03} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{60}{10} = 6$$

Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado izquierdo:

$$MTTR \text{ Falla \#04} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{40}{5} = 8$$

4.5.4. AMEF Situación actual

Como último paso de la situación actual de los camiones 794AC; procedemos a generar nuestro cuadro de AMEF. Observando RPN's altos en el caso de los neumáticos; conectores del sistema eléctrico y harness del lado izquierdo del motor.

Descripción del equipo	Función de equipo	Modo de Falla	Efecto de falla	Causa de Falla	Acciones actuales	Situación Actual			
						P	S	D	RPN
CAMION DE ACARREO DE MINERAL 797F-60 MARCA CATERPILLAR	Traslado de carga de mineral desde zona de tajo de mina hacia chancadora primaria y/u otro punto designado	Neumaticos	Desgaste de neumaticos, cortes en llantas, impacto, entre otros	Inspeccion reactiva de personal de neuma, falta de retiro de piedras oportuno en neumaticos , toma de presiones reactiva en campo	Retiro de piedras por personal de NEUMA, atencion de equipos en campo	5	7	3	105
		Luces halogenas	Luces halogenas con fallas, incomodidad del operador al estar en la maquina, falta de seguridad al momento de traslado del equipo a punto desginado	Luces halogenas y bulbos no son adecuados para las condiciones en la mina Toquepala.	Cambio de luces y bulbos por nros de parte de caterpillar	8	6	2	96
		Conectores del sistema electrico	Fallas por falso contacto de conectores, limpieza de conector, conector en mal estado o con falla	Conectores expuestos a condiciones de polvo, agua, entre otros propios del ambiente del tajo de la mina, conectores expuestos a contaminación por fugas de aceite, entre otros propios de horas de trabajo del equipo	Revisión de conectores, limpieza de conectores en campo y generación de backlogs para levantamiento o de observaciones	6	5	5	150
		Harness lado izquierdo de motor	Falso contacto de conectores de harness, señal de alarma de falla de motor nivel 02	Tiempo de vida util superado (7000 horas)	Revisión de conectores y reparación de lineas, anulación de lineas en desuso	7	7	7	343

4.6. Indicadores de Mantenimiento – estado actual

La situación actual de la gestión de los mantenimientos preventivos se verá reflejada en los indicadores de MTTR; MTBF y disponibilidad

MTTR: Al aplicarse un buen mantenimiento preventivo, debemos haber levantado las potenciales fallas en el equipo, permitiendo que su tiempo de reparación sea menor; ya que las fallas fueron resueltas o se identificó las causas y se tiene un monitoreo constante.

MTBF: Un mantenimiento preventivo efectivo elimina las fallas potenciales y permite al equipo tener un mayor tiempo de operación; a su vez tiene por objetivo también eliminar fallas recurrentes, gracias al AMEF.

Disponibilidad: En mantenimiento los tiempos de parada son críticos; la disponibilidad mide cuantas horas hemos intervenido un equipo, sea por preventivo o correctivo; sin embargo, un buen mantenimiento preventivo, evitara que tengamos una gran cantidad de intervenciones correctivas o paradas por evaluación de fallas.

Los indicadores que usaremos, nos ayudaran a medir que tan efectivas son las medidas aplicadas durante los mantenimientos preventivos al aplicar herramientas de LEAN MANUFACTURING.

Dividiremos las horas evaluadas en los meses del año 2019 en horas de operación, horas de mantenimiento no programado y mantenimiento programado

MESES	HRAS. OPERACIONES	HRAS. M. NO PROGRAMADO	HRAS. M. PROGRAMADO	NRO DE PARADAS
Enero	2608	228	140	51
Febrero	2362	239	87	40
Marzo	2580	281	115	41
Abril	2279	358	243	66
Mayo	1933	878	165	40
Junio	2543	186	152	59
Julio	2399	280	297	62
Agosto	2616	194	166	62
Setiembre	2276	361	243	61
Octubre	2549	224	203	62
Noviembre	2483	220	177	61
Diciembre	2409	348	123	53

Fuente: Elaboración Propia

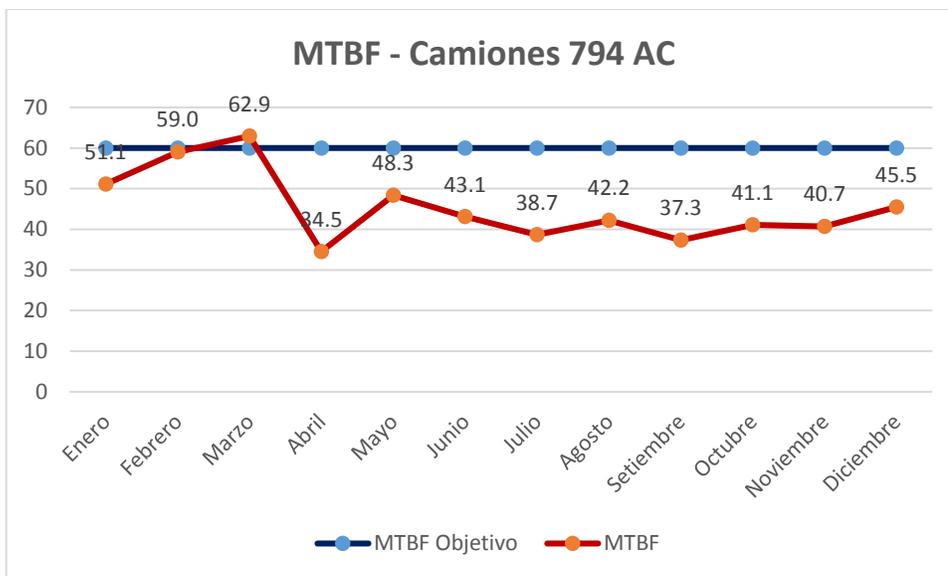
Con la data mostrada en el cuadro líneas arriba, procedemos con el cálculo de los indicadores para nuestra evaluación

Meses	Disponibilidad	MTTR	MTBF
Enero	85.91%	2.7	51.1
Febrero	86.19%	2.2	59.0
Marzo	84.66%	2.8	62.9
Abril	73.61%	3.7	34.5
Mayo	46.08%	4.1	48.3
Junio	86.73%	2.6	43.1
Julio	75.95%	4.8	38.7
Agosto	86.26%	2.7	42.2
Setiembre	73.46%	4.0	37.3
Octubre	83.23%	3.3	41.1
Noviembre	84.01%	2.9	40.7
Diciembre	80.45%	2.3	45.5

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de resultados.

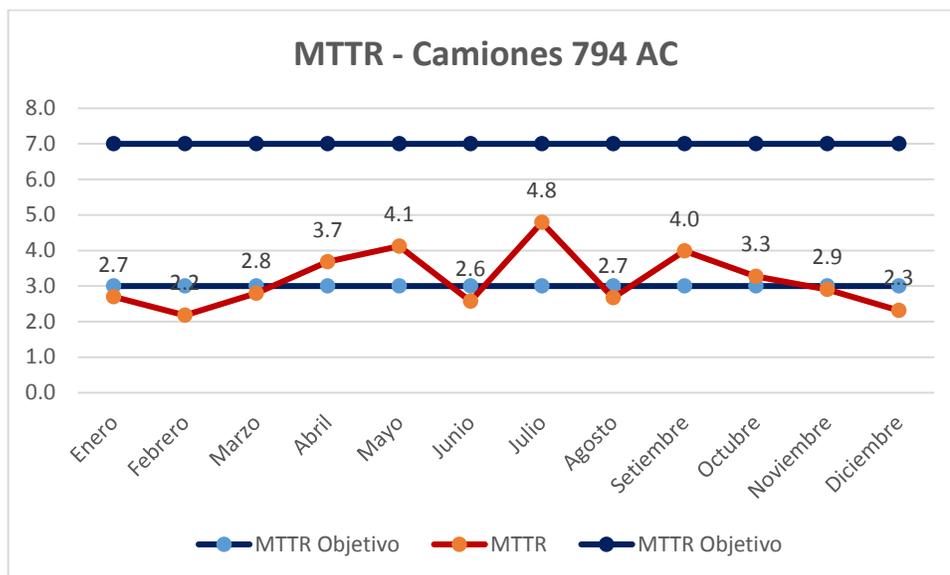
MTBF



Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que los MTBF's no llegan al MTBF objetivo de 65 horas; estando estos por debajo, haciendo evidencia que en los PM's, solo nos estamos basando en lo descrito en el manual, mas no atacando las fallas potenciales; ni realizando el analisis de causa raiz respectivo en el equipo.

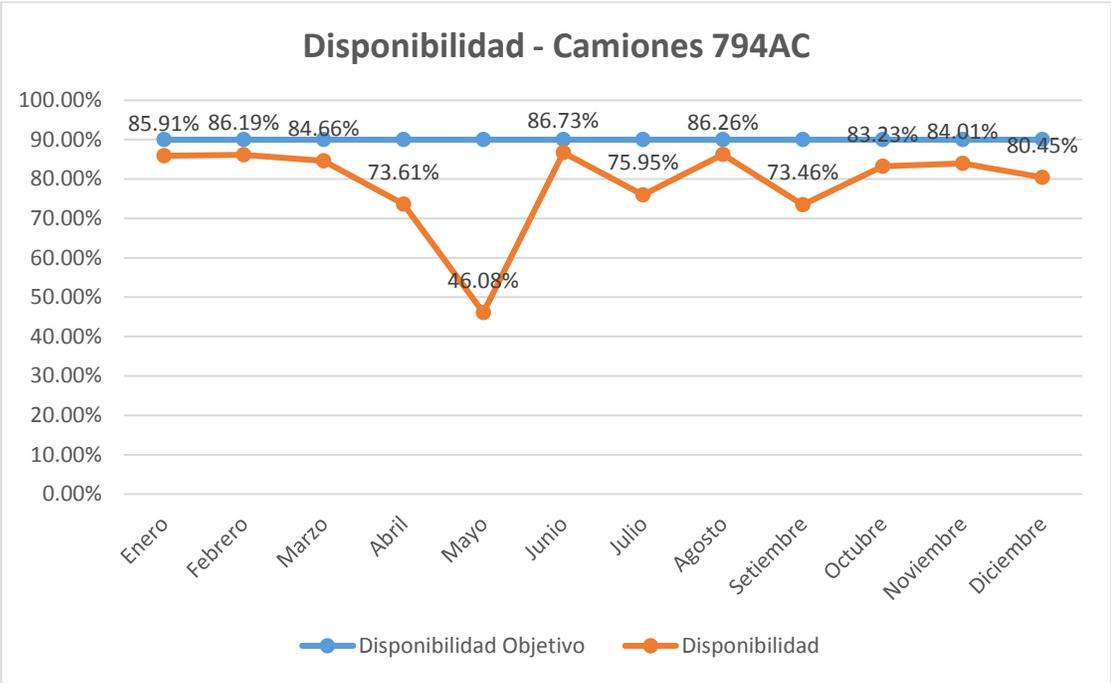
MTTR



Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que los MTTR's obtenidos durante la evaluación; en su mayoría tienden a estar debajo de la línea objetivo; sin embargo en el análisis de MTTR, aplicamos límites máximos y mínimos, ya que tener paradas con tiempos muy pequeños puede evidenciar una falta de análisis de la falla; siendo este el caso, ya que son fallas repetitivas constantemente.

DISPONIBILIDAD



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a las disponibilidades, en la gestión de mantenimiento preventivo de la empresa contratista, podemos evidenciar que tanto las paradas programadas extendidas y la falta de levantamiento de observaciones y fallas potentes; afecta directamente en la disponibilidad; no llegando a la objetivo en los meses evaluados.

5. CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA

Posterior al análisis realizado en el capítulo anterior, se propone un nuevo plan en el desarrollo del mantenimiento a los camiones 794 AC, donde se consideren aquellas actividades principales de cada PM en concreto y de manera consolidada. (Anexos)

5.1. Plan 5 S

La alta gerencia comunica oficialmente el inicio de la implementación de la metodología 5S, a través de reuniones y comunicación directa.

Para poder llevar a cabo la implementación de la metodología 5 S es necesario brindar la orientación debida a los colaboradores, acerca de las fases de implementación, los alcances de dicha metodología. (Tabla 11)

Tabla 10 *Plan de acción 5 S*

ACCIÓN	OBJETIVO	ENCARGADO	ÁREA	HERRAMIENTA	CÓMO
CLASIFICAR	Contar con un área de mantenimiento libre de obstrucciones.	Jefe y supervisor de mantenimiento	Área de Mantenimiento	Tarjetas	Identificar artículos innecesarios Retirar equipo inutilizable
ORDEN	Asignar un lugar para cada herramienta y/o máquina, de tal manera que sea adecuado a las rutinas de trabajo.	Jefe y supervisor de mantenimiento	Área de Mantenimiento	Señalización y rotulado	Asignar un lugar a cada artículo. Asegurar la disponibilidad de uso de cada artículo Asegurarse que cada artículo regrese al lugar asignado
LIMPIEZA	Establecer la limpieza como regla en el área de trabajo.	Jefe y supervisor de mantenimiento	Área de Mantenimiento	Inspecciones de limpieza	Implementar actividades de limpieza dentro del áreas de mantenimiento con la finalidad de mantener el orden Asignar lugar adecuada artículos de limpieza

ESTANDARIZAR	Desarrollar condiciones de trabajo y respetar los procedimientos en el lugar de trabajo.	Jefe y supervisor de mantenimiento	Área de Mantenimiento	Procedimientos de trabajo	Establecer estándares e informar al personal
DISCIPLINA	Convertir en hábito, los procedimientos de las 4 S anteriores.	Jefe y supervisor de mantenimiento	Área de Mantenimiento	Check List de cumplimiento	Fomentar la colaboración del personal de mantenimiento Publicar los resultados de las 5S Mantener la disciplina 5 S

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1. Clasificar

En esta etapa se procede a verificar los almacenes de componentes para identificar aquellos equipos y/o herramientas que se encuentren fuera de servicio o que hayan cumplido su periodo de vida útil.

Para realizar esta clasificación serán necesarios los formatos de tarjetas de color, donde las tarjetas verdes serán utilizadas en el caso de reubicación de un equipo o herramienta y el formato rojo, para seleccionar aquellos objetos que deben devueltos o eliminados.

Tabla 11 *Tarjeta roja*

TARJETA ROJA			
Fecha de Identificación		Tarjeta N°	
Nombre del artículo			
Responsable			
Área			
Cantidad			
Acción			

Observaciones de la Identificación			
Categoría			
Materia Prima		Limpieza	
Equipo o Mobiliario		Producto en Proceso	
Papelería		Desperdicios / Basura	
Herramientas		Cajas / Contenedores	
Maquinaria		Otros	
Producto Terminado			
Objetos Personales			
Motivo			
No se necesita		Material de Desperdicio	
Defectuoso		Contaminante	
No se necesita pronto		Otros	
Uso Desconocido			
Forma de Despacho			
Retirar como desperdicio / basura		Reubicar en almacén	
Vender		Otros	
Reubicar en otra área			
Fecha de Despacho			
Observaciones del Despacho			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 Tarjeta verde

TARJETA VERDE			
Fecha de Identificación		Tarjeta N°	
Nombre del artículo			
Responsable			
Área			
Cantidad			
Acción			
Observaciones de la Identificación			
Categoría			
Materia Prima		Limpieza	
Equipo o Mobiliario		Producto en Proceso	
Papelería		Desperdicios / Basura	

Herramientas	Cajas / Contenedores	
Maquinaria	Otros	
Producto Terminado		
Objetos Personales		
Motivo		
No se necesita	Material de Desperdicio	
Defectuoso	Contaminante	
No se necesita pronto	Otros	
Uso Desconocido		
Forma de Despacho		
Retirar como desperdicio / basura	Reubicar en almacén	
Vender	Otros	
Reubicar en otra área		
Fecha de Despacho		
Observaciones del Despacho		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13 *Caja de Herramientas - Clasificar*

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable		
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial		Situación Propuesta		
				
<p>Comentario: Condición observada: Se observa maleta de herramientas fuera de servicio almacenadas. Medida correctiva: Desechar herramientas fuera de servicio.</p>				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14 *Tecles Clasificar*

Empresa Contratista	FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable	
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final	
Situación Inicial		Situación Propuesta	
			
<p>Comentario: Condición observada: Se observa tecles fuera de servicio almacenados. Medida correctiva: Se clasifica para desechar herramientas fuera de servicio.</p>			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15 Barreras - Clasificar

Empresa Contratista	FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión:
			Fecha:
Área		Responsable	
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final	
Situación Inicial		Situación Propuesta	
			
<p>Comentario: Condición observada: Se observa barreras fuera de servicio almacenadas. Medida correctiva: Se retira barreras fuera de servicio.</p>			

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Ordenar

Consiste en ordenar los artículos necesarios para realizar el trabajo, es decir aquellos componentes, herramientas o equipos utilizados en el mantenimiento preventivo.

A continuación, se detallan las mejoras propuestas respecto a las observaciones dadas y se adjunta la propuesta de distribución de componentes en almacén.

Tabla 16 *Artículos de oficina - Ordenar*

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable		
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial		Situación Propuesta		
				
<p>Comentario: Condición observada: Se encuentra una mochila y artículos de oficina donde deberían ir solo ítem almacenables. Medida correctiva: Retroalimentar a la persona e indicarle que debe mantener un orden para cada cosa y que los andamios del almacén son para ítem almacenables.</p>				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17 EPP - Ordenar

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable		
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial		Situación Propuesta		
				
<p>Comentario: Condición observada: Se encuentra EPP de personal de limpieza mal ubicado Medida Correctiva: Se procede con el retiro hacia casilleros.</p>				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Pertenencias personales - Ordenar

Empresa Contratista	FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S	Versión: Fecha:
---------------------	---	--------------------

Área	Responsable
Fecha de evaluación inicial	Fecha de evaluación final
Situación Inicial	Situación Propuesta
	
<p>Comentario: Condición observada: Se encontró botellas, cascos y toma todo en lugar inadecuado. Medida Correctiva: Solicitar percheros para los cascos y mantener ordenado las bebidas a consumir.</p>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19 *Cajas de agua - Ordenar*

Empresa Contratista	FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable	
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final	

Situación Inicial	Situación Propuesta
	
<p>Comentario: Condición observada: Cajas de agua con inadecuado orden. Medida Correctiva: Ordenar cajas de agua y desechar las que no sirven.</p>	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20 *Materiales - Ordenar*

Empresa Contratista	FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión: Fecha:
Área		Responsable	
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final	
Situación Inicial		Situación Propuesta	



Comentario:

Condición observada: Materiales acopiados sin mantener orden y limpieza.

Medida Correctiva: Se retira materia, colocar cada material en el lugar que le corresponde.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21 *Materiales ordenado*

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión:
Área		Responsable		Fecha:
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial		Situación Propuesta		



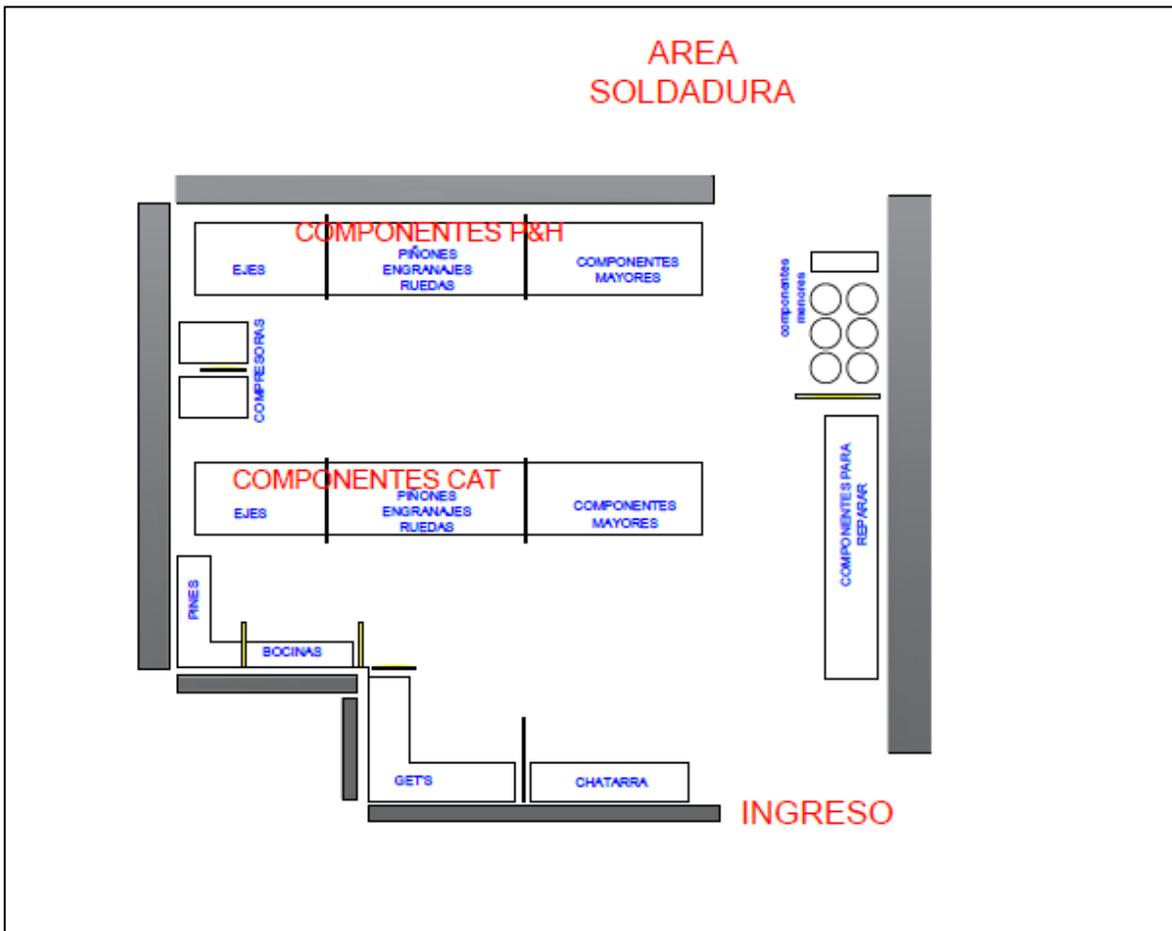
Comentario:

Condición observada: Se encuentran utensilios de comida junto a herramientas de trabajo.
Medida Correctiva: Se hizo un almacenaje correcto, colocar cada material en el lugar que le corresponde.

Fuente: Elaboración Propia

Adicionalmente se realiza la propuesta de orden en el almacén de componentes.

Tabla 22 Componentes - Orden



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Limpieza

Consiste en eliminar el polvo y suciedad del ambiente de trabajo. En esta etapa es importante la verificación visual de ambientes. Además, es necesario tener una frecuencia de limpieza establecida, por lo que se propone un cronograma de limpieza que se adjunta a continuación. (Ver Tablas)

Tabla 23 Mesa de trabajo - Limpieza

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión:
Área		Responsable		Fecha:
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial			Situación Propuesta	
				
<p>Comentario: Condición observada: Se evidencia desorden en la Mesa de Trabajo del área de taller. Medida Correctiva: Se realiza limpieza de coche.</p>				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24 Lockers - Limpieza

Empresa Contratista		FORMATO DE EVALUACIÓN DE MEJORA PARA METODOLOGÍA 5S		Versión:
				Fecha:
Área		Responsable		
Fecha de evaluación inicial		Fecha de evaluación final		
Situación Inicial			Situación Propuesta	
				
<p>Comentario: Condición observada: Se evidencia ropa, zapatos y trapos encima de los lockers. Medida Correctiva: Se realizó la limpieza de lockers.</p>				

Fuente: Elaboración Propia

Además, se realiza un cronograma de limpieza mensual, en el que se especifican cuatro principales actividades, con la finalidad de mantener la limpieza dentro del área de mantenimiento. La aplicación del cronograma es que se pueda mantener la limpieza del área realizándola de manera contante y por pequeños lapsos de tiempos.

Tabla 25 Cronograma de limpieza

IMPLEMENTACION 5 S				Código																												
				Versión																												
CRONOGRAMA LIMPIEZA																																
N°	Actividades	Responsable	Duración	MES																												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	Limpieza de pisos de almacén	Responsable de almacén	20 min																													
2	Limpieza de paredes	Responsable de almacén	20 min																													
3	Limpieza de contenedores	Responsable de almacén	15 min																													
4	Limpieza de estantería	Responsable de almacén	20 min																													

Fuente: Elaboración Propia

5.1.4. Autodisciplina

En esta última etapa se procedió a realizar capacitaciones y campañas de concientización internas para poder concientizar a los colaboradores. De esta manera se refuerza también las propuestas realizadas gracias a la metodología SMED.

5.1.5. Estandarización

Finalizado el proyecto se programa auditorias de seguimiento y mejora continua mensual en el área empleando formatos de control. (Anexos)

Mantener los resultados obtenidos, tomando medidas preventivas en cada una de las primeras 3S.

- Clasificar. Constante monitoreo de objetos fuera de servicio.
- Ordenar. Evitar colocar artículos en un lugar equivocado.
- Limpiar. Evitar que las áreas de trabajo se ensucien e identificar la fuente donde se genera suciedad.

5.2. Metodología SMED

En el siguiente cuadro se describe el plan de acción para la implementación de la metodología SMED, describiendo la acción a ejecutar, los objetivos que persiguen, los encargados, el área de aplicación y el cómo se ejecutará.

5.2.1. Investigar

Se investigó el producto en estudio a fondo (camión 794AC); tomando en cuenta las siguientes fuentes de información técnica y perteneciente a los mantenimientos preventivos.

- Manual de operación y mantenimiento de camión 794AC
- Información ET operaciones de Cuajone y Quellaveco
- Información actualizada de fábrica sobre modelo 794AC.

5.2.2. Crear un equipo

Se conformó un equipo de trabajo; teniendo en consideración las características mencionadas líneas arriba:

- Persona/s con experiencia en la preparación.
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones técnicas
- Persona/s con capacidad para hacer modificaciones organizativas.

En este sentido; el equipo para poder realizar el análisis SMED fue conformado por los siguientes miembros:

- Jefe de Operaciones
- Planificador de Mantenimiento
- Supervisor de operaciones
- Técnico Líder
- Especialista de camiones 794AC
- Monitorista

Las reuniones se realizaron en el área de la empresa contratista, en un ambiente cerrado para evitar las interrupciones; con proyecciones de los hallazgos realizados.

5.2.3. Analizar la actividad sobre la que va a centrar el taller SMED

La tarea a analizar es el mantenimiento preventivo en los camiones 794AC; sobre la cual se pudieron identificar 95 tareas ejecutadas en los PM's, de las cuales se procede a analizar cada una con la finalidad de identificar el tipo de tareas que pueden ser (internas o externas.)

Tabla 26 Actividades antes de SMED

Tarea	Duración Gantt	Personas
<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de pre uso del operador y pre-inspección de equipo</i>	<i>50 mins</i>	<i>6</i>
<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Lavado de máquina</i>	<i>90 mins</i>	<i>2</i>
<i>Traslado de máquina</i>	<i>15 mins</i>	<i>3</i>
<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	<i>40 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	<i>45 mins</i>	<i>2</i>
<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	<i>45 mins</i>	<i>1</i>
<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	<i>35 mins</i>	<i>2</i>
<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	<i>15 mins</i>	<i>2</i>
<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	<i>4 mins</i>	<i>1</i>
<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>

<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
<i>Bloquear la máquina.</i>	<i>20 mins</i>	<i>5</i>
<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	<i>10 mins</i>	<i>2</i>
<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	<i>25 mins</i>	<i>2</i>
<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>
<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico – sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cambiar aceite hidráulico</i>	<i>40 mins</i>	<i>2</i>
<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>

Llenar aceite de mandos finales	25 mins	2
Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).	15 mins	2
Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).	60 mins	1
Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.	10 mins	1
Cambiar respiradores de mandos finales	10 mins	1
Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.	20 mins	2
Intercambiar de tapón de mando de bombas.	15 mins	1
Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.	5 mins	1
Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).	10 mins	1
Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).	10 mins	1
Limpiar los precleaner de aire.	30 mins	2
Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.	10 mins	1
Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).	20 mins	2
Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).	20 mins	2
Revisar/limpiar el gabinete inversor	20 mins	1
Cambiar filtro de aire del gabinete inversor	10 mins	1
Inspeccionar/lubricar rodamiento de motor de pistones de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción	10 mins	1
Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión	20 mins	1
Lubricar rodamientos de generador eléctrico	20 mins	1
Revisar cables eléctricos de alto voltaje	10 mins	1
Limpiar rejilla de retardador eléctrico	10 mins	1
Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador	30 mins	1
Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra	10 mins	1
Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.	2 mins	1
Comprobar la detección falla a tierra	5 mins	1
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.	5 mins	1
Drenar filtro primario del sistema de combustible	2 mins	1
Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible	10 mins	1
Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)	15 mins	1

<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	<i>Mins</i>	<i>1</i>
<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Cebar sistema de combustible</i>	<i>10 mins</i>	<i>2</i>
<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	<i>60 mins</i>	<i>2</i>
<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar los aros</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	<i>45 mins</i>	<i>1</i>
<i>Desbloquear el equipo.</i>	<i>15 mins</i>	<i>5</i>
Total	1646	

Fuente: La Empresa

5.2.4. Separar lo interno de lo externo

En las reuniones del equipo de trabajo después de listar las actividades pertenecientes a los mantenimientos preventivos en los camiones 794AC; se procede a separar las tareas internas y externas como se puede apreciar a continuación.

Se halló un total de 94 actividades catalogadas como internas con un total de 1621 minutos. Cabe recalcar que el procedimiento estándar de mantenimiento preventivo en estos equipos es con maquina apagada, por lo cual el proceso en sí, tiene tareas con maquina apagada.

Tabla 27 *Identificación de tipo de actividad*

TIPO	Tarea	Duración Gantt	Personas
INTERNA	<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	<i>50 mins</i>	<i>6</i>
INTERNA	<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Lavado de máquina</i>	<i>90 mins</i>	<i>2</i>

INTERNA	<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40 mins	1
INTERNA	<i>Inspeccionar pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	20 mins	2
INTERNA	<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	45 mins	2
INTERNA	<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45 mins	1
INTERNA	<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	35 mins	2
INTERNA	<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	30 mins	2
INTERNA	<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	15 mins	2
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5 mins	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5 mins	1
INTERNA	<i>Bloquear la máquina.</i>	20 mins	5
INTERNA	<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	10 mins	2
INTERNA	<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	30 mins	2
INTERNA	<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	25 mins	2
INTERNA	<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	20 mins	2
INTERNA	<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	20 mins	1
INTERNA	<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20 mins	1
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.</i>	30 mins	2
INTERNA	<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	20 mins	1

INTERNA	<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar aceite hidráulico</i>	<i>40 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Llenar aceite de mandos finales</i>	<i>25 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>15 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).</i>	<i>60 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>

INTERNA	<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	<i>30 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>20 mins</i>	<i>2</i>
INTERNA	<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar/lubricar rodamiento de motor de pistones de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	<i>30 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	<i>2 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	<i>5 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	<i>2 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	<i>15 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	<i>10 mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	<i>mins</i>	<i>1</i>
INTERNA	<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	<i>20 mins</i>	<i>1</i>

INTERNA	<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Cebar sistema de combustible</i>	10 mins	2
INTERNA	<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	60 mins	2
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	20 mins	1
INTERNA	<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	15 mins	1
INTERNA	<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Inspeccionar los aros</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	10 mins	1
INTERNA	<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	45 mins	1
INTERNA	<i>Desbloquear el equipo.</i>	15 mins	5
Total		1646	

Fuente: Elaboración Propia

5.2.5. Convertir

Del análisis realizado nos arrojó como resultado, que las actividades internas son 79 con una duración total de 1256 minutos. Mientras que las actividades externas son 15 con un total de 365 minutos. Representando esto una reducción del tiempo de intervención del equipo.

Tabla 28 *Actividades internas*

TIPO	Tarea	Minutos	Personas
INTERNA	<i>Inspección de cámaras CIODS</i>	15	1
INTERNA	<i>Lavado de maquina</i>	90	2
INTERNA	<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	4	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	5	1
INTERNA	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	5	1
INTERNA	<i>Bloquear la máquina.</i>	20	5
INTERNA	<i>Revisar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).</i>	10	2
INTERNA	<i>Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	30	2
INTERNA	<i>Revisar presión y desgaste de frenos delanteros y posteriores</i>	25	2

INTERNA	<i>Inspeccionar frame y tolva</i>	20	2
INTERNA	<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	20	1
INTERNA	<i>Intercambiar tapones magnéticos de rueda delantera RH</i>	20	1
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	10	1
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	10	1
INTERNA	<i>Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.</i>	30	2
INTERNA	<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH y RH</i>	20	1
INTERNA	<i>Limpiar filtro de aire acondicionado.</i>	10	1
INTERNA	<i>Verificar correcto funcionamiento de ventanas eléctricas.</i>	1	1
INTERNA	<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	1	1
INTERNA	<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	10	1
INTERNA	<i>Revisar luces interiores de cabina, direccionales, neblineros, de carretera, de frenos, de retroceso, de motor, escaleras y alarma de retroceso</i>	20	2
INTERNA	<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	1	1
INTERNA	<i>Revisar y/o llenar depósito de grasa de lubricación automática</i>	5	1
INTERNA	<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	5	1
INTERNA	<i>Inspección/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.</i>	10	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador</i>	5	1
INTERNA	<i>Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior</i>	5	1
INTERNA	<i>Cambiar aceite hidráulico</i>	40	2
INTERNA	<i>Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	30	2
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10	1
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	10	1
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	10	1
INTERNA	<i>Llenar aceite de mandos finales</i>	25	2

INTERNA	<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	15	2
INTERNA	<i>Cambia filtros de aceite de mandos finales (LH & RH).</i>	60	1
INTERNA	<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	10	1
INTERNA	<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	20	2
INTERNA	<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	15	1
INTERNA	<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	5	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	10	1
INTERNA	<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	30	2
INTERNA	<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	20	2
INTERNA	<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	20	2
INTERNA	<i>Revisar/limpiar el gabinete inversor</i>	20	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	10	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/lubricar rodamiento de motor de pistones de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	10	1
INTERNA	<i>Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión</i>	20	1
INTERNA	<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	20	1
INTERNA	<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	10	1
INTERNA	<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	10	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	30	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	10	1
INTERNA	<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	2	1
INTERNA	<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	5	1

INTERNA	<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	5	1
INTERNA	<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	2	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>	15	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>	10	1
INTERNA	<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>	20	1
INTERNA	<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>	15	1
INTERNA	<i>Cebiar sistema de combustible</i>	10	2
INTERNA	<i>Cambiar aceite de Motor.</i>	60	2
INTERNA	<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>	20	1
INTERNA	<i>Limpiar/reemplazar respiradero de motor.</i>	10	1
INTERNA	<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>	15	1
INTERNA	<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>	15	1
INTERNA	<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>	10	1
INTERNA	<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>	15	1
INTERNA	<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>	10	1
INTERNA	<i>Inspeccionar los aros</i>	10	1
INTERNA	<i>Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería</i>	10	1
INTERNA	<i>Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	45	1
INTERNA	<i>Desbloquear el equipo.</i>	15	5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29 *Actividades externas*

TIPO	Tarea	Minutos	Personas	Motivo
EXTERNA	<i>Revisar el Gantt, Generar el AST, revisar PET , revisar el formato de preuso del operador y pre-inspección de equipo</i>	50	6	<i>El Gantt y documentos se revisan un día anterior al trabajo</i>
EXTERNA	<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	20	1	<i>La descarga se realiza mientras se traslada el equipo</i>
EXTERNA	<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire acondicionado , timón del conductor, limpiaparabrisas (revisión y llenar tanque)</i>	40	1	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; no contando como tiempo de parada.</i>

EXTERNA	<i>Inspeccionar sensores pines de dirección y barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).</i>	20	2	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; no contando como tiempo de parada.</i>
EXTERNA	<i>Probar sistema de dirección secundario, sistema de dirección y ventilador</i>	45	2	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; con el software ET</i>
EXTERNA	<i>Revisar y probar ventilador de grilla de retardador y de motor</i>	45	1	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; con el software ET</i>
EXTERNA	<i>Realizar prueba de frenos de parqueo, secundario y de servicio</i>	35	2	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; con el software ET</i>
EXTERNA	<i>Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladores de dirección y frenos</i>	30	2	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; con el software ET</i>
EXTERNA	<i>Realizar prueba de sistema de levante y motor</i>	15	2	<i>La inspección se realiza en el traslado del equipo; con el software ET</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	10	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH</i>	15	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	15	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	10	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	10	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>
EXTERNA	<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5	1	<i>Mientras operador da arranque a equipo para traslado a taller.</i>

Fuente: Elaboración Propia

5.2.6. Reducir los tiempos de las actividades internas

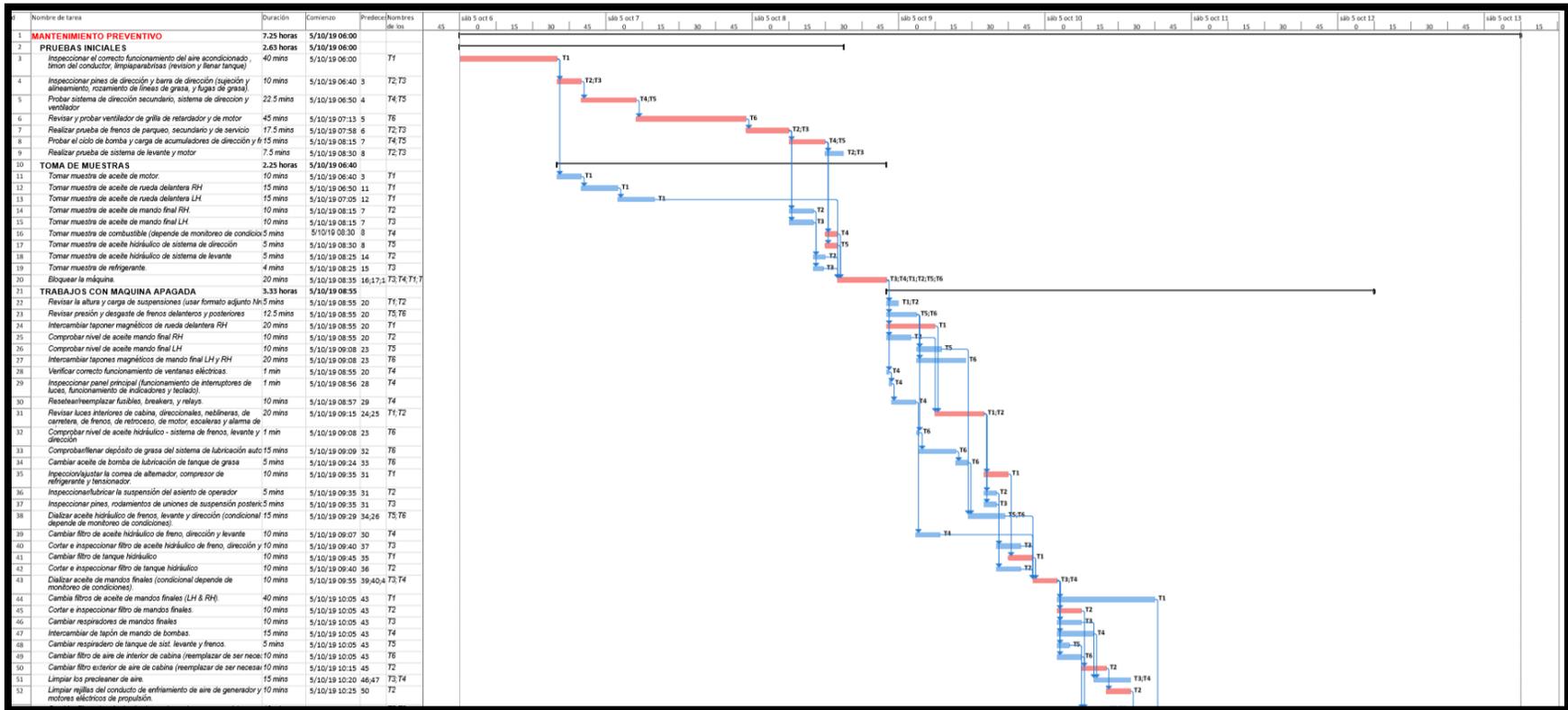
En esta etapa nuevamente el trabajo fue en equipo, teniendo como premisa realizar un diagrama de Gantt, para poder reducir las actividades internas. Propuesta que fue tomada como una buena práctica por parte de otra empresa contratista.

Como primer paso se seleccionó un software para poder realizar el diagrama de Gantt, tomando al Microsoft Project como opción, por el tema de licencia para la empresa y que es compatible con los paquetes de Microsoft.

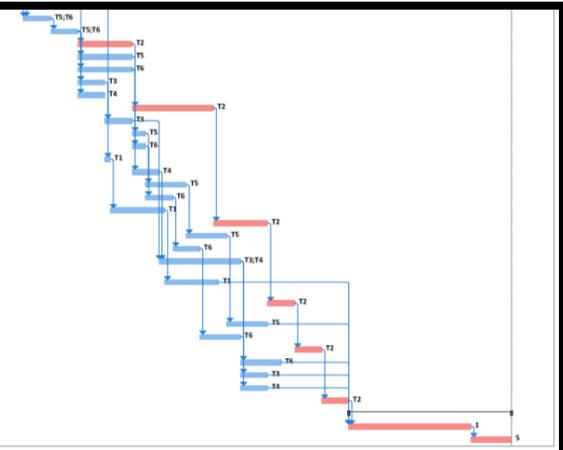
Segundo se colocaron la secuencia de tareas según la experiencia del supervisor de operaciones y el jefe de operaciones.

Se tomó la consideración por parte del departamento de seguridad para evitar exponernos a un riesgo innecesario; a su vez por parte del planificador; se fue estableciendo la secuencia de las tareas en el paquete del software.

Siendo el resultado el Gantt mostrado a continuación.



53	Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).	10 mins	5/10/19 10:15	48,49	T5, T6
54	Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).	10 mins	5/10/19 10:25	53	T5, T6
55	Revisar/limpiar el gabinete inversor	20 mins	5/10/19 10:35	52	T2
56	Lubricar rodamientos de motores eléctricos de propulsión	20 mins	5/10/19 10:35	54	T5
57	Lubricar rodamientos de generador eléctrico	20 mins	5/10/19 10:35	54	T6
58	Revisar cables eléctricos de alto voltaje	10 mins	5/10/19 10:35	54	T3
59	Limpia rejilla de retardador eléctrico	10 mins	5/10/19 10:35	54	T4
60	Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador	30 mins	5/10/19 10:55	55	T2
61	Inspeccionar/limpiar/apretar puntos de cables de puesta a tierra	10 mins	5/10/19 10:45	58	T3
62	Comprobar la detección falla a tierra	5 mins	5/10/19 10:55	56	T5
63	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.	5 mins	5/10/19 10:55	57	T6
64	Drenar filtro primario del sistema de combustible	2 mins	5/10/19 10:45	44	T1
65	Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible	10 mins	5/10/19 10:55	57	T4
66	Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)	15 mins	5/10/19 11:00	62	T5
67	Cambiar filtro secundario de combustible	10 mins	5/10/19 11:00	63	T6
68	Cambiar filtro de sistema de combustible CFM	20 mins	5/10/19 10:47	64	T1
69	Cambiar respirador de tanque de combustible.	20 mins	5/10/19 11:25	60	T2
70	Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tap)	15 mins	5/10/19 11:15	66	T5
71	Cebar sistema de combustible	10 mins	5/10/19 11:10	67	T6
72	Cambiar aceite de motor.	30 mins	5/10/19 11:05	61,65	T3, T4
73	Cambiar filtro de aceite de motor.	20 mins	5/10/19 11:07	68	T1
74	Limpia/reemplazar respiradero de motor.	10 mins	5/10/19 11:45	69	T2
75	Intercambiar de rejilla de filtro.	15 mins	5/10/19 11:30	70	T5
76	Engrasar cardán de mando de bombas	15 mins	5/10/19 11:20	71	T6
77	Reemplazar respiradero de ruedas delanteras	10 mins	5/10/19 11:55	74	T2
78	Lubricar coginete de ventilador de grilla de retardador	15 mins	5/10/19 11:35	76	T6
79	Lubricar mecanismo de escalera eléctrica	10 mins	5/10/19 11:35	72	T3
80	Inspeccionar los arcos	10 mins	5/10/19 11:35	74	T4
81	Inspeccionar/reemplazar batería o cable de batería	10 mins	5/10/19 12:05	77	T2
82	Inspección final	1 hora	5/10/19 12:15		
83	Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención)	45 mins	5/10/19 12:15	78,79,81	
84	Desbloquear el equipo.	15 mins	5/10/19 15:00	83	5



Acorde a lo observado, hemos logrado, disminuir el tiempo de trabajo de 14 horas que tiene en promedio la duración de nuestros PMS a 7.25 horas; siendo este un avance significativo; ya que representa una reducción del **48%**; del tiempo promedio.

Con esta reducción de tiempo podemos proceder a aplicar la mejora propuesta observada en el VSM, que es el AMEF; ya que al tener una brecha de tiempo disponible podemos enfocarnos en lograr una mayor confiabilidad en el equipo, paso importante para lograr nuestros objetivos en indicadores de disponibilidad; MTBF, MTTR; MTF5 y efectividad del PM.

5.3. Metodología AMEF

Después de haber identificado mejoras en los tiempos del mantenimiento preventivo estándar en los camiones 794AC; procedemos a mejorar la efectividad de nuestros mantenimientos preventivos, enfocándonos en el método AMEF; para eliminar las fallas potenciales y también optimizar los indicadores en la performance de los camiones durante su operación

5.3.1. Plan de mejoras AMEF actual.

5.3.1.1. Falla #01: Neumáticos

En el caso de los neumáticos se realizó una reunión con el personal de NEUMA y con el cliente SPCC; en la cual se definieron los siguientes puntos respecto a la cantidad de fallas por llantas en el periodo de evaluación:

- Se realiza la revisión y corrección de la convergencia de los neumáticos en los equipos del contrato MARC 794AC
- Se llega a un acuerdo, que las inspecciones de neumáticos se realicen al momento de abastecimiento de combustible para no incurrir en paradas innecesarias;
- Así mismo se informará en las reuniones semanales de planeamiento para considerar la rotación o cambio de llantas después del mantenimiento programado. (En caso de encontrarse una condición)

5.3.1.2. Falla # 02: Faros de luces halógenos

Debido a la cantidad de cambios por faros de luces halógenos, además de las constantes paradas en campo por observaciones del cliente, se opta por la compra de un paquete de 12 luces LED, ya probadas en anteriores equipos con buenos resultados y aceptación por parte de los operadores de camión.

5.3.1.3. **Falla # 03: Harness y conectores con falso contacto**

La cantidad de fallas en conectores en los equipos en evaluación, fueron evaluados por el equipo de trabajo del contrato MARC, decidiendo hacer la compra de **maletas de protectores de conectores eléctricos** para así hacer una campaña de protección de conectores eléctricos de los equipos 794AC, siendo una estrategia de benchmarking aplicada en otros contratos MARC, teniendo buenos resultados, como se mostrará líneas abajo.

5.3.1.4. **Falla # 04: Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado LH**

Ante la gran cantidad de fallas por el harness del lado izquierdo del motor, se consulta con el especialista y se encuentra un documento de fábrica, el cual indica que como medida preventiva este harness debe cambiarse cada 7000 horas, no habiéndose considerado en estos equipos, por lo cual se realiza el reemplazo del harness.

5.3.2. **Resultados de mejoras AMEF**

5.3.2.1. **MTBF de las fallas analizadas**

Se muestran a continuación los MTBFS de las principales fallas, después de la aplicación de las mejoras hechas en la parte de arriba, en los camiones 794AC

Neumáticos:

$$MTBF \text{ Falla } \#01 = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2567}{30} = 85$$

Faros luces halógenos:

$$MTBF \text{ Falla } \#02 = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2567}{2} = 1284$$

Harness y conectores con falso contacto, contaminación con tierra y/o agua:

$$MTBF \text{ Falla } \#03 = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2567}{6} = 428$$

Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado izquierdo:

$$MTBF \text{ Falla \#04} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2567}{1} = 2567$$

5.3.2.2. MTTR de las fallas analizadas

Se muestran a continuación los MTTRS de las principales fallas, después de la aplicación de las mejoras hechas en la parte de arriba, en los camiones 794AC

Neumáticos:

$$MTTR \text{ Falla \#01} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{40}{30} = 1.33$$

Faros luces halógenos:

$$MTTR \text{ Falla \#02} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{2.2}{2} = 1.1$$

Harness y conectores con falso contacto, contaminación con tierra y/o agua:

$$MTTR \text{ Falla \#03} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{9}{8} = 1.13$$

Códigos frecuentes por eventos de falla de harness lado izquierdo:

$$MTTR \text{ Falla \#04} = \frac{\text{Horas de paradas}}{\text{Nro de paradas Correctivas}} = \frac{5}{1} = 5$$

5.3.3. AMEF Situación propuesta

Después de la aplicación de las mejoras mencionadas líneas arriba, procederemos a mostrar el cuadro del AMEF final.

AMEF DE EQUIPO 797F-60			Análisis del modo y efecto de falla						
			AMEF NRO 002						
Proveedor Afectado		Descripción	Nombre del equipo:		MARCA: CATERPILLAR				
					MODELO: 797F				
Descripción del equipo	Función de equipo	Modo de Falla	Efecto de falla	Causa de Falla	Acciones propuestas	Situación Actual			
						P	S	D	RPN
CAMION DE ACARREO DE MINERAL 797F-60 MARCA CATERPILLAR	Traslado de carga de mineral desde zona de tajo de mina hacia chancadora primaria y/u otro punto designado	Neumaticos	Desgaste de neumaticos, cortes en llantas, impacto, entre otros	Inspeccion reactiva de personal de neuma, falta de retiro de piedras oportuno en neumaticos , toma de presiones reactiva en campo	Inspeccion y retiro de piedras en zona de grifo, coordinacion y emision de informes presentados en reunion semanal de planemamiento	4	7	3	84
		Luces halogenas	Luces halogenas con fallas, incomodidad del operador al estar en la maquina, falta de seguridad al momento de traslado del equipo a punto designado	Luces halogenas y bulbos no son adecuados para las condiciones en la mina Toquepala.	Cambio de bulbos por Luces LED en el equipo	5	6	2	60
		Conectores del sistema electrico	Fallas por falso contacto de conectores, limpieza de conector, conector en mal estado o con falla	Conectores expuestos a condiciones de polvo, agua, entre otros propios del ambiente del tajo de la mina, conectores expuestos a contaminación por fugas de aceite, entre otros propios de horas de trabajo del equipo	Durante ingreso de equipo a PM, se realiza la instalación de protectores de conectores del sistema electrico, y en campo cuando se realiza el cambio o limpieza, se instala el protector correspondiente	4	4	6	96
		Harness lado izquierdo de motor	Falso contacto de conectores de harness, señal de alarma de falla de motor nivel 02	Tiempo de vida util superado (7000 horas)	Se realiza el cambio del harness de motor lado izquierdo cada 7000 horas, y se tiene como stock de seguridad 2 unidades como minimo en almacen	3	6	5	90

6. CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

6.1. Evaluación técnica

6.1.1. Indicadores de mantenimiento – estado propuesto

- En la evaluación de resultados desde el punto de vista técnico; utilizaremos los indicadores MTBF, MTTR y disponibilidad
- Los meses que se evalúan para los resultados son de enero a junio, teniendo como las horas de performance las siguientes.

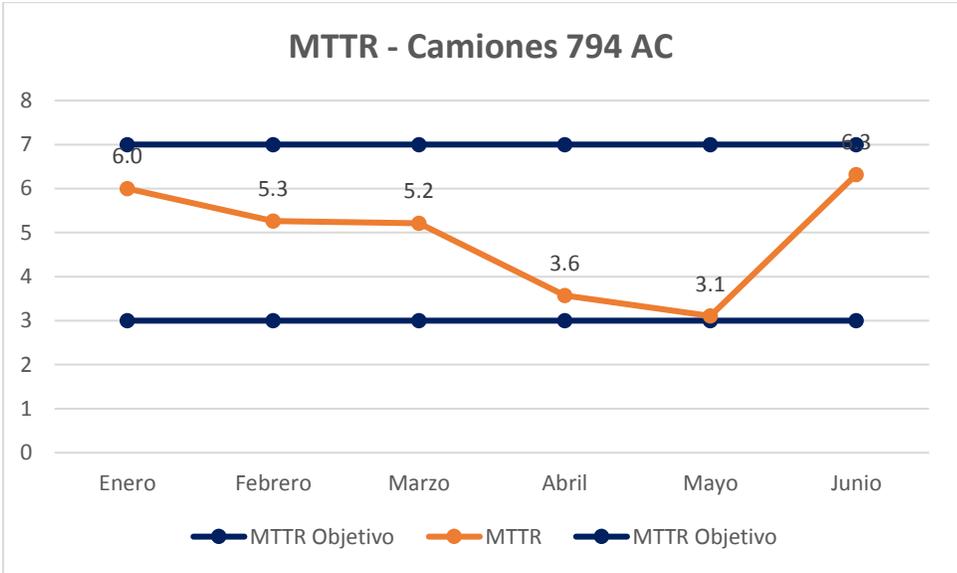
MESES	HRAS. OPERACIONES	M. NO PROGRAMADO	M. PROGRAMADO	NRO DE PARADAS
Enero	2592	234	50	57
Febrero	2430	200	28	51
Marzo	2283	130	114	25
Abril	2650	146	84	47
Mayo	2836	93	47	30
Junio	2608	196	76	31

- Los indicadores de performance para la evaluación en los meses de enero a junio son los siguientes:

Meses	Disponibilidad	MTTR	MTBF
Enero	90.13%	4.1	45.5
Febrero	91.42%	3.9	47.7
Marzo	90.33%	5.2	91.3
Abril	92.02%	3.1	56.4
Mayo	95.28%	3.1	94.5
Junio	90.55%	6.3	84.1

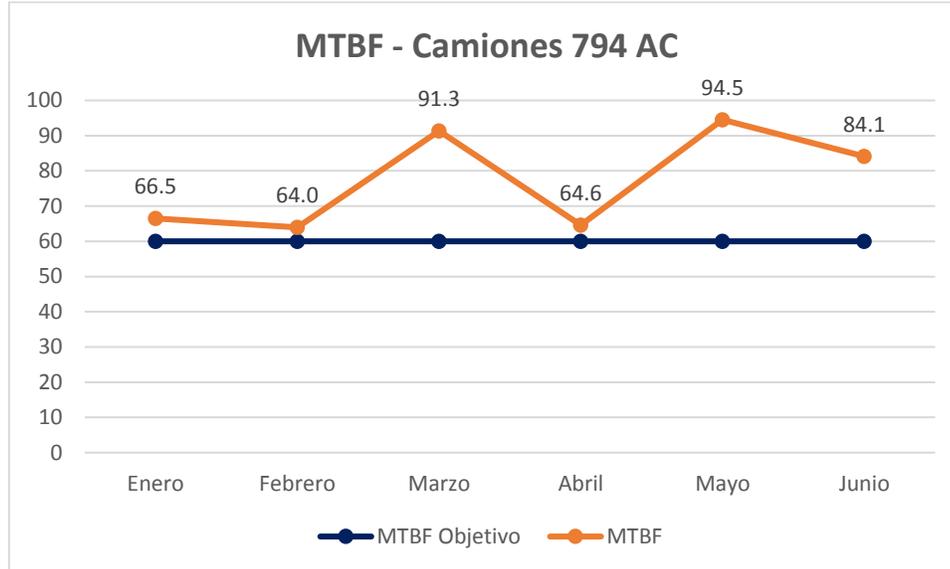
6.1.2. Análisis de resultados

MTTR



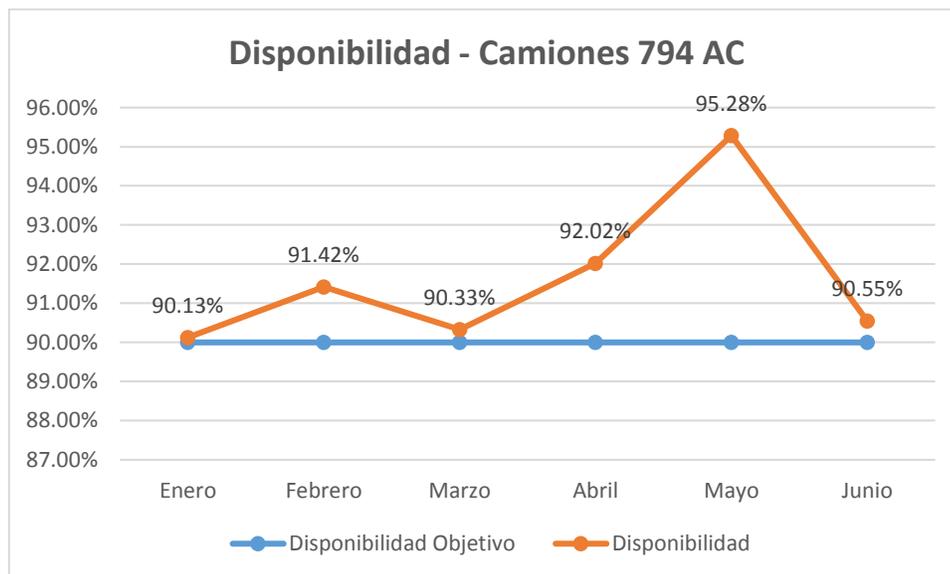
Podemos apreciar que los MTTR en los meses de evaluación de aplicación de la propuesta se encuentran dentro del rango establecido; siendo en un inicio altos, por el análisis de las fallas, bajando a un nivel aceptable en los siguientes meses; y terminando nuevamente alto, por el ciclo constante de evaluaciones que se aplicaran.

MTBF



Los MTBF son mayores que el límite mínimo, siendo mayores que los mostrados en el estado actual; ayudando a generar una mayor confiabilidad en el equipo durante su tiempo de operación.

Disponibilidad



Las disponibilidades se encuentran por encima de la meta establecida de 90%; demostrando la efectividad de la aplicación de los mantenimientos preventivos; optimizando el tiempo de aplicación del PM.

6.1.3. Comparación pre y post implementación

Finalmente se observa que para cada caso es distinto, pues existe tanto reducción de tiempos como incrementos. A continuación, se describe cada uno de los casos:

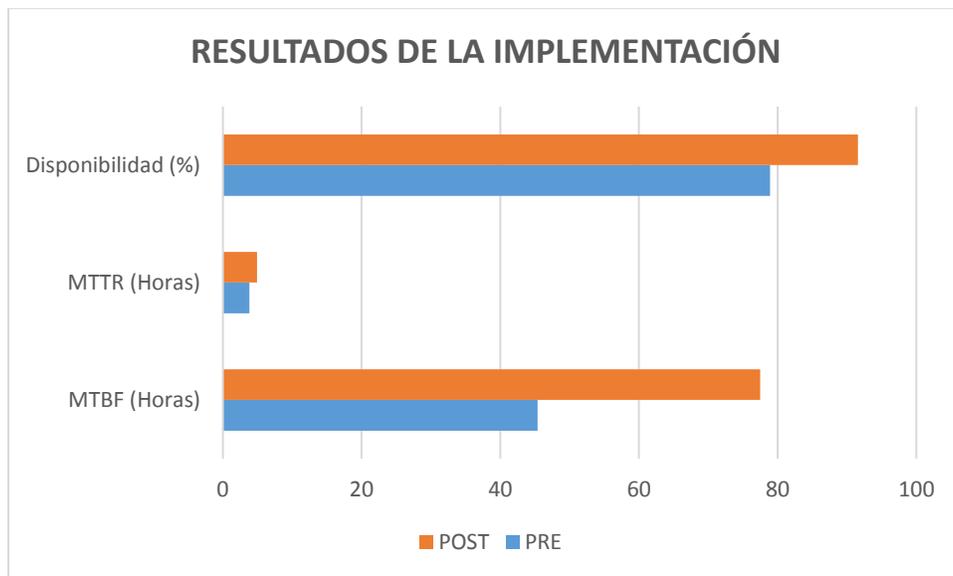
- En el caso del tiempo medio entre fallas (MTBF), se observa un incremento sustancial en la cantidad de horas; pudiendo evidenciar que los mantenimientos preventivos están siendo efectivos, no solo absorbiendo lo básico del manual, sino también aprovechando la parada para analizar fallas potenciales (top five), generando una mayor confiabilidad.
- Para el caso del tiempo promedio para reparar (MTTR), se observa que los tiempos se incrementaron, indicando que ahora hay un mayor análisis de fallas en las paradas de los equipos; este indicador, se debe analizar en forma conjunta con el MTBF; a través de la disponibilidad; sin embargo, se mantiene dentro de los parámetros
- En el caso la disponibilidad se observa un mayor porcentaje; siendo esto interpretado como un mayor tiempo que el equipo está disponible para el área de operaciones; estando por encima de la meta de 90%. Este resultado es un claro reflejo de los resultados de la aplicación de las propuestas de mejora analizadas en el presente trabajo.

Tabla 30 *Pre y Post implementación*

PRE		POST	
794 AC	PRE	794 AC	POST
MTBF (Horas)	45.4	MTBF (Horas)	77.5
MTTR (Horas)	3.8	MTTR (Horas)	4.9
Disponibilidad (%)	78.9%	Disponibilidad (%)	91.6%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 26 Resultados de la implementación



Fuente: Elaboración Propia

6.2. Evaluación Económica

6.2.1. Costos

En la tabla siguiente se presenta el costo de Mano de obra, para esto se consideró el costo de S/ 65, 500.00 mensuales.

Tabla 31 Costo Mano de Obra

Personal Administrativo	Cantidad	Sueldo - mes (c/u)
Planificador	4	S/. 5,000.00
Monitorista	4	S/. 3,500.00
Asistente de planeamiento	4	S/. 2,500.00
Especialista	4	S/. 3,500.00
Supervisor de seguridad	2	S/. 4,500.00
Supervisor de Planeamiento	1	S/. 8,000.00
Asistente administrativo	2	S/. 3,500.00

Supervisor Administrativo	1	S/.	6,500.00
Supervisor de operaciones	4	S/.	6,500.00
Jefe de operaciones	1	S/.	9,000.00
Superintendente	1	S/.	13,000.00
TOTAL		S/.	65,500.00

Fuente: Elaboración Propia

Además, se consideran como costos indirectos, los costos por alojamiento, alimentos, transporte, servicio de limpieza

Tabla 32 Costos indirectos

Personal Administrativo	Costos Indirectos
	S/.
TOTAL	32,123.52

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2. Ingresos

Los ingresos fueron segmentados únicamente para la flota de camiones 794 AC.

Tabla 33 Ingresos

Período	Ingreso por Servicios (\$)	Ingreso por Servicios (S/)
ENERO	\$96,152	S/.
FEBRERO	\$110,348	S/.
MARZO	\$107,557	S/.
ABRIL	\$107,759	S/.
MAYO	\$107,316	S/.
JUNIO	\$100,027	S/.
JULIO	\$103,645	S/.
AGOSTO	\$98,408	S/.
SEPTIEMBRE	\$106,859	S/.
OCTUBRE	\$95,825	S/.
NOVIEMBRE	\$95,005	S/.
DICIEMBRE	\$89,283	S/.
TOTAL	\$1,218,184	S/.

Fuente: Elaboración Propia

6.2.3. Inversión

Para la inversión del proyecto, se consideran los costos de capacitación a planificadores, asistentes, supervisores y técnicos en el área de mantenimiento.

Tabla 34 *Inversión*

Capacitaciones	costo unitario	cantidad	costo total
Capacitaciones supervisión	15000	3	45000
Capacitaciones planeamiento	15000	5	75000
Capacitaciones de especialidad CRP	42000	4	168000
Capacitaciones a técnicos	52500	6	315000
TOTAL			S/ 603, 000.00

Fuente: Elaboración Propia

6.2.4. Indicadores económicos

El proyecto presenta un VAN resultante es de S/. 1,260,428.59 con lo que se concluye la implementación de lean Manufacturing genera beneficios para la empresa.

El proyecto presenta una TIR del 139 % que es mayor al COK de 11%, por lo tanto, es aceptable. Además, al ser mayor a cero, el proyecto devuelve el capital invertido más una ganancia, por ello se concluye que el proyecto también es rentable.

Tabla 35 *Indicadores económicos*

COK	11%
VAN	S/. 1,260,428.59
TIR	139%

Fuente: Elaboración Propia

7. CONCLUSIONES

- Se determinó la situación actual de la empresa contratista en estudio, a través de herramientas de ingeniería industrial como: diagramas de análisis de procesos, Ishikawa, análisis FODA, pudiendo identificar la problemática que enfrenta la empresa debido a que no se aplican correctamente los procedimientos establecidos para realizar el mantenimiento al camión minero 794 AC.
- Se pudieron identificar mudas en el proceso de mantenimiento gracias a la herramienta Value Stream Mapping, donde se identificó que la empresa minera incurre en exceso de costos en la ejecución de sus PM, puesto que puede extenderse hasta las 14 horas.
- Se concluye que la implementación de la metodología 5 S proporciona mejoras respecto al orden y limpieza, además de lograr ejecutar las medidas correctivas planteadas.
- Se concluye que la implementación de la metodología SMED; permitió disminuir el tiempo de aplicación del mantenimiento preventivo estándar de un tiempo de 14 horas a 7.25 horas. Mejorando el indicador de disponibilidad al reducir el tiempo de aplicación de mantenimiento preventivo.
- Se concluye que mediante la implementación del método AMEF durante los mantenimientos preventivos; tomándolo como una estrategia de aprovechamiento de tiempo y oportunidad de parada; se pudieron mantener dentro de los límites especificados los MTTR y logrando un mayor tiempo en los MTBF; traduciéndose en una mayor confiabilidad a través de la optimización de los mantenimientos preventivos.
- Se concluye que el proyecto es económicamente viable, pues se tiene un VAN S/.1,260,428.59, lo que resulta beneficioso para la empresa minera.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mediciones en tiempos de alistamiento en otros equipos de la planta para replicar la metodología SMED
- Se recomienda el reconocimiento visual, como la utilización de periódicos murales donde se dé a conocer los logros de los colaboradores.
- Se recomienda a la empresa minera en estudio, la creación de instancias en las que los colaboradores puedan presentar sus ideas de mejora y aportes, pues actualmente se puede estar desperdiciando el potencial de los trabajadores del área de mantenimiento.
- Es recomendable para la empresa, la implementación de un equipo constante Lean, donde se pueda identificar aquellas mudas o desperdicios que puedan presentarse a futuro.
- Otra recomendación es medir los alistamientos de las maquina donde se aplicó SMED para sostener en el tiempo la mejora aplicada.
- Se recomienda mantener el AMEF, como herramienta para análisis y eliminación de fallas potenciales que perjudican los indicadores de mantenimiento.

9. BIBLIOGRAFIA

- Amendola, L. (2017). Indicadores de Confiabilidad y propulsores en la gestión del Mantenimiento. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Andrea, C. (2017). Teoría General del Mantenimiento y de la fiabilidad. Cantabria: Open Course ware.
- Benítez, M. (2013). Análisis y mejora de los procedimientos de una empresa eléctrica. Madrid.
- Benitez, M. (s.f.). ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE VALUE STREAM MAPPING. Obtenido de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30176/fichero/03_Capitulo+3%252FIntroduccion+al+Lean+Manufacturing.pdf
- Bonilla, K. (2014). Obtenido de <https://prezi.com/swd5n4qmmdne/control-de-inventarios-mediante-el-tamano-de-lote/>
- Botero, C. (1993). ResearchGate. Recuperado el 04 de Agosto de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/321353976_Manual_de_mantenimiento_Parte_I_que_es_el_mantenimiento
- Cabrera, R. (2013). Manual de Lean Manufacturing. Lima.
- Cardenas, K. (2019). Propuesta de mejora a través de herramientas de lean manufacturing aplicadas a la línea de transformación de intercambiadores de calor en una empresa manufacturera (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Chang, E. (2008). Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una empresa del rubro minero para reducir costos de servicios de alquiler. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Chang, E. (2008). Propuesta de modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una empresa del rubro minero para reducir costos de servicios de alquiler (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

- Choque, A. (2019). Incremento de la productividad en una planta liofilizadora y deshidratadora de la empresa Agroindustrial la Joya, a través de una propuesta de mejora (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Cruz, A. (2016). Obtenido de <https://www.gembaacademy.com/blog/es/2016/12/16/que-son-y-como-calcular-el-tiempo-de-ciclo-cycle-time-takt-time-y-tiempo-de-espera-lead-time-1>
- Dávalos, G. (2015), Aplicación de herramientas de manufacturing para el área de producción y la influencia en la rentabilidad de la empresa de producción Nacional TC EIRL (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.
- Díaz del Castillo, F. (2009). La manufactura esbelta. Cuautitlán Izcalli.
- Espin, F. (2013). Técnica SMED, reducción del tiempo de preparación. 3 Ciencias, 11.
- Giannasi, E. (2012). Instituto Nacional de tecnología industrial . Obtenido de <http://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/Desperdicios%20de%20la%20producci%C3%B3n-%20Ef.%20Em..pdf>
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Importancia.org. (2020). Importancia.org. Recuperado el 04 de Agosto de 2020, de <https://www.importancia.org/mantenimiento.php>
- ISO 9001. (s.f.). Obtenido de <http://iso9001calidad.com/definicion-de-terminos-586.html>
- LeanManufacturing10. (s.f.). Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/takt-time-tiempo-ciclo-definicion-ejemplos>
- Molina, A. (2016), Herramientas de Lean Manufacturing en los procesos de un centro de distribución con el objetivo de incrementar la productividad (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Cuautitlán Izcalli.
- MTM Ingenieros. (2019). Obtenido de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-lead-time/>

- Muda Master. (2020). Value Stream Mapping (VSM). Obtenido de <https://www.mudamasters.com/en/lean-toolbox-lean-production/value-stream-mapping-vsm>
- Nieto, E. (2013). Mantenimiento Industrial práctico. Cataluña: Fidestec Ediciones.
- Nolasco, S. (12 de Febrero de 2014). Sideshare. Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de <https://pt.slideshare.net/saoryy/tiempos-medios-para-entre-y-reparar-fallas-mtbf-mttf-mttr/2>
- Ortiz, J. (2020). Planificación de Acciones 5S's. Madrid.
- PDCA Home. (s.f.). Cómo implantar un Mapa de la Cadena de Valor o Value Stream Mapping en nuestras organizaciones. Obtenido de <https://www.pdcahome.com/4706/como-implantar-un-mapeo-de-cadena-de-valor-o-value-stream-mapping-en-nuestras-organizaciones/>
- Pierotic, C. (2018). Implementación de metodología Lean Manufacturing en una empresa de servicios enfocada a un objetivo (tesis de pregrado): Universidad técnica Federico Santa María, Valparaiso.
- Prevencionar. (s.f). Prevencionar.com. Recuperado el 03 de Agosto de 2020, de <http://uprl.unizar.es/informacion/anteriores/2017/5sordenlimpieza.pdf>
- Ramos, S., & Buenaño, J. (2016). Diseño de un plan de acción de mejora basado en herramientas SMED y 5'S para disminuir tiempos de camio de referencia. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura.
- Rodríguez, J. (2010). “Manual de las 5s estrategia de gestión para la mejora continua”, 1era Edición, editorial Agencia de Cooperación Internacional del Japón.
- Rojas, A., & Soler, V. (2017). Lean Manufacturing: Herramienta para mejorar la productividad en las empresas. 3C Empresa, 116-124.
- SIGconsulting. (2018). Metodología de las 5 S's. Lima.
- Wyngaard, G. (2011). Programa 5S. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Mar de Plata.

Zamora, L. (2018). Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento para incrementar la productividad en el molino San Fernando de Lambayeque, 2018 (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo.

10. GLOSARIO DE TERMINOS

- **Backlog:** Es una condición que tiene potencial de falla.
- **Mejoras críticas (MCRI):** Son aquellas mejoras que se deben aplicar de forma inmediata ya que corresponden a la seguridad del trabajador y/o la máquina, tienen prioridad sobre cualquier otra mejora, los costos en los que incurre ésta mejora puede ser asumidos por Caterpillar y/o la empresa.
- **Mejoras estándar (MSTD):** Son mejoras de mediana prioridad, los costos en los que incurre ésta mejora puede ser asumidos por CAT, dealer o el Cliente.
- **OT:** “Orden de trabajo”, tarea programada que se crea en el sistema.
- **Falla potencial:** Es la probabilidad de ocurrencia de un desperfecto
- **Componentes Mayores:** Componentes considerados como principales para el funcionamiento de una máquina y que son reparables.
- **Check list de inspección:** formato estructurado por modelo de máquina, usado para anotar la inspección realizada en campo o taller.
- **VSM:** Value Stream Mapping
- **WIP:** Work in process, ots generadas para levantamiento de garantías
- **TAT:** Tiempo de reparación de componentes

11. ANEXOS



Coordinaciones y seguimiento área de seguridad

VERIFICACION Y CAMBIO DE CONTACTORES

SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

EQUIPO:	_____	LIDER:	_____
FECHA:	_____	SUPERVISOR:	_____
HOROMETRO:	_____	PM:	_____

Seguridad

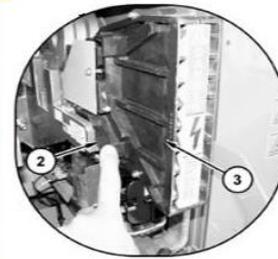
El equipo debera estar parqueado, bloqueado y desenergizado (seguir el procedimiento para desenergizar el sistema electrico del equipo)

Evaluacion de tips de contactores de retardo.

1. Retirar la tapa de acceso a los contactores
2. Retirar el supresor de arco presionando el resorte
3. Verificar el desgaste de los tips, un uso normal muestra signos de



1



2

4. Si se encuentra desgaste disperejo ya sea en la parte movil o estacionaria es necesario cambiar ambos tips (parte movil y estacionaria), Marcar los contactos moviles para evitar el intercambio.



Desgaste Parejo



Desgaste Excesivo (cambio)

Descripcion
CONTACTOR 1 (DCP - CNP)
CONTACTOR 1 (DCN - CNN)

Cambio (Si / No)

OBSERVACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

MEDICION DE AISLAMIENTO

SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

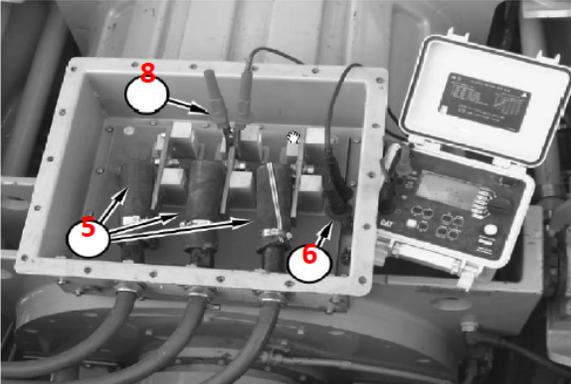
EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

Seguridad

El equipo debera estar parqueado, bloqueado y desenergizado (seguir el procedimiento para desenergizarel sistema electrico del equipo)

Aislamiento generador

1. El equipo debera estar con la tolva levantada (asegurar la tolva).
2. Remover la tapa superior del generador
3. Una vez retirada la tapa usar el medidor de alto voltaje y asegurarse que n
4. Retirar los pernos de las conexiones, (importantmantener el orden de los



5. Aislar con una cubierta los terminales de los cables para que estos no teng
6. Conectar el terminal negro del Megger en chasis
7. Conectar el terminal verde del Megger en chasis
8. Conectar el terminal rojo en una terminal de fase
9. Setear el Megger en 1000V y presionar TEST
10. Esperar 30Seg del megado y presionar TEST
11. Registrar el resultado de la medicion.
12. Repetir el procedimiento a partir del paso 6, para realizar la medicion de megado entre fases e individualmente cada uno vs tierra
12. Esperar que el generador se descargue (esperar que el simbolo desaparezca)
13. Desconectar y ajustar los terminales a 54.20 Nm (40 lb ft)



Descripcion	Resultado esperado	Medicion realizada
Fase A - GND	>2M Ω	
Fase B - GND	>2M Ω	
Fase C -GND	>2M Ω	
Fase A - B	>2M Ω	
Fase B - C	>2M Ω	
Fase A - C	>2M Ω	

OBSERVACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

MEDICION DE AISLAMIENTO

SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

EQUIPO:	_____	LIDER:	_____
FECHA:	_____	SUPERVISOR:	_____
HOROMETRO:	_____	PM:	_____

Seguridad

El equipo debera estar parqueado, bloqueado y desenergizado (seguir el procedimiento para desenergizar el sistema electrico del equipo)

Aislamiento excitador

1. En la parte frontal del generador, desconectar el conector de 4 pines.

2. Con uso del multmetro asegurarse que no existe voltaje en el generador. Medir entre los terminales

6. Conectar el terminal negro del Megger en chasis

7. Conectar el terminal verde del Megger en chasis

8. Conectar el terminal rojo en el terminal "A" del excitador

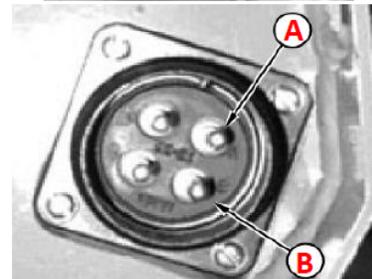
9. Setear el Megger en 500V y presionar TEST

10. Esperar 30Seg del megado y presionar TEST

11. Registrar el resultado de la medicion.

12. Esperar que el generador se descargue (esperar que el simbolo

13. Desconectar y reconectar el conector de 4 pines.



Descripcion
Excitador

Resultado esperado
>2M Ω

Medicion realizada

OBSERVACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

MEDICION DE AISLAMIENTO

SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

Seguridad

El equipo debera estar parqueado, bloqueado y desenergizado (seguir el procedimiento para desenergizar el sistema electrico del equipo)

Aislamiento Motor de traccion

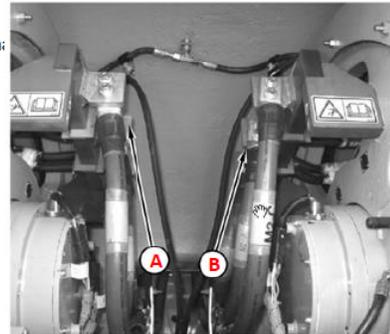
1. En la parte posterior del equipo retirar la tapa de acceso a los motores



3. Asegurarse que no existe voltaje en el motor. Medir entre las fases y vs tierra (chasis)

4. Retirar los pernos de las conexiones, (importantemantener el orden de los washers para la reinstalación).

5. Aislar con una cubierta los terminales de los cables para que estos no tengan contacto con n:



6. Conectar el terminal negro del Megger en chasis

7. Conectar el terminal verde del Megger en chasis

8. Conectar el terminal rojo del Megger en una fase del motor

9. Setear el Megger en 2500V y presionar TEST

10. Esperar 30Seg del megado y presionar TEST

11. Registrar el resultado de la medicion.

12. Repetir el procedimiento a partir del paso 6, para realizar la medicion de megado entre fases e individualmente

cada uno vs tierra

13. Esperar que el generador se descargue (esperar que el simbolo



14. Desconectar y ajustar los terminales a 54.20 Nm (40 lb ft)

MOTOR 1

Descripcion	Resultado esperado	Medicion realizada
Fase A - GND	>2MΩ	
Fase B - GND	>2MΩ	
Fase C -GND	>2MΩ	
Fase A - B	>2MΩ	
Fase B - C	>2MΩ	
Fase A - C	>2MΩ	

MOTOR 2

Descripcion

Fase A - GND

Fase B - GND

Fase C -GND

Fase A - B

Fase B - C

Fase A - C

Resultado esperado

>2M Ω

>2M Ω

>2M Ω

>2M Ω

>2M Ω

>2M Ω

Medicion realizada

OBSERVACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

CONTROL DE LAVADO DE EQUIPO

INSTRUCCIONES
 1.- Llene los datos solicitados
 2.- Ponga un \checkmark si se hizo.
 3.- Ponga una X si no se hizo y comente.
 4.- Llame al Supervisor o Lider al terminar.

Equipo: _____ Superv Lavadero: _____
 Horometro: _____ Lavador 1: _____
 Fecha: _____ Lavador 2: _____
 H. de Inicio: _____ Tecnico 1: _____
 H. de Fin: _____

EPP: CASCO, LENTES, RESPIRADOR, CARETA FACIAL, ROPA IMPERMEABLE, GUANTES Y BOTAS DE JEBE.
Seguridad: Realizar PST, autorizacion de manejo de equipo, vigias, colocar seguro de tolva, bloqueo de equipo y usos de tacos de seguridad
Inspeccionar: Operatividad de los cañones, prestion de bombas, mangueras y plataforma de lavado antes de ingresar el equipo al lavado

ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO	OBSERVACIONES
5	Posicionamiento de maquina en bahía de lavado			
6	Proteger respiradero del tanque de transmisión y convertidor			
7	Proteger respiradero del tanque del sistema hidráulico			
8	Proteger respiradero del tanque de combustible			
9	Proteger el sistema CIODS delantero			
10	Proteger el sistema CIODS posterior			
11	Proteger control de E.STAT			
12	Proteger ECM de motor			
13	Proteger Gabinet inversor			
14	Proteger Parrilla de retardo (Gabinete inversor)			
15	Proteger gabinete ECMs			
16	Proteger guarda salida de alimentacion cables 3Ø generador			
17	Proteger ventana de salida de ventilacion power train ubicada en la funda posterior			
18	Retirar tapas de los pre – cleaners			
19	aplicación de desengrasante a las zonas con grasa y aceite.			
20	Lavado de tolva			
21	Lavado de zona frontal de la maquina (Radiador y Attac)			
22	Lavado de pre – cleaners			
23	Lavado de zona izquierda de la maquina			
24	Lavado de filtro hidráulicos y tanque combustible			
25	Lavado de zona posterior de la maquina			
26	Lavado de zona derecha de la maquina			
27	Lavado de filtros hidraulicos enfriadores y tanque.			
28	Lavado de barras y rotulas de dirección (aplicación de desengrasante)			
29	Lavado de filtro de carga convertidor y filtro de freno de parqueo.			
30	Lavado de zona derecha del motor			
31	Lavado de zona izquierda del motor			
32	Lavado de ruedas delanteras parte interna y externa.			
33	Lavado de zona superior del motor			
34	Lavado de zona superior de transmisión			
35	Lavado de compartimiento de baterías			
36	Lavado de zona superior de la maquina			
37	Inspección final de lavado de maquina			

 NOMBRE Y FIRMA CONFORMIDAD
 DEL LIDER DE PM's

 NOMBRE Y FIRMA CONFORMIDAD
 DEL SUPERVISOR TURNO

CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR C175-16

794AC_PM

Codigo del Equipo	
Horometro de inspeccion	

No de serie de Maquina.	
No. De serie del Motor	

No. De Workorder	Fecha de ejecucion			Tec. Lider
	Dia:	Mes:	Año:	Tecnico 1

REGISTRO DE CALIBRACIÓN.

CILINDRO	ADMISION		ESCAPE	
	ENCONTRADO	CALIBRADO	ENCONTRADO	CALIBRADO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

OBSERVACIONES.

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

MEDICION DE DESGASTE DE FRENOS 794AC

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

Nota: En caso de tener el medidor BIRRANA retirarlos para utilizar el medidor 5P-9726. Volver a dejar el medidor en su sitio después de la prueba.

Nota: Realizar este procedimiento con los bloques en las ruedas delanteras para evitar el desplazamiento del equipo. Durante la prueba no accionar el pedal de freno de servicio ni la palanca del retardador.

Medición Del Desgaste Frenos Delanteros y Posteriores Con Medidores Permanentes - Estándar

Antes de realizar la comprobación del desgaste de frenos, realizar el procedimiento de instalación y ajuste por primera y única vez (KSNR8738-01), esta se debe realizar en las siguientes situaciones: cada vez que se entregue un equipo nuevo, se cambie ruedas, se cambie y /o se repare un paquete de freno.

PASOS DE MEDICION:

1. Con el motor apagado y el freno de estacionamiento conectado, quite la tapa (A) del indicador de desgaste del freno.
2. Empuje la varilla del indicador (B) hasta que haga contacto con el pistón del freno (C).

Nota: Si el extremo de la varilla (B) está alineada con el buje espiga (D) o si el extremo de la varilla (B) se encuentra por debajo del extremo del buje espiga (D), entonces el material del freno excedió la vida útil. Si el material del freno excedió la vida útil, reemplace los discos de freno.

3. Después de comprobar el desgaste del freno, tire la varilla (B) hacia atrás, instalar la tapa (A) que se quitó en el paso 1, y apriete la tapa (A) a un par de 34 ± 4 N-m (300 ± 35 lb-pulg).

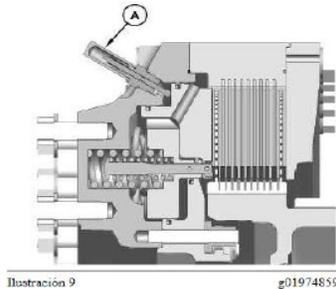


Ilustración 9 g01974859

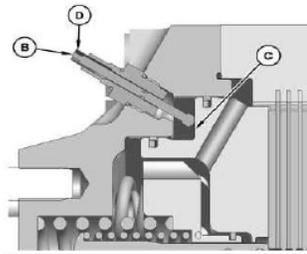


Ilustración 10 g01975094
Vista típica de discos de freno desgastados

Registrar si se encontró la carrera de la varilla (B) por debajo del extremo del buje espiga (D).		
	Freno Delantero Izquierdo	Freno delantero derecho
NO		
SI		

Herramientas necesarias			
Cant.	Número de pieza	Descripción	Rueda
2	348-8322	Grupo Indicador de Desgaste del Freno	Rueda delantera
2	348-8323	Grupo Indicador de Desgaste del Freno	Rueda trasera

Medición Del Desgaste Frenos Delanteros y Posteriores Con Medidores Permanentes - Larga Duracion

01), esta se debe realizar en las siguientes situaciones: cada vez que se entregue un equipo nuevo, se cambie ruedas, se cambie y /o se repare un paquete de freno.

PASOS DE MEDICION:

1. Mientras el motor esté apagado y el freno de estacionamiento esté conectado, quite la tapa (A) del indicador de desgaste del freno.
2. Empuje la varilla indicadora (B) hasta que haga contacto con el pistón del freno (C).

Nota: Si el extremo de la varilla (B) está al ras con el buje espiga (D) o si el extremo de la varilla (B) se encuentra por debajo del extremo del buje espiga (D), entonces el material de frenado ha excedido la vida útil. Si el material del freno ha excedido la vida útil, reemplace los discos de freno.

3. Después de comprobar el desgaste del freno, tire la varilla (B) hacia atrás, instalar la tapa (A) que se quitó en el paso 1, y apriete la tapa (A) a un par de 34 ± 4 N-m (300 ± 35 lb-pulg).

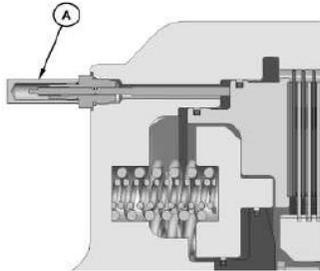


Ilustración 9 g01979795
Vista típica de un indicador de desgaste de freno instalado

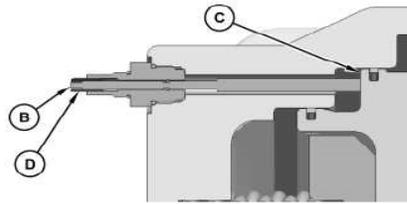


Ilustración 10 g01979777
Vista típica de discos de freno desgastados

extremo del buje espiga (D).

Herramientas requeridas

	Freno Delantero Izquierdo	Freno delantero derecho
NO		
SI		

Cant.	Número de pieza	Descripción	Freno
2	348-6962	Indicador de desgaste del freno	Sólo para frenos delanteros
2	348-6963	Indicador de desgaste del freno	Sólo para frenos posteriores

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

TEST SISTEMA ELECTRICO, SISTEMA DE AIRE Y MUESTRAS ACEITES

Task Record

794AC_PM

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

SISTEMA ELECTRICO

Status	Descripción	Especificación	Actual	Comentarios
	INSPECCIÓN DE CABLES Y BATERIAS	Cables entre la batería, arrancador y el cable tierra al motor que tenga la correcta medida. Cables libre de corrosión . Los cables deben estar debidamente sujetos con clamp para prevenir fatigas en los conectores de la batería.		
	PRUEBA DE LA BATERIA	12.4 VDC a mas		Refer to Special Instruction, SEHS7631
	PRUEBA DEL SISTEMA DE CARGA	18 VDC a 32 VDC		Refer to Special Instruction, RFHS0354
	PRUEBA DEL SISTEMA DE ARRANQUE	12 to 16 V at -23° C (-10° F) to -7° C (19° F)		Refer to Testing and Adjusting, KENR9188, "Electric Starting System".
		14 to 18 V at -7° C (19° F) to 10° C (50° F)		
		16 to 24 V at 10° C (50° F) to 27° C (80° F)		

(1) N = Normal, S = Seguimiento, C = Critico

Status	Descripción	Obtenido	Comentario
	OBTENER MUESTRA REFRIGERANTE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		
	OBTENER MUESTRA DE MANDOS		
	OBTENER MUESTRA DE ACEITE DE MOTOR		
	OBTENER MUESTRA DE ACEITE DE RUEDAS DELANTERAS		
	OBTENER MUESTRA DEL SISTEMA HIDRAULICO - SISTEMA DE FRENOS , LEVANTE , DIRECCION Y VENTILADOR		

(1) N = Normal, S = Seguimiento, C = Critico

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

TEST DE MOTOR 794AC

Task Record
794AC_PM

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

Evaluación de Motor C175 - 16		
Descripción	Especificación	Valor medido
Velocidad de motor baja en vacío	700 rpm	
velocidad de motor alta en vacío	1960 rpm	
Presión de bomba de transferencia (Baja en vacío)	703 Kpa (102 psi)	
Presión de riel de combustible (Baja en vacío)	68947 Kpa (10000 psi)	
Presión de aceite de motor (Baja en vacío)	280 Kpa (40psi) valor mínimo permitido	
Presión de aceite de motor (Alta en vacío)	500 Kpa (73 psi)-700 Kpa (102 psi)	
Temperatura de refrigerante de motor	75-90 °C	
Velocidad de motor en calado	1800 rpm	
Presión de refuerzo (IMAP) de cada banco	138 ± 14 Kpa (20 ± 2 psi)	
Diferencia de presión de refuerzo entre bancos(IMAP)	< 10.34 Kpa (1.5psi)	
Temperatura de gases de escape	< 650 °C	
Diferencia de temperatura de escape (Rh-Lh)	< 15 °C	
Posición de FCV	39-48 %	
Presión de riel de combustible	> 124100 Kpa (18000 psi)	
Presión de entrada en la bomba de transferencia (abs)	> 48 Kpa (7psi)	
Presión de combustible	> 760 Kpa (110 psi)	

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

TEST SISTEMA LEVANTE 794 AC

Task Record

794AC_PM

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____



Prueba	Especificación	Valor real	VALOR AJUSTADO
Dispositivo de levantamiento (Temperatura del aceite)	Superior a 60 °C (Superior a 140 °F)		
Desplazamiento de los cilindros de levantamiento	6,40 mm (0,25 pulg) según el tiempo especificado(1)		
SUBIR		1. _____	
Tiempo del dispositivo de levantamiento a velocidad alta en vacío	23,5 segundos a 1.800 rpm del motor a nivel del mar. Hasta 29 segundos a alta altitud (presión ambiente de referencia en manómetro -42 kPa (-6,1 lb/pulg2) a 1.500 rpm del motor)	2. _____	
		3. _____	
		Promedio	
BAJAR		1. _____	
Tiempo del dispositivo de levantamiento a velocidad alta en vacío	17,5 segundos a 1.800 rpm del motor	2. _____	
		3. _____	
		Promedio	
POSICIÓN LIBRE		1. _____	
Tiempo del dispositivo de levantamiento a velocidad alta en vacío	21,4 segundos a 1.800 rpm del motor	2. _____	
		3. _____	
		Promedio	
Presión piloto de la válvula del dispositivo de levantamiento	4.500 ± 345 kPa (650 ± 50 lb/pulg2)	Velocidad baja en Velocidad alta en	
SUBIR		Toma de la bomba del dispositivo de levantamiento	
Presión a velocidad alta en vacío	17.237 ± 345 kPa (2.500 ± 50 lb/pulg2)	VALOR:	
BAJAR		Toma de la bomba del dispositivo de levantamiento	
Presión a velocidad alta en vacío	3.799 kPa (551 lb/pulg2) (máximo)	VALOR:	
POSICIÓN FIJA			
Presión de enfriamiento de los frenos a velocidad alta en vacío	Inferior a 790 kPa (115 lb/pulg2); temperatura del aceite superior a 90 °C (194 °F)		
POSICIÓN LIBRE			
Presión de enfriamiento de los frenos a velocidad alta en vacío	Inferior a 790 kPa (115 lb/pulg2); temperatura del aceite superior a 90 °C (194 °F)		

Haga funcionar el motor a velocidad alta en vacío y anote los datos observados en las tablas proporcionadas.

La varilla del sensor de posición de la caja debe desconectarse de la caja, y el sensor de posición de la caja debe girarse a la posición de SUBIDA antes de que se pueda probar la presión de alivio de BAJADA.

NOTA: TODOS LOS VALORES DESVIADOS DEBEN SER AJUSTADOS Y LLENAR EN CASILLERO "VALOR AJUSTADO"

PARA AJUSTAR VALORES RECURRA A MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN UBICADO EN TALLER

OBSERVACIONES :

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

TEST SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FAN FLOTA 794 AC

Task Record
794AC_PM

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____

PRUEBA	ESPECIFICACIONES	ACTUAL	VALOR AJUSTADO
Temperatura del aceite de la dirección durante las pruebas	60 °C (14 °F) < T° < 121 °C (250 °F)		
El volante de dirección gira de tope a tope a velocidad alta en vacío con todos los frenos desconectados (giro a 1 revolución por segundo).(1) 5-6 vueltas	Izquierda a derecha	Derecha a izquierda	
	1	1	
	2	2	
	3	3	
	Promedio	Promedio	
Presión de corte de la bomba	24.131 ± 345 kPa(3.500 ± 50 lb/pulg2)		
Ajuste de presión para la válvula de retención y de alivio del múltiple de la dirección(2)	26.269 ± 345 kPa(4.100 ± 50 lb/pulg2)		
Ajuste de presión de la válvula de alivio del amplificador de la dirección(2)	18.271 ± 345 kPa(2.650 ± 50 lb/pulg2)		
Presión de carga de nitrógeno para el acumulador de la dirección(3)	10.342 ± 345 kPa(1.500 ± 50 lb/pulg2)		
Presión del sistema de dirección	24.131 ± 345 kPa(3.500 ± 50 lb/pulg2)		

- (1) 11 segundos
 (2) Use una prueba de banco para determinar el ajuste de presión de esta válvula antes de realizar cualquier ajuste.
 (3) La especificación de esta presión depende de la temperatura ambiente. Vea la tabla en Pruebas y Ajustes, "Acumulador de la dirección - Probar y Ajustar".

Temperaturas de control del ventilador hidráulico				
Temperaturas durante la prueba				
Posenfriador	Agua de las camisas	Aceite de la dirección	Accite del motor	Freno

Nota: Valores son tomados de DL en operación

Prueba de anulación de velocidad del ventilador hidráulico				
Velocidad de anulación del ventilador	Velocidad real del ventilador A Velocidad baja en vacío	Presión de la bomba A Velocidad baja en vacío	Velocidad real del ventilador A Velocidad alta en vacío	Presión de la bomba A Velocidad alta en vacío
Desconecte el solenoide.	255 rpm a 700 rpm del motor	4.116 kPa (597 lb/pulg2) a nivel del mar	650 rpm a 1.800 rpm del motor	25.924 kPa (3.760 lb/pulg2) a nivel del mar

Nota: Valores son tomados de DL en operación

Ventilador hidráulico Corte de presión alta	
Velocidad del motor a baja en vacío	Presión de la bomba

Válvula de alivio (dirección)

[View Image](#)

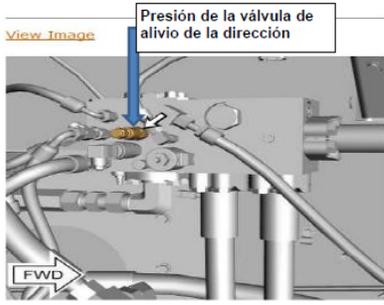
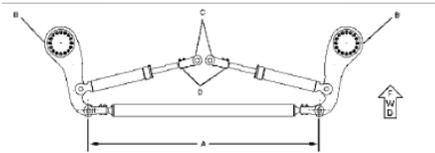


Ilustración 9 g03672412

La válvula de alivio de la dirección está montada en el múltiple de control de la dirección.

Alinear rueda delantera (Divergencia correcta)



- Dimensión 1
 Vista superior del bastidor de dirección
 (A) 4.660,00 mm (183,50")
 (B) Parte plana del brazo de dirección
 (C) Horquilla
 (D) Puntos

1. Asegúrese de que la parte plana del brazo de dirección (B) esté paralela a la superficie de la punta de eje.
2. Asegúrese de que la distancia de pasador a pasador sea de 4.660,00 mm (183,50") antes de la base en el ajuste.
3. Enrosque la horquilla (C) en la varilla tanto como sea posible y, luego, desentorquela la horquilla (C) media vuelta.
4. Apriete los cascos puntos (D).

NOTA : TODOS LOS VALORES DESVIADOS DEBEN SER AJUSTADOS Y LLENAR EN CASILLERO "VALOR AJUSTADO"
 PARA AJUSTAR VALORES RECURRA A MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENCIÓN UBICADO EN TALLER

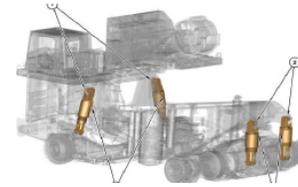
OBSERVACIONES :

INSPECCION ALTURA Y CARGA DE SUSPENSIONES 794 AC

Task Record

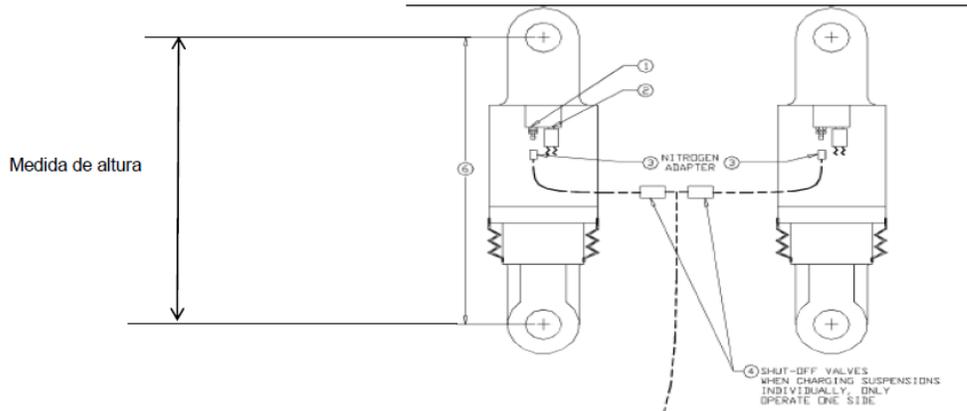
794AC_PM

EQUIPO: _____	LIDER: _____
FECHA: _____	SUPERVISOR: _____
HOROMETRO: _____	PM: _____



Altura de la amortiguación para el cilindro de suspensión		ALTURA DE CROMADO	
SUSPENSIONES	ESPECIFICADO	VALOR	Valor ajustado
DELANTERA DERECHA	1755 ± 13 mm (69,1 ± 0,5 pulg)		
DELANTERA IZQUIERDA	1755 ± 13 mm (69,1 ± 0,5 pulg)		
TRASERA DERECHA	1570 ± 13 mm (61,81 ± 0,5 pulg)		
TRASERA IZQUIERDA	1570 ± 13 mm (61,81 ± 0,5 pulg)		

PRESIONES		Verificar en el Advisor	
SUSPENSIONES	ESPECIFICADO	VALOR	Valor ajustado
DELANTERA DERECHA	600 +/- 5 psi		
DELANTERA IZQUIERDA	600 +/- 5 psi		
TRASERA DERECHA	600 +/- 5 psi		
TRASERA IZQUIERDA	600 +/- 5 psi		



OBSERVACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL TECNICO

NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR

								Duración					
								P	P	P	P	P	P
								M	M	M	M	M	M
								1	2	3	4	5	6
Orden	Tarea	Tarea Gantt	Duración Gantt	Duración Minutos	Personas	Frecuencia	Duración .						
Iniciales	1	Revisar el gantt		10 mins	10	5		10	10	10	10	10	10
Iniciales	2	Generar el AST y revisar PET		10 mins	10	5		10	10	10	10	10	10
Iniciales	3	Revisar el formato de preuso del operador		10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10
Iniciales	4	Posicionamiento de máquina en zona de pruebas		5 mins	5	2		5	5	5	5	5	5
Inspecciones	5	Inspeccionar pines de dirección (tuercas, exceso o falta de grasa, juegos y rozamiento de líneas de grasa)		10 mins	10	2		10		10		10	
Inspecciones	6	Inspeccionar pines de dirección con ultrasonido.		40 mins	40	2		40					40
Inspecciones	7	Inspeccionar barra de dirección (sujeción y alineamiento, rozamiento de líneas de grasa, y fugas de grasa).		10 mins	10	2			10		10		10

Inspecciones	8	Probar sistema de dirección secundario (formato xxxx)	30 mins	30	2		30	30	30	30	30	30
Inspecciones	9	Inspeccionar ventilador de grilla de retardador	30 mins	30	1		30		30		30	
Inspecciones	10	Inspeccionar ventilador de motor	15 mins	15	1		15	15	15	15	15	15
Pruebas	11	Realizar prueba de sistema de dirección y ventilador (usar formato adjunto XXXX).	15 mins	15	2		15	15	15	15	15	15
Pruebas	12	Realizar prueba de frenos de parqueo (formato XXXX)	5 mins	5	2		5	5	5	5	5	5
Pruebas	13	Realizar prueba de frenos secundario (formato XXXX)	15 mins	15	2		15	15	15	15	15	15
Pruebas	14	Realizar prueba de frenos de servicio (formato XXXX)	15 mins	15	2		15	15	15	15	15	15
Inspecciones	15	Inspeccionar la altura y carga de suspensiones (usar formato adjunto Nro. 5).	3 mins	3	2		3	3	3	3	3	3

Estrat égica	16	Lubricar rodamiento de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción	30 mins	30	2		30	30	30	30	30	30
Prueb as	17	Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladore s de dirección (usar formato adjunto XXXX).	15 mins	15	2		15	15	15	15	15	15
Prueb as	18	Probar el ciclo de bomba y carga de acumuladore s de frenos (usar formato adjunto XXXX).	15 mins	15	2		15	15	15	15	15	15
Inspe ccion es	19	Revisar presión y desgaste de frenos delanteros (usar formato adjunto Nro. 12).	10 mins	10	2		10	10	10	10	10	10
Inspe ccion es	20	Revisar presión y desgaste de frenos posteriores (usar formato adjunto Nro. 12).	15 mins	15	2			15				15
Prueb as	21	Realizar prueba de sistema de levante (usar	10 mins	10	2		10	10	10	10	10	10

Pruebas		<i>formato adjunto XXXX).</i>											
	22	<i>Realizar prueba de motor (usar formato adjunto Nro. XXXX).</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>1</i>		<i>5</i>						
Iniciales	23	<i>Alto revisión y firma del supervisor.</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>1</i>		<i>5</i>						
Iniciales	24	<i>Recepcionar equipo en bahía de lavado.</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>2</i>		<i>5</i>						
Iniciales	25	<i>Inspeccionar máquina antes de lavado (usar formato adjunto Nro. XXXXX).</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>2</i>		<i>10</i>						
Iniciales	26	<i>Lavar máquina (usar formato de lavado Nro. 2).</i>	<i>60 mins</i>	<i>60</i>	<i>2</i>		<i>60</i>						
Iniciales	27	<i>Trasladar la máquina de la zona de lavado a la bahía de mantenimiento o a cargo de un operador de mina, un posicionador de bahía y un posicionador de ruedas y mandos finales.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>3</i>		<i>10</i>						
Iniciales	28	<i>Delimitar el área lateral lado</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>4</i>		<i>5</i>						

		<i>izquierdo y derecho de trabajo con soportes y con cinta de advertencia color amarillo.</i>										
Inspecciones	29	<i>Inspeccionar fríame y tolva</i>	<i>20 mins</i>	20	2			20		20		20
Inspecciones	30	<i>Inspeccionar/limpiar país de soporte del fríame y tolva</i>	<i>10 mins</i>	10	2				10			10
Inspecciones	31	<i>Comprobar nivel de aceite de las rueda delantera derecha.</i>	<i>2 mins</i>	2	1			2	2	2	2	2
Estratégica	32	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera RH.</i>	<i>10 mins</i>	10	1			10		10		10
Estratégica	33	<i>Comprobar nivel de aceite de las rueda delantera izquierda.</i>	<i>2 mins</i>	2	1			2	2	2	2	2
Estratégica	34	<i>Tomar muestra de aceite de rueda delantera LH.</i>	<i>10 mins</i>	10	1			10		10		10
Estratégica	35	<i>Drenar aceite de ruedas delanteras.</i>	<i>10 mins</i>	10	1			10		10		10
Estratégica	36	<i>Intercambiar tapones magnéticos</i>	<i>10 mins</i>	10	1			10		10		10

		<i>de rueda delantera RH</i>											
Estrat égica	37	<i>Revisar tapones magnéticos de rueda delantera LH</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	38	<i>Comprobar nivel de aceite mando final RH</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	39	<i>Tomar muestra de aceite de mando final RH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	40	<i>Comprobar nivel de aceite mando final LH</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	41	<i>Tomar muestra de aceite de mando final LH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	42	<i>Drenar aceite de los mandos finales, incluye los dos mandos finales.</i>	<i>30 mins</i>	<i>30</i>	<i>2</i>								<i>30</i>
Estrat égica	44	<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final LH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Estrat égica	45	<i>Intercambiar tapones magnéticos de mando final RH.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>		<i>10</i>			<i>10</i>
Inspe ccion es	46	<i>Inspeccionar el correcto funcionamiento del aire</i>	<i>3 mins</i>	<i>3</i>	<i>1</i>			<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>

		<i>acondicionado (verificar correcto funcionamiento, velocidad de soplador de aire).</i>										
Estratégica	47	<i>Limpia filtro de aire acondicionado.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>			<i>10</i>		<i>10</i>		<i>10</i>	
Inspecciones	48	<i>Inspeccionar timón de conductor (revisar excesivo juego y funcionamiento de claxon).</i>	<i>2 mins</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
Inspecciones	49	<i>Inspeccionar la estructura de la jaula antivuelco (ROPS)</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>			<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
Pruebas	50	<i>Probar funcionamiento de limpiaparabrisas de cabina (revisar estado de brazo, plumilla y funcionamiento de lava parabrisas).</i>	<i>2 mins</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
Estratégica	51	<i>Rellenar el tanque de líquido limpiaparabrisas</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>1</i>		<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
Inspecciones	52	<i>Verificar correcto funcionamiento de</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

		<i>ventanas eléctricas.</i>											
Inspecciones	53	<i>Inspeccionar panel principal (funcionamiento de interruptores de luces, funcionamiento de indicadores y teclado).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Estratégica	54	<i>Resetear/reemplazar fusibles, breakers, y relays.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>				<i>10</i>	<i>10</i>			<i>10</i>	
Inspecciones	55	<i>Revisar luces interiores de cabina (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Inspecciones	56	<i>Revisar luces direccionales (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
Inspecciones	57	<i>Revisar luces neblineros (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>2</i>		<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

Inspecciones	58	Revisar luces de carretera (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1
Inspecciones	59	Revisar luces de frenos (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1
Inspecciones	60	Revisar luces de retroceso (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1
Inspecciones	61	Revisar alarma de retroceso.	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1
Inspecciones	62	Revisar luces de motor (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y soportes rotos).	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1
Inspecciones	63	Revisar luces de escalera (micas rotas, focos quemados, harness sueltos y	1 mins	1	2		1	1	1	1	1	1

		<i>soportes rotos).</i>												
Estrat égica	64	<i>Bajar información electrónica VIMS y ET</i>	<i>15 mins</i>	<i>15</i>	<i>1</i>		<i>15</i>							
Estrat égica	65	<i>Comprobar nivel de tanque de agua del limpiaparabrisas.</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>1</i>							
Estrat égica	66	<i>Comprobar nivel de aceite de motor.</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>1</i>							
Estrat égica	67	<i>Tomar muestra de aceite de motor.</i>	<i>3 mins</i>	<i>3</i>	<i>1</i>		<i>3</i>							
Estrat égica	68	<i>Comprobar nivel de aceite hidráulico - sistema de frenos, levante y dirección</i>	<i>1 mins</i>	<i>1</i>	<i>1</i>		<i>1</i>							
Estrat égica	69	<i>Comprobar nivel de Refrigerante.</i>	<i>2 mins</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		<i>2</i>							
Estrat égica	70	<i>Tomar muestra de refrigerante.</i>	<i>2 mins</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		<i>2</i>			<i>2</i>			<i>2</i>	<i>2</i>
Estrat égica	71	<i>Comprobar/llenar depósito de grasa del sistema de lubricación automática.</i>	<i>15 mins</i>	<i>15</i>	<i>1</i>		<i>15</i>							
Estrat égica	72	<i>Revisar nivel de aceite de bomba de lubricación</i>	<i>2 mins</i>	<i>2</i>	<i>1</i>				<i>2</i>					<i>2</i>

		<i>de tanque de grasa</i>											
Estrat égica	73	<i>Cambiar aceite de bomba de lubricación de tanque de grasa</i>	5 mins	5	1								5
Estrat égica	74	<i>Tomar muestra de combustible (depende de monitoreo de condiciones).</i>	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Inspe ccion es	75	<i>Inspeccionar cables, pines y accesorios de aseguramiento de tolva (alambres y seguros rotos).</i>	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Estrat égica	76	<i>Instalar cable de retención de tolva.</i>	5 mins	5	2		5	5	5	5	5	5	5
Inicia les	77	<i>Apagar motor</i>	1 mins	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Inicia les	78	<i>Alto revisión y firma del supervisor.</i>	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Inicia les	79	<i>Bloquear la máquina.</i>	3 mins	3	5		3	3	3	3	3	3	3
Inicia les	80	<i>Alto revisión y firma del supervisor.</i>	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Inicia les	81	<i>Delimitar el área de trabajo con soportes y con cinta de advertencia color amarillo</i>	2 mins	2	4		2	2	2	2	2	2	2

Inspecciones	82	Inspeccionar equipo (usar formato de inspección Nro. XXXX).	120 mins	120	1		120	120	120	120	120	120
Inspecciones	83	Inspeccionar/reemplazar mangueras y abrazaderas	30 mins	30	2		30	30	30	30	30	30
Inspecciones	84	Inspeccionar/ajustar la correa de alternador, compresor de refrigerante y tensionador.	10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10
Inspecciones	85	Inspeccionar/lubricar la suspensión del asiento de operador	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5
Inspecciones	86	Inspeccionar pines, rodamientos de uniones de suspensión posterior	5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5
Estratégica		Cambiar aceite hidráulico	40 mins	40			40	40	40	40	40	40
Estratégica	87	Dializar aceite hidráulico de frenos, levante y dirección (condicional depende de monitoreo de condiciones).	30 mins	30	2		30	30	30	30	30	30
Estratégica	88	Cambiar filtro de aceite hidráulico de freno,	10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10

		<i>dirección y levante</i>											
Estrat égica	89	<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite hidráulico de freno, dirección y levante</i>	<i>10 mins</i>	10			10		10			10	
Estrat égica	90	<i>Cambiar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10				10
Estrat égica	95	<i>Cortar e inspeccionar filtro de tanque hidráulico</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10				10
Estrat égica	91	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de dirección</i>	<i>5 mins</i>	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Estrat égica	92	<i>Tomar muestra de aceite hidráulico de sistema de levante</i>	<i>5 mins</i>	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Estrat égica	93	<i>Llenar aceite de mandos finales</i>	<i>25 mins</i>	25	2								25
Estrat égica	94	<i>Dializar aceite de mandos finales (condicional depende de monitoreo de condiciones).</i>	<i>15 mins</i>	15	2		15	15	15	15	15		
Estrat égica	96	<i>Cambia filtros de aceite de mandos</i>	<i>60 mins</i>	60	1				60				60

		<i> finales (LH & RH).</i>											
Estrat égica	97	<i>Cortar e inspeccionar filtro de mandos finales.</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>				<i>10</i>				<i>10</i>
Estrat égica	98	<i>Cambiar respiradores de mandos finales</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>				<i>10</i>				<i>10</i>
Estrat égica	99	<i>Llenar aceite de ruedas delanteras, incluye las dos ruedas.</i>	<i>20 mins</i>	<i>20</i>	<i>2</i>			<i>20</i>		<i>20</i>			<i>20</i>
Estrat égica	100	<i>Intercambiar de tapón de mando de bombas.</i>	<i>15 mins</i>	<i>15</i>	<i>1</i>			<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>
Estrat égica	101	<i>Cambiar respiradero de tanque de sist. levante y frenos.</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>1</i>			<i>5</i>		<i>5</i>		<i>5</i>	
Estrat égica	102	<i>Limpiar el interior de la cabina.</i>	<i>20 mins</i>	<i>20</i>	<i>1</i>			<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>20</i>
Inspeccion es	103	<i>Inspeccionar cinturón de seguridad</i>	<i>5 mins</i>	<i>5</i>	<i>1</i>			<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>
Estrat égica	104	<i>Cambiar filtro de aire de interior de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>				<i>10</i>	
Estrat égica	105	<i>Cambiar filtro exterior de aire de cabina (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>			<i>10</i>				<i>10</i>	

Estrat égica	10 6	<i>Limpiar los precleaner de aire.</i>	<i>30 mins</i>	30	2			30			30	
Estrat égica	10 7	<i>Limpiar rejillas del conducto de enfriamiento de aire de generador y motores eléctricos de propulsión.</i>	<i>10 mins</i>	10	1				10			10
Estrat égica	10 8	<i>Cambiar filtro primario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>20 mins</i>	20	2				20			
Estrat égica	10 9	<i>Cambiar filtro secundario de aire (reemplazar de ser necesario).</i>	<i>20 mins</i>	20	2				20			
Estrat égica	11 0	<i>Revisar/limpi ar el gabinete inversor</i>	<i>20 mins</i>	20	1			20		20		20
Estrat égica	11 1	<i>Cambiar filtro de aire del gabinete inversor</i>	<i>10 mins</i>	10	1			10		10		10
Estrat égica	11 2	<i>Inspeccionar/ lubricar rodamiento de motor de pistones de ventilador de gabinete inversor y motores de tracción</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10			10
Estrat égica	11 3	<i>Lubricar rodamientos de motores</i>	<i>20 mins</i>	20	1				20			

		<i>eléctricos de propulsión</i>											
Estrat égica	11 4	<i>Lubricar rodamientos de generador eléctrico</i>	<i>20 mins</i>	20	1					20			
Estrat égica	11 5	<i>Revisar cables eléctricos de alto voltaje</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10		10		
Estrat égica	11 6	<i>Limpiar rejilla de retardador eléctrico</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10		10		
Estrat égica	11 8	<i>Inspeccionar/reemplazar contactos de retardador</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10		10		
Estrat égica	11 7	<i>Inspeccionar/limpiar/apretar pernos de cables de puesta a tierra</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10		10		10		
Estrat égica	11 9	<i>Comprobar funcionamiento de las 02 luces de activación de inversor.</i>	<i>2 mins</i>	2	1		2	2	2	2	2	2	2
Estrat égica	12 0	<i>Comprobar la detección falla a tierra</i>	<i>5 mins</i>	5	1			5		5		5	
Estrat égica	12 1	<i>Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.</i>	<i>5 mins</i>	5	1		5	5	5	5	5	5	5
Estrat égica	12 2	<i>Drenar filtro primario del sistema de combustible</i>	<i>2 mins</i>	2	1		2	2	2	2	2	2	2
Estrat égica	12 3	<i>Cambiar filtro de sistema de cebado de combustible</i>	<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10	10

Estrat égica	12 4	<i>Cambiar filtro primario de combustible (separador de agua)</i>		<i>15 mins</i>	<i>15</i>	<i>1</i>		<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>
Estrat égica	12 5	<i>Cortar e inspeccionar filtro primario de combustible.</i>		<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
Estrat égica	12 6	<i>Cambiar filtro secundario de combustible.</i>		<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
Estrat égica	12 7	<i>Cortar e inspeccionar filtro secundario de combustible.</i>		<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
Estrat égica	12 8	<i>Cambiar filtro de sistema de combustible CFM</i>		<i>mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
Estrat égica	12 9	<i>Cortar e inspeccionar filtro de sistema de combustible CFM</i>		<i>10 mins</i>	<i>10</i>	<i>1</i>		<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>10</i>
Estrat égica	13 0	<i>Cambiar respirador de tanque de combustible.</i>		<i>20 mins</i>	<i>20</i>	<i>1</i>		<i>20</i>		<i>20</i>		<i>20</i>	
Estrat égica	13 1	<i>Intercambiar de tapón de bomba de alta presión combustible (2 tapones housing y bomba).</i>		<i>15 mins</i>	<i>15</i>	<i>1</i>		<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>	<i>15</i>

Estrat égica	13 2	<i>Cebar sistema de combustible</i>		<i>10 mins</i>	10	2		10	10	10	10	10	10
Estrat égica	13 3	<i>Limpiar cámaras CIODS</i>		<i>15 mins</i>	15	1		15	15	15	15	15	15
Estrat égica	13 4	<i>Cambiar aceite de Motor.</i>		<i>60 mins</i>	60	2		60	60	60	60	60	60
Estrat égica	13 5	<i>Cambiar filtro de aceite de motor.</i>		<i>20 mins</i>	20	1		20	20	20	20	20	20
Estrat égica	13 6	<i>Cortar e inspeccionar filtro de aceite de motor.</i>		<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10
Estrat égica	13 7	<i>Limpiar/reem plazar respiradero de motor.</i>		<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10
Estrat égica	13 8	<i>Intercambiar de rejilla de Motor.</i>		<i>15 mins</i>	15	1		15	15	15	15	15	15
Estrat égica	13 9	<i>Engrasar cardan de mando de bombas</i>		<i>15 mins</i>	15	1		15	15	15	15	15	15
Estrat égica	14 0	<i>Reemplazar respiradero de ruedas delanteras</i>		<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10
Estrat égica	14 1	<i>Lubricar cojinete de ventilador de grilla de retardador</i>		<i>15 mins</i>	15	1		15	15	15	15	15	15
Estrat égica	14 2	<i>Lubricar mecanismo de escalera eléctrica</i>		<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10
Inspe ccion es	14 3	<i>Inspeccionar los aros</i>		<i>10 mins</i>	10	1		10	10	10	10	10	10

Estrat égica	14 4	Revisar presión de neumáticos		10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10
Inspe ccion es	14 5	Inspección de neumáticos		10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10
Inspe ccion es	14 6	Inspeccionar/ reemplazar batería o cable de batería		10 mins	10	1		10	10	10	10	10	10
Cierr e	14 7	Alto revisión y firma del supervisor.		5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5
Cierr e	14 8	Realizar la inspección de calidad después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).		30 mins	30	1		30	30	30	30	30	30
Cierr e	14 9	Desbloquear el equipo.		8 mins	8	5		8	8	8	8	8	8
Cierr e	15 0	Alto revisión y firma del supervisor.		5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5
Cierr e	15 1	Retirar máquina de bahía de PM.		10 mins	10	2		10	10	10	10	10	10
Cierr e	15 2	Realizar el test de pruebas después de PM (con intervención del supervisor - usar formato adjunto Nro. XXXX).		30 mins	30	1		30	30	30	30	30	30

Cierre	15 3	Alto revisión y firma del supervisor.		5 mins	5	1		5	5	5	5	5	5
Cierre	15 4	Entrega de información del PM		5 mins	5	2		5	5	5	5	5	5
		Total						12	13	13	13	11	15
								63	16	93	68	61	75