

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE UNA FLOTA DE CAMIONES
VOLVO PARA LA EMPRESA CONTRATISTA
CONFIPETROL ANDINA S.A. EN LA
UNIDAD MINERA CUAJONE**

TESIS

Presentada por:

Bach. Jimmy Fredy Fernandez Claros

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA-PERÚ

2022


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA


Facultad de Ingeniería


Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica


DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UNA FLOTA DE CAMIONES VOLVO PARA LA EMPRESA CONTRATISTA CONFIPETROL ANDINA S.A. EN LA UNIDAD MINERA CUAJONE

Tesis sustentada por el Bachiller **JIMMY FREDY FERNANDEZ CLAROS**,
aprobada el 29 de marzo del 2022, el Jurado Calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE : 
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

SECRETARIO : 
MSc. Reynaldo Clemente Telles Ríos

VOCAL : 
Dr. Avelino Godofredo Pari Pinto

ASESOR : 
Ing. Daniel Cárdenas García

DEDICATORIA

*A **Dios**, por permitirme alcanzar todas mis metas trazadas y estar en buen estado de salud y emocional*

*A **mis familiares**, y muy especialmente a mi madre, por ser mi soporte emocional y estar siempre conmigo en los momentos más especiales de mi vida*

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a mi asesor Ing. Daniel Cárdenas García por su apoyo en mi desarrollo académico

Al jefe de Servicio Ing. Julio Chávez, por darme la confianza para desarrollar mi trabajo y a todos los miembros de la empresa Confipetrol Andina S.A., son unos grandes compañeros y amigos

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1.1. Antecedentes del problema	3
1.1.2. Problemática de la investigación.....	4
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.1. Problema principal.....	5
1.2.2. Problemas secundarios	5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES	7
1.5. OBJETIVOS.....	8

1.5.1. Objetivos generales	8
1.5.2. Objetivos específicos.....	8
1.6. HIPÓTESIS.....	9
1.6.1. Hipótesis General	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	14
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	36
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	
3.1. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1.1. Tipo de investigación	39
3.1.2. Diseño de investigación.....	39
3.1.3. Nivel de Investigación.....	39
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1. Población.....	40
3.2.2. Muestra.....	40
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	42

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	45
4.2. DISCUSIÓN	110
CONCLUSIONES	115
RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Hoja de información.....	31
Tabla 2.	Hoja de decisión	32
Tabla 3.	Sistema que conforman los camiones	45
Tabla 4.	Registro de falla mensual	47
Tabla 5.	Tiempos de operación, tiempos de estudio y cantidad de fallas por camión.....	49
Tabla 6.	Tipo de falla diagnosticada	51
Tabla 7.	Tipos y cantidades de fallas.....	53
Tabla 8.	Cálculo de la disponibilidad de la flota camiones.....	56
Tabla 9.	Disponibilidad anual mecánica de camión lubricador	60
Tabla 10.	Disponibilidad anual mecánica de camión cisterna.....	61
Tabla 11.	Comparación de disponibilidad del antes y después	62
Tabla 12.	Frecuencia de fallas.....	65
Tabla 13.	Cuadro de criticidad de los equipos.....	67
Tabla 14.	Criticidad de Componentes.....	68
Tabla 15.	Cuadro de criticidad de subsistemas del equipo.....	69
Tabla 16.	Camión cisterna Volvo.....	71
Tabla 17.	AMEF de motor.....	82
Tabla 18.	AMEF del sistema de combustible.....	86

Tabla 19.	Disponibilidad mecánica antes del camión cisterna.....	93
Tabla 20.	Cálculo de parámetros de la distribución normal	93
Tabla 21.	Intervalos y frecuencias calculados	94
Tabla 22.	Cálculo del estimado de Kolmogorov Smirnov	94
Tabla 23.	Disponibilidad después del MCC del camión cisterna	96
Tabla 24.	Parámetros de la distribución normal de la Tabla 30.....	96
Tabla 25.	Tabla de intervalos y frecuencias calculados.....	97
Tabla 26.	Cálculo del estimado de Kolmogorov Smirnov	97
Tabla 27.	Cuadro de disponibilidad mecánica del antes y después del equipo crítico camión cisterna Volvo.....	98
Tabla 28.	Análisis de datos de la disponibilidad antes y después	99
Tabla 29.	Cuadro de costos de PM1	102
Tabla 30.	Cuadro de costos de PM2	102
Tabla 31.	Cuadro de costos de PM3	103
Tabla 32.	Cuadro de costos de PM4	104
Tabla 33.	Cuadro anual de costos de mantenimientos.....	105
Tabla 34.	Costos de remuneración de personal técnico.....	106
Tabla 35.	Cuadro de costos de un modo de falla más crítico	107
Tabla 36.	Comparación de costo de antes y después del diseño.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clases de mantenimiento	15
Figura 2.	Árbol lógico de decisión	33
Figura 3.	Camión Volvo.....	35
Figura 4.	Tiempos de operación, tiempos de estudio y cantidad de fallas por camión Volvo.....	50
Figura 5.	Resumen de la disponibilidad mecánica de los equipos críticos del camión volvo.....	63
Figura 6.	Factor de criticidad.....	66
Figura 7.	Factor de criticidad.....	66
Figura 8.	Criticidad de equipos	67
Figura 9.	Criticidad de componentes	69
Figura 10.	Criticidad de subsistemas	70
Figura 11.	Motor Volvo.....	73
Figura 12.	Parte lateral del motor.....	74
Figura 13.	Sistema de combustible.....	76
Figura 14.	Sistema de alimentación.....	78
Figura 15.	Sistema de combustible.....	80
Figura 16.	Valores críticos para el Test Kolmogorov-Smirnov	95
Figura 17.	Valores de la Tabla de Distribución T Student.....	100

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Formato de registro de fallas del camión Volvo	122
Anexo 2.	Cartilla camión de mantenimiento preventivo	123
Anexo 3.	Cartilla inspección de volquetes.....	125
Anexo 4.	Cartilla de mantenimiento de camiones	127
Anexo 5.	Cartilla de mantenimiento de volquetes	129
Anexo 6.	Imagen de camión Volvo FMX440	131
Anexo 7.	Imagen de camión cisterna Volvo	132
Anexo 8.	Imagen de camión cablero FMX380	133
Anexo 9.	Gráfica del árbol de diagrama lógico	134
Anexo 10.	Plan final de mantenimiento de camiones Volvo.....	135

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es diseñar un Plan de Mantenimiento preventivo de una flota de camiones Volvo en la empresa Confipetrol Andina S.A. Para lograr este objetivo, se diagnosticó el estado actual de los sistemas de los camiones Volvo y se verificó la situación y su acción durante los trabajos de los equipos. Luego, se aplicaron técnicas de análisis, para determinar los sistemas y subsistemas más críticos de los camiones Volvo. A continuación, los conceptos de mantenimiento centrados en la confiabilidad (MCC) para un diseño de plan de mantenimiento preventivo para los subsistemas más críticos. Finalmente, se analizan los datos estudiados y se plantean recomendaciones y sugerencias para dar mejora la disponibilidad y a los subsistemas de los equipos.

El análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los subsistemas analizados más críticos de camiones Volvo se convirtió las actividades no planificadas del trabajo de mantenimiento en actividades planificadas integrales.

Palabras clave: Mantenimiento, Confiabilidad, Diseño

ABSTRACT

The main objective of this work is to Design a maintenance plan for a fleet of trucks based on the requirements of its operational context in the company Confipetrol Andina S.A. To achieve this objective, the current status of Volvo Trucks systems was diagnosed and their condition and behavior were verified during operation. Analysis techniques were then applied to determine the most critical subsystems of Volvo Trucks. Next, Reliability Centered Maintenance (MCC) concepts are applied in conjunction with SWOT analysis to create a preventive maintenance plan for the most critical subsystems. Finally, the results obtained are analyzed and conclusions and suggestions are made to improve the current conditions of the subsystem.

The Reliability Centered Maintenance analysis of the most critical subsystems of Volvo Trucks turned the unplanned activities of maintenance work into comprehensive planned.

Keywords: Maintenance, Reliability, Desing

INTRODUCCIÓN

Confipetrol Andina S.A., es una empresa dedicada a brindar servicios de mantenimiento, paradas de planta , operación , refinerías, gasoductos, entre otros, tanto para la minería y otros, garantizando el correcto cumplimiento de estándares de seguridad, calidad y mantenimiento para que sus clientes queden satisfechos en lo posible y obtenga un reconocimiento mundial y transnacional, priorizando la vida útil de los equipos encargados para tener la mayor acogida de los clientes mediante una correcta aplicación de una buena mano técnica operativa.

El campo de estudio del presente trabajo titulado “Mejoramiento de la Gestión de Mantenimiento de la flota de camiones Volvo para la empresa Confipetrol Andina S.A., en la unidad minera de Cuajone, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo”, se desarrolla en el área del mantenimiento, enfocándose en las falencias de la empresa en mención en el ámbito de la parte administrativa y operativa, planteando una mejora en las actividades rutinarias y dando la mayor disponibilidad a los equipos que operan en campo mina del cliente.

El trabajo de tesis está compuesto por cuatro (4) capítulos y tiene como finalidad diseñar un plan de mantenimiento preventivo de flota de camiones Volvo, acorde a las condiciones operacionales y administrativas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Antecedentes del problema

Actualmente, las empresas dedicadas a brindar servicios de mantenimiento al rubro de la minería, están obligados bajo la presión de su competencia a cumplir con los más grandes estándares de calidad, seguridad y mantenimiento de activos de su empresa en un contexto operacional satisfaciendo los plazos de entrega al cliente.

Como ejemplo se tiene a la empresa los Andes Gold Perú S.A.C. en la minera “El Toro” que tiene como objetivo ser una empresa reconocida con presencia nacional y trasnacional, por lo tanto, se crea este proyecto que se encargaba del transporte de materiales de construcción como movimientos de tierra, rocas, agregados y demás materiales de construcción, para lo cual, se utilizaba 5 camiones Volvo de tipo Volquete FMX440, se presentaba muchos problemas con los equipos en fallas

mecánicas y eléctricas incidiendo en su disponibilidad de dichos equipos y en consecuencia afectaba las actividades programadas, generando indisponibilidad en los equipos y malestar a los encargados de proyecto , debido a esto se hizo este trabajo para optimizar la disponibilidad de los equipos en el proyecto El Toro.

1.1.2. Problemática de la investigación

Confipetrol Andina S.A. está compuesto por departamentos de gestión de servicios, responsable de mantenimientos, paradas de planta, refinerías, gasoductos y proyectos de construcción y cooperar con el equipo Dentro del departamento de gestión, se ubica el departamento encargado de mantenimientos, responsable de velar por el cumplimiento de las políticas de mantenimiento de la empresa y dar soporte a la flota de camiones. En este sentido, la dirección está a cargo de 19 camiones de marca Volvo, su principal objetivo es brindar servicio de mantenimiento en las regiones del país.

La gestión del mantenimiento ayuda a mejorar el rendimiento del camión e implementar estrategias que permitan la planificación del mantenimiento. Sin embargo, según las recomendaciones del fabricante y la experiencia del personal, el mantenimiento de rutina.

Debido a que estos equipos no tienen los procedimientos correctos de mantenimiento, por lo tanto, se producirán muchos problemas.

Es por ello, que en la propuesta para solucionar esta falencia se consideró diseñar un plan de mantenimiento preventivo, priorizar el equipo, sistema y subsistema más crítico y trazar un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo cómo se encuentra el sistema y subsistema, lo que perfila los siguientes aspectos: Reducir las tareas preventivas innecesarias, e implementar planes de mantenimiento según el método MCC.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿Cuál es el fin de optimizar el plan de mantenimiento preventivo en la empresa contratista Confipetrol Andina S.A.?

1.2.2. Problemas secundarios

- ¿Cuál es el estado actual de la flota de camiones Volvo en la empresa Confipetrol Andina S.A.?

- ¿Cuál es la actualidad del plan de mantenimiento en la empresa contratista Confipetrol Andina S.A.?
- ¿Cómo hacer un diseño de plan de mantenimiento preventivo?
- ¿Cómo mejorar los indicadores de mantenimiento dentro de la empresa?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Se encontró falencias en la parte operativa y administrativa dentro de la empresa, con deficiencias en la planificación del mantenimiento y gestión del mantenimiento, con frecuentes fallas mecánicas y eléctricas conllevando a una baja disponibilidad de algunos equipos en la operación de la empresa correspondiente, siendo necesario enfocar una mejora continua en la programación y planificación del mantenimiento para efectuar un correcto mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de incrementar la vida útil de los equipos dentro de la empresa y la disminución de averías y una respuesta inmediata a tales puntos.

Un buen control de la planificación y programación del mantenimiento conduce a tener un mejor panorama de los estados de los equipos que se va a intervenir y acorta los tiempos de respuesta para elevar mejor la

confiabilidad. El principal objetivo de una empresa dedicada a brindar servicios de mantenimiento de calidad es cumplir con los estándares de normativas ligadas al mantenimiento y a la seguridad, tener una visión de predisposición en temas de planificación y controles de mantenimiento, prosiguiendo con las mejoras continuas en la empresa.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente trabajo de tesis está basado en la optimización y mejoramiento del plan de mantenimiento preventivo aplicando la metodología del mantenimiento, centrado en la confiabilidad desarrollando los pasos del método mencionado como es la selección de equipos, análisis de criticidad, el AMEF, y poder aplicar las tareas propuestas recomendadas por la hoja de información del MCC en la empresa Confipetrol Andina S.A.

Para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo aplicando el MCC se tomaron en cuenta las siguientes restricciones:

- Únicamente es para uso de los camiones de operaciones.
- El control y programación de mantenimiento propuesto está en cuestión con los recursos del área correspondiente.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

- Diseñar y optimizar un plan de mantenimiento preventivo de una flota de camiones Volvo para la empresa contratista Confipetrol Andina S.A. en la Unidad Minera Cuajone.

1.5.2. Objetivos específicos

- Dar cuenta el estado de actualización de los camiones Volvo de la empresa Confipetrol Andina S.A.
- Aplicar el correcto análisis de criticidad a los sistemas de los camiones Volvo en la empresa Confipetrol Andina S.A.
- Evaluar correctamente el AMEF de la flota de camiones de la empresa Confipetrol Andina S.A.
- Implementar el plan de mantenimiento preventivo de la flota de camiones Volvo en la empresa Confipetrol Andina S.A.
- Mejorar la disponibilidad de la flota y el camión cisterna crítico hallado

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis general

Con la optimización y mejoramiento del diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo en las flotas de camiones de la marca Volvo, se obtendrá optimizar la disponibilidad de los camiones Volvo

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El conocimiento previo está respaldado por encuestas de investigación de mantenimiento en disertaciones y publicaciones existentes, con algunas referencias como punto de partida para la investigación.

2.1.1. Antecedentes nacionales

En Perú, Castillo (2017) en su tesis “Mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de volquetes Volvo FMX-440 en el proyecto “El toro” realizada en la ciudad de Huancayo, se planteó determinar el impacto de las reparaciones enfocadas en la confiabilidad del camión volquete Volvo con la finalidad de optimizar la confiabilidad del camión volquete.

Mario Gabriel y Castro Ilarrazabal (2017) realizaron en Arequipa un taller titulado “Métodos basados en RCM para la gestión del mantenimiento

de tractores agrícolas: el caso del distrito y municipio de Colquepata” enfoque basado en la gestión del mantenimiento de tractores agrícolas, implica la aplicación y adaptación de técnicas modernas que se utilizan con éxito en otros campos. El método propuesto recomienda un análisis de las operaciones de mantenimiento actuales para analizar los factores más críticos relacionados con sus modos de falla y efectos, y luego propone mejoras para reducir el tiempo de operación y cuantificar la confiabilidad del sistema.

Siccha (2017) en la ciudad de Trujillo, publicó su trabajo de investigación titulado “Implementación de plan de mantenimiento preventivo de tractocamiones de la empresa GRUPO TRANSPESA SAC” elabora un Plan de Mantenimiento Preventivo con el fin principal de atenuar el costo de ciclo de vida del equipo, asegurando la entrega de la operatividad y ciclo de vida del activo.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Moreno (2017) en su trabajo titulado “Diseño de un plan de mantenimiento para una flota de camiones en función de los requisitos de su entorno operativo”, desarrollado en Venezuela, donde enmarca su

objetivo principal: establecer una estrategia para un diseño de plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en función de los requisitos de su entorno operativo. Diagnostica el estado del sistema del camión, verifica su estado y comportamiento durante la operación, luego aplica técnicas de análisis de criticidad bajo el enfoque EQUICRIT para identificar los subsistemas más críticos del tractor, luego combina los conocimientos del mantenimiento aplicando el método de análisis llamado FODA y se habilita estrategias de acuerdo al cuadro de análisis FODA de los subsistemas más críticos.

Montes (2016) en su trabajo de investigación titulado "Diseño de planes de mantenimiento para flotas articuladas de integra SA utilizando algunas herramientas de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)" efectuado en Colombia, desarrolló un método para realizar modos de falla y análisis de matriz de requisitos efectivos (FMEA) para cada componente, donde se responde una serie de preguntas para cada elemento, dando como resultado un listado de condiciones y requisitos para las actividades de mantenimientos. Finalizando, se hizo un mapeo del software de mantenimiento que se utilizaba en el momento del avance del presente trabajo en la empresa, para agrupar y archivar los registros de operatividad.

Vásquez (2018) en Chile, hizo un estudio de averiguación titulado “Aplicación del Mantenimiento centrado en la fiabilidad RCM en motores Detroit 16v-149TI en Codelco Separación Andina”; este trabajo aplica una estrategia de mantenimiento titulado “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad” en los motores de los conjuntos generadores de la planta de procesos en Codelco Separación Andina. El mantenimiento centrado en la fiabilidad es un procedimiento hecho en la época de 1960 en la industria aeronáutica para optimizar los sistemas de mantenimiento.

Miño (2015) en Ecuador, realizó su trabajo de investigación titulado “Análisis de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (RAM) de un motor de combustión interna wartsila 18V32LNGD”, cuyo objetivo fue buscar la perfección en una gestión de mantenimiento y aplicar los pasos más exactos de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

García (2016) desarrolló un trabajo de tesis titulado “Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades Turbo-Generadoras de una planta de electricidad”, el cual conllevó a un programa de mantenimiento para los equipos de la Turbo-Generadora por medio de la implementación de los manuales de productores, la vivencia del personal, la operatividad de la planta, estudiando la conducta de conjuntos

en organizaciones semejantes y disminuyendo de esta forma la proporción de paradas no establecidas.

Maiz (2017) hizo una de indagación titulado “Mejoras de los planes de mantenimiento preventivos de los grupos críticos usados en el mantenimiento de las vías de trenes que transitan por ahí”, donde muestra una estrategia de mantenimiento preventivo para reducir las fallas y mantener los elementos de los grupos de mantenimientos de vías férreas, a fin de imponer una estrategia de optimización.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. Definición de mantenimiento

Existen diversos conceptos de mantenimiento, como se puede apreciar a continuación:

- a. El mantenimiento es determinado como el grupo de las técnicas designado a mantener los conjuntos e instalaciones industriales en servicio a lo largo del período de tiempo más largo que se

pueda y con el mayor rendimiento de la industria (Garcia Garrido, 2012).

- b. El mantenimiento forma parte de la preservación del ciclo de vida de las maquinarias y activos de las empresas, es necesario considerar cuatro tipos de mantenimiento: Predictivo, Preventivo, correctivo y Defectivo (Moubray, 2004).

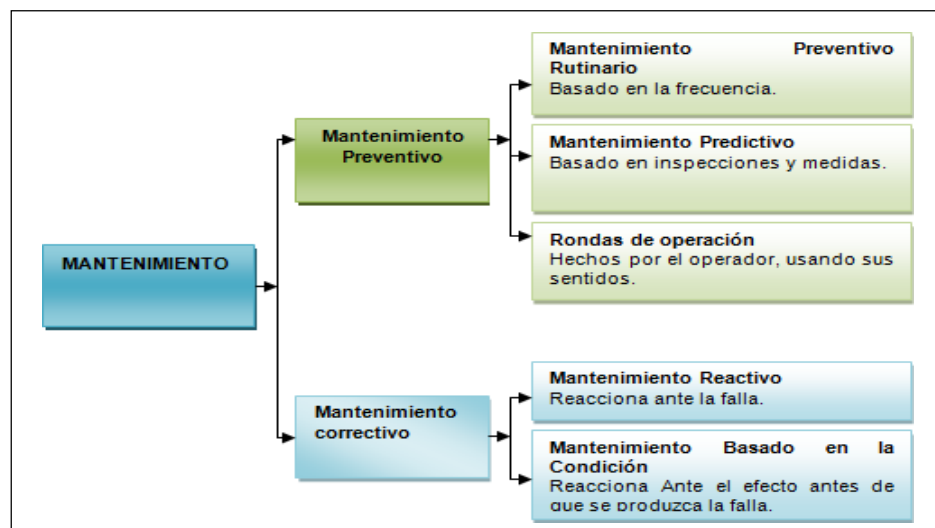


Figura 1. Clases de mantenimiento

Fuente: Gestión global del mantenimiento, Pastor Tejedo, A.C.

2.2.1. Tipos de mantenimiento

2.2.1.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el grupo de ocupaciones que se tienen que realizar una vez que un equipo, instrumento o composición ha tenido un parada forzada o imprevista (Villegas, 2008).

Se puede decir entonces, que el mantenimiento correctivo se realiza al momento en que presenta un daño o una falla de imprevisto, se caracteriza por el paro de la producción de manera forzada, en este tipo de mantenimientos solo se necesita tener conocimiento técnico del funcionamiento de la maquinaria a reparar y su labor no tiene el mismo grado de dificultad que si tiene el mantenimiento preventivo o predictivo.

En el mantenimiento correctivo, existen dos clases:

2.2.2.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el grupo de ocupaciones que se desarrolla en un equipo o activo, instrumento o composición, destinados a que operen a su lo más eficiente posible, evitando que se hagan paradas obligadas o imprevistas. Involucra la preparación de una estrategia de inspecciones para los diferentes grupos de la planta por medio de una buena planeación, programación y control del mantenimiento (Villegas, 2008).

Tiene como fin evitar que la maquinaria o equipo de producción falle de manera imprevista, ya que este tipo de mantenimiento se caracteriza por

la revisión y puesta a punto de las máquinas, con el fin de que siempre estén al 100% de su capacidad de producción; por sus características se hace necesario que se realice por personal debidamente capacitado y con amplios conocimientos no solo técnicos, sino también de planeación con el fin de determinar cuándo es conveniente realizar algún cambio o sustitución de repuestos para evitar daños graves.

Lo resaltante del mantenimiento preventivo es para evitar:

- a. Merma en las ganancias
- b. Resultados adversos en la calidad
- c. Periodos de parada
- d. Merma en utilidades

Las clases de mantenimiento preventivo son:

2.2.2.2.1. Mantenimiento programado

Esta clase de actividad necesita sacar de manejo los equipos y solo podría ser bien ordenada una vez que fallen, depende del tiempo de operación (Villegas, 2008).

2.2.2.2. Mantenimiento predictivo

Tiene el mismo propósito que el mantenimiento preventivo, sirve para predecir fallas tomando como criterios ciertos análisis y pruebas a los equipos, donde se utiliza aparatos que ayudan a predecir fallas mayores y menores (Villegas, 2008).

2.2.2.3. Derivaciones del mantenimiento preventivo

A causa del mantenimiento preventivo se derivan varias ideas de mantenimiento, que llevan iguales parámetros con algunas características de utilización.

Podemos indicar los siguientes:

2.2.2.3.1. Mantenimiento proactivo

Este mantenimiento está diseñado para realizar un análisis de causa - raíz, que se fundamenta en encontrar por qué algo falló o podría fallar. De esta forma, no solo es posible estimar cuando algo dejó de funcionar o puede dejar de funcionar. De esta manera, no solo puede estimar cuándo algo falla, sino que también puede encontrar por qué falló y luego atacar la causa principal (Acebedo, 2013).

2.3.2.2.2. Mantenimiento productivo total (TPM)

TPM (Mantenimiento Productivo Total), vuelto como mantenimiento productivo total, es una técnica de mantenimiento en Japón, explicado a partir de la idea de “mantenimiento preventivo” fundado en Estados Unidos y sustentado en ocho puntos o líneas de acción denominados Pilares (Martínez Sánchez, 2009).

2.2.2.4 Implementación del mantenimiento preventivo

Los pasos a seguir para implementar un programa de mantenimiento preventivo:

- a. Diagnóstico de los equipos:** Para determinar los parámetros del ciclo y métodos de obtención de datos iniciales, y para facilitar la asignación de procedimientos y relaciones de datos dentro de cada equipo, se asigna un código interno de trabajo, que es identificado por cada equipo según el proceso en la "Hoja de vida" (Virgüez Gómez & Mahecha Tinoco, 2019).

- b. Elaboración de la hoja de vida de los equipos:** Este formato es el registro de todas las características de los equipos, así como se mantuvo reparaciones en el equipo dentro de un tiempo determinado (Virgüez Gómez & Mahecha Tinoco, 2019).
- c. Hojas o cartillas de mantenimiento:** En este formato o cartilla se realizarán todos los aspectos que están dentro del formato con el fin de realizarlo con la secuencia que se establece dentro de la cartilla (Virgüez Gómez & Mahecha Tinoco, 2019).
- d. Programa de mantenimiento:** El programa de mantenimiento se basa en las tareas a ejecutar para cada equipo y el tiempo estimado de ejecución, el plan se genera en base a los picos de producción expresados en producción, ya que presenta un factor crítico para la originar el plan de mantenimiento (Virgüez Gómez & Mahecha Tinoco, 2019).

2.2.3 Gestión de mantenimiento en flotas de camiones

La gestión de operaciones es una parte de la gestión del mantenimiento actual y se basa en el uso eficiente de los medios y

recursos para ampliar la operación de los equipos de manera que se cumplan con los objetivos en un tiempo determinado. Como se verá en el presente trabajo, existen innumerables métodos y técnicas que se utilizan en la actualidad para solucionar problemas específicos en la gestión del mantenimiento (Parra & Crespo, 2016).

“Bajo esta doctrina según las exigencias del comprador se comprendido la variación dentro del área de mantenimiento por medio de diversos periodos, en esas organizaciones de bienes o servicios” (Dounce, 2012).

Evitar pérdidas de materias primas, tiempos improductivos, paradas inesperadas, etc. y se da estas razones (Olarte, Botero, & Cañón, 2010).

Razones para gestionar el mantenimiento:

- a) Porque el enfrentamiento del mercado obliga a bajar los recursos.
- b) Mejorando los recursos y activos de la empresa.
- c) Porque las diferentes zonas relacionadas al mantenimiento, requieren orientaciones relacionadas para juntos llegar al bienestar de la empresa.

2.2.4. Índices de mantenimiento

2.2.4.1. Indicadores de mantenimiento

“Existen diversos indicadores de mantenimiento que sirven para evaluar todas las actividades de mantenimiento, los que son indispensables para llevar una buena gestión de mantenimiento” (TECSUP,2020, pág. 46).

Se puede considerar los siguientes:

2.2.4.1.1. Disponibilidad

“La disponibilidad es dependiente de cuán recurrente se generan los fallos en definido tiempo y aspectos (confiabilidad), de la posibilidad y del periodo requerido para preservar la función (mantenibilidad)” (Sexto, 2005, p.10).

$$Disp. = \frac{Horas\ totales - Horas\ de\ parada\ por\ mantenimiento}{Horas\ totales} \quad [1]$$

2.2.4.1.2 Tiempo medio entre fallas (MTBF)

“El tiempo medio entre fallas es el periodo de funcionamiento promedio entre las paradas del equipo en función de la frecuencia promedio de fuera de servicio del equipo adquirida en horas” (Mccaherty & Flores, 2007, pág. 4).

$$MTFB = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Nº Paradas Correctivas}} \quad [2]$$

- **Horas trabajadas:** Son horas de trabajo del activo o equipo por analizar sin intervenciones.
- **Número paradas correctivas:** Es el número de paradas totales del equipo o activo de los cuales dejo de funcionar por alguna avería en un sistema determinado.

2.2.4.1.3 Tiempo medio entre reparaciones (MTTR)

“El tiempo promedio entre reparación (MTTR) es un indicador de productividad que cuantifica corregir el tiempo de respuesta, es decir, con qué premura se vuelve un equipo al servicio que ocurre un incidente de fuera de servicio” (Mccaherty y Flores, 2007, p. 6).

$$MTTR = \frac{\text{Horas Paradas Correctivas no programadas}}{N^{\circ} \text{ Paradas Correctivas}} \quad [3]$$

- **Horas paradas correctivas no programadas:** Vienen hacer las horas de parada por algún desperfecto del equipo en un tiempo no predecible (Mccaherty y Flores, 2007, p. 6).
- **Número de paradas correctivas:** Vienen hacer el número de totales de parada de un equipo solo en acciones correctivas (Mccaherty y Flores, 2007, p. 6).
- **Horas trabajadas:** Vienen hacer las horas de trabajo de un equipo dentro de una operación (Mccaherty y Flores, 2007, p. 7).

2.2.4.1.5 Confiabilidad

Se define como “Aptitud de un elemento de realizar una función esperada bajo unas situaciones determinadas durante un periodo de tiempo establecido” (UNE-EN 13306, 2011, p. 9).

Es la capacidad de un sistema o componente para realizar una función solicitada dentro de un proceso bajo las condiciones operativas en

un periodo dado conllevando siempre a la mejor disposición y operatividad del equipo. (TECSUP,2020)

$$\textit{Confiabilidad} = e^{\frac{-\textit{Tiempo}}{\textit{MTBF}}} \quad [5]$$

2.2.5 Metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)

“El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) es un método usado para establecer que debería ejecutarse para afirmar que todo equipo o sistema continúe realizando lo cual sus usuarios deseen que realice en su entorno operativo. Además, “proporciona un enfoque cómodo y estructurado para llegar a un plan de mantenimiento exitosa para cada elemento de un sistema dado. Al escoger un plan, la metodología tiene presente los requisitos de estabilidad, los precios de mantenimiento y los precios de producción” (Fonseca & Knapp, 2000).

2.2.5.1 Las siete preguntas básicas para el análisis del M.C.C.

“El desarrollo fundamentado en el método del MCC resuelve siete preguntas importantes para su ejecución” (Ayala Porras & Jiménez Vásquez, 2016).

- a. Pilares de funcionamiento: ¿Cuál es la función principal?
- b. Falla funcional: ¿Cuál es la falla?
- c. Modo de falla: ¿Cuál es el modo de falla?
- d. Efecto de falla: ¿Cuál es el efecto o impacto de la falla?
- e. Consecuencia de falla: ¿Cómo afecta la falla?
- f. ¿Cómo puedo predecir la consecuencia de la falla?
- g. ¿Qué hacer si una tarea no se puede hacer?

2.2.5.2 Funciones y estándares de funcionamiento

Para poder aplicar un proceso debemos determinar que podemos hacer para que el activo o equipo siga funcionando correctamente en un contexto operacional, haremos dos cosas (Moubray J. , 2004, p. 8):

- Decidir qué es lo que sus usuarios quieren que haga en la operación del activo
- Consolidar lo que es capaz lo que los usuarios requieran para que continúe haciendo la función principal.

Tenemos dos clases de funciones:

- **Funciones primarias:** Esta clase de funcionalidad cubre temas como rapidez, producción, capacidad de carga, calidad de producto y servicio al comprador.
- **Funciones secundarias:** Los usuarios además poseen expectativas en relación con las zonas de estabilidad, control, contención, bienestar, totalidad estructural, economía, custodia, operación, cumplimiento de estándares del medio ambiente, y el aspecto del activo.

2.2.5.3 Fallas y fallas funcionales

“Una falla es el evento impredecible inherente al elemento de que le impide realizar su función principal del cual fue adquirido, la falla funcional es todo activo o sistema que no realiza su función principal por motivos de averías principales o secundarias, esto lleva a que tomemos medidas de solución rápidas en una determinada operación de equipos” (Moubray J. M., 2004).

2.2.5.4 Modos de fallas

“Un modo de falla es definido como algún suceso que cause la falla de un equipo (sistema o proceso)”. Sin embargo, es mucho más acertado

distinguir entre “una falla funcional” y un “modo de falla” (Moubray J. M., 2004, p. 56).

2.2.5.5 Efectos de fallas

Describen lo que ocurre cuando sucede un modo de falla, en el cuarto paso del proceso del MCC, lista que se da cuando ocurre cada falla. “Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla” (Moubray J. M., 2004, p. 76).

La especificación de dichos efectos debería integrar toda la información primordial para beneficiar en la evaluación de las secuelas de las fallas (Moubray J. M., 2004, p. 77).

¿Qué certeza (si la hay) se tiene de que la falla ocurriera?

¿De qué maneras (si las hay) hay advertencia para la seguridad o el medio ambiente?

¿De qué formas (si las hay) impacta a la producción o a las operaciones?

¿Qué pérdidas (si los hay) es causado por la falla?

¿Qué hacer para corregir la falla?

2.2.5.6 Consecuencias de las fallas

Es importante conocer las condiciones de trabajo en que se ve una falla y las consecuencias sobre la producción o el servicio que se presta, además de su implicancia en el entorno de la seguridad de las personas y de las instalaciones (Moubray J. M., 2004).

2.2.5.7 Factibilidad, técnica y tareas proactivas

“Las maneras que se deben hacer para tomar acciones inmediatas son las siguientes con respecto a las fallas encontradas” (Moubray J. M., 2004):

- Tareas proactivas: Son tareas de prevención antes de que una falla llegue a concretarse, con la finalidad de que un sistema o proceso no deje de funcionar dentro de una operación. Conocidos como mantenimientos preventivos y predictivos dentro de las tareas proactivas.
- Acciones por defecto: Se tratan como está la falla y elegir las cuando no hay una tarea proactiva donde se buscará las acciones de las fallas haciendo un rediseño o manteniendo de rutina.

2.2.6 Análisis de modos y efectos de fallas AMEF


El procedimiento fundamental del AMEF parte del criterio de que ya se saben, cada una de las fallas funcionales y posibles que ocurran, se conoce de los métodos de fallas en que tienen la posibilidad de exponer y se tiene un conocimiento de cada una de las funcionalidades primordiales y alternativos de los recursos o máquinas realizados con el método del AMEF y agruparlos en el cuadro (Mora Gutiérrez, 2009).

2.2.6.1 Hoja de Información

“En esta hoja de información se establece la información recopilada en los primeros cuatro pasos del MCC, o sea las funcionalidades, la investigación resumida en esta hoja de información llamado “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF), está indicadas en cuatro columnas y en la parte preeminente de la hoja surge la identificación del factor, elemento, por quien ha sido hecha y analizada en la hoja de información. se muestra una ejemplificación de una hoja de información” (Moubray J. M., 2004).

Tabla 1


Hoja de información

	SISTEMA /ACTIVO	N°	RECOPIADO POR:	FECHA	HOJA
HOJA DE INFORMACION	SUBSISTEMA /COMPONENTE	REF.	REVISADO POR:	FECHA	DE
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		

2.2.6.2 Hoja de decisión

“Esta hoja se prepara desde el Árbol Lógico de Decisiones, con las preguntas y respuesta para finalizar el análisis en el método del MCC, según la alusión de la hoja de decisión. En ella se catalogan el tipo de efecto que tiene la falla (fallas evidentes u ocultas), para la estabilidad y el ecosistema, funcional y no funcional); y el tipo de labor preventiva que se va a hacer en dicho trabajo” (Moubray J. M., 2004).

Tabla 2
Hoja de Decisión

 CONFIPETROL HOJA DE DECISIÓN		ACTIVO COMPONENTE			SISTEMA	RECOPILO DO POR	FECHA	HOJA
					REF	REVISADO POR	FECHA	DE
Referencia de información	Evaluación de las consecuencias	H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"	Tareas Propuestas	Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF FM	H	S	E	O	H4	H5	S4

El Árbol lógico de Decisiones es un instrumento que nos sirve para registrar de manera efectiva las labores de trabajo según en método del MCC y responder adecuadamente las preguntas número 6 y 7 de las 7 preguntas del MCC.

Permite disminuir o atenuar las consecuencias de la falla y concluyendo con determinar las tareas proactivas y quien se lo va a realizar.

“En la figura 2 se ve el modelo para hacer el Árbol Lógico de Decisión, donde se aprecian según su estructura, donde se priorizan las tareas de mantenimiento a ejecutar, según sean mantenimientos preventivos,

correctivos o si se merece volver hacer el diseño del sistema para reducir o eliminar las fallas funcionales ocultas o evidentes del equipo o activo en evaluación” (Moubray, 1997).

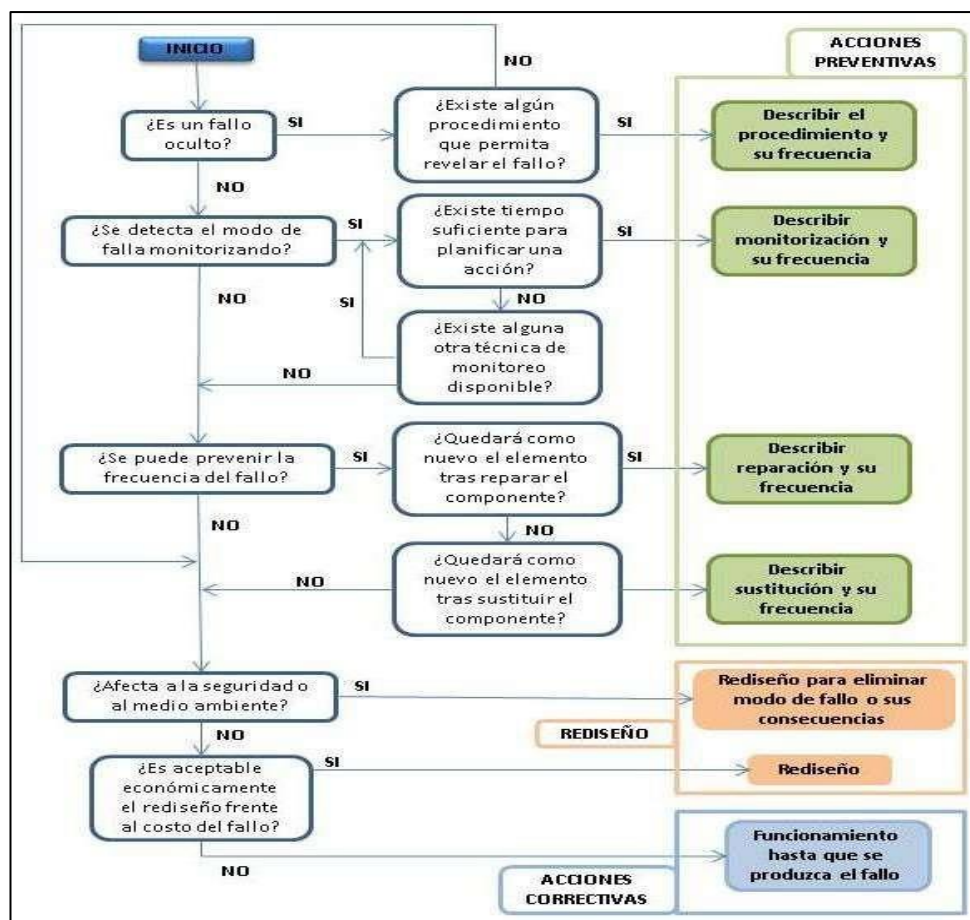


Figura 2. Árbol lógico de decisión

Fuente: Moubray (1997) Mantenimiento centrado en confiabilidad

Un equipo de trabajo es un grupo de trabajadores con varias responsabilidades en su trabajo que se desempeñan en áreas de trabajo

diferentes para un fin común dentro de la empresa y resaltar con sus conocimientos para llevar al objetivo en un hecho real (Moubray, 1997).

2.2.7 Análisis de criticidad

“Se plantea que el análisis de criticidad es un método que establecen jerarquías de desarrollos, técnicas, activos y equipos haciendo una base, que facilita las iniciativas acertadas y efectivas, clasificando los esfuerzos y medios en determinadas áreas, donde se requiere optimizar la confiabilidad de los equipos, basado en su actualidad del equipo” (Tovar Gutiérrez, 2017).

Las ecuaciones que se detallan a continuación, nos permiten evaluar el nivel de criticidad de los equipos evaluados basado en valores establecidos en una tabla de ponderación.

- $\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$ [6]
- $\text{Frecuencia} = \text{Nro. de Fallos en un tiempo determinado}$ [7]
- $\text{Consecuencia} = [(\text{Impacto Operativo} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de Mantenimiento} + \text{Impacto SHA}]$ [8]

2.2.10 Descripción de los camiones Volvo

Los camiones Volvo, son los más eficientes para un trabajo adecuado a condiciones anormales ya que está diseñado para resistir y dar mayor durabilidad con la confiabilidad que lo caracteriza para este siglo XXI. La estilización aerodinámica de la marca Volvo, disminuye la obstrucción de aire y de la economía de consumo de combustible, y con su fabricación de peso ligero, tienen la posibilidad de arrastrar más carga eficaz. Con la enorme economía de combustible, la facilidad de mantenimiento dichos camiones Volvo realizan de la efectividad un factor bastante llamativo.



Figura 3. Camión Volvo
Nota: U.M. de Cuajone

Los motores Volvo, pertenecen a los motores diésel que están en la vanguardia de la tecnología automotriz debido a las exigencias actuales entorno a la contaminación ambiental lo cual se reduce con su nueva tecnología implantada en sus sistemas principales.

- La recirculación de gas de escape (EGR) es un actuador diseñado para disminuir emisiones contaminantes, su labor es recircular los gases que se emiten por el escape hacia la admisión manteniendo una buena calidad en la combustión.
- Turbocompresor de geometría variable es una tecnología de última generación economizando el consumo de combustible en el motor y buena operatividad del equipo adaptándose a nuevos contextos operacionales.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Mantenimiento

Uso de las técnicas de acción, manteniendo la operatividad del equipo en un tiempo determinado.

Confiabilidad

Es la facultad que un activo cumpla su función primaria o secundaria requerida por el usuario.

Disponibilidad

Determina el tanto por ciento de la cantidad de tiempo que un equipo está en actividad y listo para prestar servicio a la disposición necesaria del usuario.

Mantenibilidad

Es el tanto por ciento de que un equipo o activo retome su función después de una falla funcional total o parcial

Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

Es el periodo promedio entre cada acontecimiento de un equipo parado ya sea por falla funcional o parcial de un sistema o proceso, lo contrario de la frecuencia con que ocurre cada detención del equipo.

Tiempo promedio para reparar (MTTR)

Es el tiempo promedio hasta haber corregido la avería detectada.

Activo

Capital de una empresa o perna natural que tiene como finalidad ser equipo o máquina para producir o rendir en una industria determinada.

Función del activo

Es cumplir con los requerimientos del usuario en un proceso determinado.

Falla funcional

Es el equipo o activo que dejó de cumplir sus funciones principales o secundarios dentro de un proceso.

Planeamiento

Es la organización con anticipación para tener un orden de trabajo dentro de un proceso.

Programación

Es seguir una secuencia ya establecida para ejecutar las órdenes de trabajo dentro de un sistema de trabajo y planificando todos los recursos establecidos para realizar la tarea de la programación.

Indicadores de gestión

Existen diversos indicadores para tener en cuenta todas las actividades realizadas y tener un mejor control de la gestión de mantenimiento.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Tipo de investigación

Es de tipo investigativo **Descriptivo y Aplicado**, donde se registró en el cuadro del AMEF, donde se dedujo la problemática de la empresa.

3.1.2 Diseño de investigación

- **No Experimental:** Debido a que no se usa, ni se manipula las variables halladas.
- **Observacional:** Ya que se ve los parámetros hallados en el estudio para su aplicación

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es de grado de análisis y aplicativo para una mejora dentro del sistema o proceso estudiado conllevando a una investigación de nivel descriptivo.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Es la flota de camiones Volvo que realizan sus actividades dentro de un campo minero.

3.2.2 Muestra

La muestra está configurada por el conjunto de equipos, sistemas, subsistemas analizando todos sus componentes que se relacionan entre sí, todos los camiones están conformados de la misma manera.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	INDICADOR	DEFINICIÓN DE CONCEPTO	DEFINICIÓN
Diseño de un plan de mantenimiento	AMEF (Análisis de modos y efectos de fallas)	Establecer y analizar las fallas funcionales, modos de falla, efectos de falla y consecuencias de falla para tener un mejor control.	Hoja de información y Hojas de decisión.
	CR (CRITICIDAD)	Evalúa la jerarquización del nivel crítico de un activo o equipo expuesto a trabajos concretos e importantes	NIVEL DE CRITICIDAD ALTO >80 MEDIO 30≤CR<80 BAJO 5≤CR<30
Disponibilidad de los camiones	CONFIABILIDAD	Indicador de mantenimiento basado en la probabilidad de que una máquina u/o equipo efectúe un determinado trabajo bajo situaciones establecidas en un tiempo establecido.	$\left(e^{-\frac{FR_x TTO}{100}}\right) \times 100\%$
	MANTENIBILIDAD	Incide en la probabilidad con la falla o la falla sea corregida, será restaurado dentro de un tiempo definido.	$\left(1 - e^{-\frac{RR_x TTO}{100}}\right) \times 100\%$
	DISPONIBILIDAD	Indicador de mantenimiento establecido en la posibilidad de que un equipo se pueda utilizar para realizar la función requerida por el usuario.	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la ejecución de este trabajo de tesis se evaluaron y se escogieron de una base de datos relacionados con el control y planificación del mantenimiento. La data recolectada fue el historial de los equipos de la operación necesarias para cumplir con los objetivos planteados y se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos:

- Metodología del MCC
- Gráficos estadísticos
- Metodología del análisis de criticidad
- Observación directa
- Documentación de historial de los equipos
- Manejo de programa Microsoft Excel

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DATOS

Para la ejecución de todos los propósitos, se hará de la siguiente forma:

- Se recolectó información de interés, historiales de los equipos se analizó y se estudió el tema basado en el planteamiento del problema.
- Manuales de servicio, *checklist* de los equipos, textos informativos relacionados al tema, trabajos de tesis y libros de gestión de mantenimiento y todo lo relacionado al tema de interés.

Con la data obtenida se ingresó a una base datos para su posterior utilización en el desarrollo del trabajo de tesis tomando principalmente las horas de operación, fallas más comunes y las disponibilidades de los equipos, para tener esta información se obtuvo del historial de los equipos.

Luego de obtener todas las informaciones necesarias para el análisis donde se registró en primer lugar:

- Tiempo fuera de servicio (TFS)
- Tiempo entre fallas (TEF)
- Tiempos de funcionamiento de los equipos (TF)
- Horas de operación (HO)

Para obtener los tiempos de funcionamiento (TF) se sumaron todas las horas de operación (HO), para los tiempos fuera de servicio (TFS) se

tomó en cuenta las horas de inactividad del equipo dentro de la operación y aquí se dio en tiempo promedio entre fallas (MTEF) para los Tiempo fuera de servicio no se hicieron un registro de trabajos de mantenimiento al camión Volvo, cuando se presentaba una avería, y por ello tomamos el Tiempo fuera de servicio como las horas transcurridas desde su operación. Toda la información recolectada será puesta al programa Microsoft Excel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. ESQUEMA DE LOS DATOS ADQUIRIDOS EN LA EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CAMIONES

Los equipos de los camiones Volvo a estudiar, está compuesto por los sistemas que se indican en la tabla 3, en la cual se detalla con el nombre de cada una de ellas y los componentes principales que trabajan dentro del sistema y componentes principales.

Tabla 3
Sistemas que conforman los camiones

N°	NOMBRE DE SISTEMA	COMPONENTES PRINCIPALES
1	Motor	Block, Carter, Cigüeñal, Culata, Colector de escape, Colector de admisión, Turbocompresor
2	Sistema hidráulico de implementos	Bomba de transferencia, PTO, Líneas hidráulicas
3	Sistema de dirección	Volante, Caja de dirección, Columna de dirección, Barra de acoplamiento, Depósito de aceite de dirección
4	Sistema de transmisión	Caja de cambio, Árbol de transmisión, Diferencial, embrague
5	Sistema de frenos	Bomba de frenos, Zapatas de freno, Secador de aire, Pedal de freno, Compresor, Regulador de aire
6	Sistema eléctrico electrónico	Batería, Alternador, Motor de arranque, Sistema de luces,
7	Implementos	Brazos, Tolvas, Tanques, Cisterna

Gracias a una hoja de cálculo de Microsoft Excel, detallada en la tabla 6, se registraron los datos de funcionamiento del camión referentes al arranque y al apagado del equipo, esto se hizo en un plazo de doce meses, de enero a diciembre de 2020. Para el registro se utilizó el formato para cada siete subsistemas que componen el sistema de camiones, con código propio. Cabe señalar que los camiones son todos iguales y tienen los mismos sistemas, es decir, cuando uno está registrado es igual a cualquier otro.

Cabe señalar que los camiones son todos iguales y tienen los mismos sistemas, es decir, cuando uno está registrado es igual a cualquier otro. Para obtener información más detallada, cada camión debe ser una vez al mes y se debe registrar todo tiempo entre fallas entre cada camión. La tabla 4 muestra un ejemplo de registros de fallas mensuales, donde el tiempo de ejecución es en horas. Para obtener el funcionamiento del camión, se determina el tiempo entre el (continuo) y el inoperativo (continuo).

Tabla 4*Registro de falla mensual*

Fecha Fin de Mes	30/03/2020						TO ACUMULADO (h)	TFS ACUMULADO (h)	CANTIDAD DE FALLA (h)	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	
Sistema (camiones Volvo)	Arranque		Parada		Arranque					Parada 1	Parada 2
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora					
07-212	1/02/2020	09:20:00	16/02/2020	17:00:00	16/02/2020	17:50:00	716,96	13,04	1,00	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	
07-234	1/02/2020	04:30:00	7/02/2020	13:00:00	7/02/2020	16:00:00	714,20	15,80	2,00	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	El alternador no carga
07-257	1/02/2020	08:00:00	13/02/2020	09:35:00			715,58	7,42	1,00	Freno de motor no funciona	
07-268	1/02/2020	13:00:00	5/02/2020	08:15:00	5/02/2020	11:31:00	701,73	18,27	1,00	Consumo de combustible excesivo	
07-276	1/02/2020	14:00:00	23/02/2007	11:11:00	24/02/2020	07:32:00	687,65	32,35	1,00	Presión de aceite baja	

Registro de falla mensual (continuación de la Tabla 4)

Fecha Fin de Mes	30/02/20 730						TO ACUMULADO (h)	TFS ACUMULADO (h)	CANTIDAD DE FALLA (h)	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	
Sistema (camiones Volvo)	Arranque		Parada		Arranque					Parada 1	Parada 2
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora					
07-312	1/02/2020	17:00:00	18/02/2020	06:51:00	20/02/2020	09:20:00	653,52	66,48	1,00	Fuga de aceite turbocargador	
07-316	1/02/2020	12:00:00	30/06/2020	03:42:00	30/02/20	10:52:00	701,83	18,17	1,00	Presión de aceite Alta El motor	
07-328	1/02/2020	14:00:00	19/02/2020	06:26:00	19/02/2020	07:42:00	700,73	19,27	1,00	arranca, pero no se mantiene funcionando	
07-347	1/02/2020	10:00:00	18/02/2020	15:33:00	19/02/2020	07:23:00	695,17	24,83	1,00	Temperatura de aire del múltiple por arriba de especificación	
07-379	1/02/2020	16:00:00	10/02/2020	17:11:00	11/02/2020	08:11:00	691,00	29,00	1,00	Motor funciona con velocidad irregular no en vacío	
07-382	1/02/2020	09:00:00	7/02/2020	19:00:00	8/02/2020	09:42:00	699,30	20,70	1,00	El control de crucero no funciona correctamente	

Se obtuvo información primordial y concerniente a los tiempos fuera de servicio (TFS), tiempo de operación, tiempo de estudio y la cantidad de fallas que se puede ver resumido a continuación en la tabla 5.

Tabla 5

Tiempos de operación, tiempos de investigación y numero de fallas por camión Volvo

Equipos	SISTEMA (camiones)	TIEMPO DE OPERACIÓN (H)	TIEMPO FUERA DE SERVICIO (H)	TIEMPO DE ESTUDIO (H)	CANTIDAD DE FALLAS
Camión Grúa	07-212	4934,65	95,35	5030,00	12,00
Camión Grúa	07-234	4938,15	91,85	5030,00	7,00
Camión Grúa	07-257	4906,11	123,89	5030,00	10,00
Camión anfo	07-268	4911,63	118,37	5030,00	6,00
Camión anfo	07-276	4930,23	99,77	5030,00	8,00
Camión tracto	07-279	4944,28	85,72	5030,00	4,00
Camión cisterna	07-312	4825,38	204,62	5030,00	10,00
Camión lubricador	07-316	4868,78	161,22	5030,00	8,00
Camión cablero	07-328	4911,50	118,50	5030,00	5,00
Camión anfo	07-347	4930,25	99,75	5030,00	10,00
Camión Volquete	07-379	4886,20	143,80	5030,00	12,00
Camión tracto	07-382	4920,60	109,40	5030,00	5,00
Camión Volquete	07-385	4880,22	149,78	5030,00	11,00
Camión cablero	07-388	4928,10	101,90	5030,00	5,00
Camión cablero	07-389	4935,52	94,48	5030,00	8,00
Camión Volquete	07-391	4930,25	99,75	5030,00	6,00
Camión tracto	07-392	4918,32	111,68	5030,00	8,00
Camión lubricador	07-394	4836,33	193,67	5030,00	10,00
Camión cisterna	07-398	4900,35	129,65	5030,00	8,00
Total Fallas					151,00

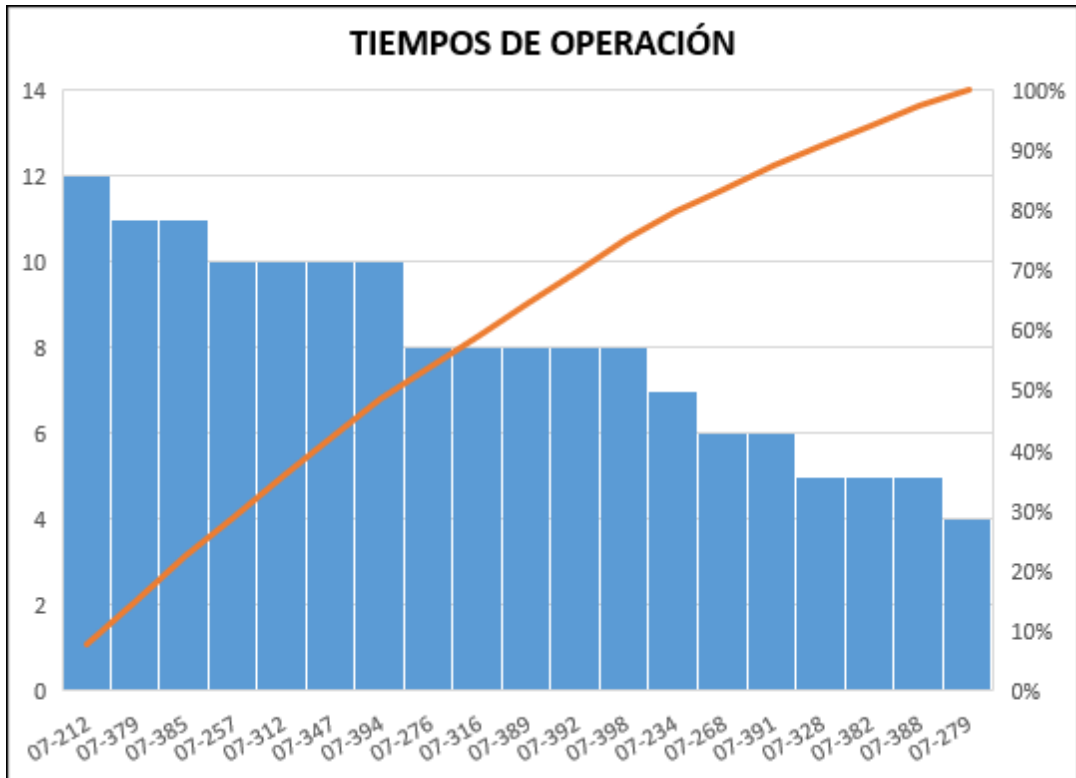


Figura 4. Tiempos de operación, tiempos de estudio y cantidad de fallas por camión Volvo

Se observa en la tabla 6 la cantidad de fallas recolectadas en un año aproximadamente.

Tabla 6*Tipo de falla diagnosticadas*

TIPO DE FALLAS DIAGNOSTICADAS	CANTIDAD DE FALLAS RECOLECTADAS
El compresor de aire emite lentamente la presión de aire	4
Ruido en exceso del compresor de aire	5
El compresor de aire bombea aceite por las líneas del sistema de aire	3
El compresor de aire no tiene suficiente presión de aire	4
Presión insuficiente de combustible	12
Fuga de refrigerante	8
Indicador de nivel de refrigerante se encuentra arriba en el tablero	1
Indicador de nivel de refrigerante s encuentra debajo en el tablero	2
El control de la transmisión no funciona correctamente	6
Aceleración deficiente	5
El freno poder no funciona correctamente	6
El motor gira, pero no enciende (sin humo en el escape)	5
El motor se desacelera con lentitud	3
Ruido anormal en el motor	7
Mala combustión en el motor (detonaciones)	3
Baja potencia del motor	6
Falla en el arranque del motor	5
El motor se para repentinamente	4
El motor funciona con velocidad inestable en ralentí	7
El motor funciona con velocidad inestable cuando no está en ralentí	3
El motor enciende, pero luego se cala	7
Cascabeleo en el motor	6
El motor tiene deficiencia en el giro o giro lento	3
Exceso de consumo de combustible	3
Mezcla de combustible con el aceite de motor	5
Exceso de temperatura en el múltiple de admisión del otor	4
Aceite de motor mezclado con otras sustancias	3
Exceso de temperatura del aceite de motor indicado en el tablero	4
Mezcla de aceite de motor con el refrigerante	3
Exceso de humo negro por el tubo de escape	4
Exceso de humo blanco por el escape	5
Baja presión del aire del turbocompresor	4
Fugas de compresión del turbocargador	4
Total de Fallas	142

Tiempo promedio entre fallas (MTEF) y el tiempo promedio fuera de servicios (MTFS), se obtuvieron a partir de lo siguiente:

$$MTEF = \frac{\text{Horas trabajadas}}{N^{\circ} \text{ Paradas Correctivas}} \quad [9]$$

$$MTFS = \frac{\text{Horas Paradas Correctivas no programadas}}{N^{\circ} \text{ Paradas Correctivas}} \quad [10]$$

$$TEF = \text{Tiempos entre Fallas(horas)} \quad [11]$$

$$TFS = \text{Tiempos Fuera de Servicio(horas)} \quad [12]$$

Para el camión 07-212, se obtiene que:

$$\frac{\text{Tiempo entre fallas(hrs)}}{N^{\circ} \text{ Paradas correctivas(hrs)}} = \frac{4934.65}{12} = 411.22 \text{ hrs} \quad [13]$$

El resto de la información fue recabada en la base de datos en el programa Microsoft Excel y se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 7*Tipos y cantidades de fallas*

Equipos	Sistema (Camiones)	ΣTEF (H)	ΣTFS (H)
Camión Grúa	07-212	411,22	9,67
Camión Grúa	07-234	705,45	13,12
Camión Grúa	07-257	490,61	12,39
Camión Anfo	07-268	818,61	19,73
Camión Anfo	07-276	616,28	12,47
Camión Tracto	07-279	1236,07	21,43
Camión Cisterna	07-312	482,54	20,46
Camión Lubricador	07-316	608,60	20,15
Camión Cablero	07-328	982,30	23,70
Camión Anfo	07-347	493,03	9,98
Camión Volquete	07-379	444,20	13,07
Camión Tracto	07-382	984,12	20,38
Camión Volquete	07-385	443,66	13,61
Camión Cablero	07-388	821,71	16,63
Camión Cablero	07-389	616,94	11,81
Camión Volquete	07-391	483,63	19,38
Camión Tracto	07-392	821,72	16,63
Camión Lubricador	07-394	483,63	19,38
Camión Cisterna	07-398	612,54	16,21

Disponibilidad mecánica

Es un indicador importante dentro de la operación de la empresa ya que nos indicará qué equipos están más disponibles que los demás, y así tener un mejor control de la disposición de los equipos que trabajan en la operación.

Para tener todo en orden, el indicador de mantenimiento de la disponibilidad mecánica debe ser mayor a 90 % según la siguiente formula:

$$DM = \frac{(H \text{ programadas} - \Sigma(HM_{prev.} + H_{reparaciones Mec.} + H_{reparaciones Elect.}))}{H_{programadas}} \quad [14]$$

Para el registro en el cuadro de la tabla 8 y para obtener los principales indicadores de mantenimiento como la disponibilidad mecánica (DM), el tiempo promedio entre fallas (MTBS) y el tiempo promedio entre reparaciones (MTTR) para ello se tomaron en cuenta las siguientes datos referidos al equipo como: tiempo programado por mes (HP), tiempo de horas de trabajo por mes (HT), tiempo total para inspecciones mecánicas (IM), tiempo para el Mantenimiento Preventivo (MP), tiempo de la falla mecánica por mes (FM), tiempo de falla eléctrica por mes (FE)

Horas de Accidentes (ACC) u (otros), número total de paradas por equipo (PARADA), Promedio de la disponibilidad mecánica por mes (DM).

En la tabla 8, se ve la distribución de todos los datos registrados por mes, con sus respectivos promedios de cada indicador de mantenimiento.

Tabla 8*Cálculo de la disponibilidad mecánica de la flota de camiones Volvo*

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Volquete Volvo 6X4R	ENERO	682	618	10	11	24	4	15	21	91.26	2.6	26.86
	FEBRERO	616	536	27	10	22	3	18	30	90.11	1.8	16.10
	MARZO	682	596	28.5	20	30	6	1.5	27	90.35	2.1	19.94
	ABRIL	660	580	27	15	33	4	1	24	90.86	2.2	21.96
	MAYO	682	602	25	16	31	6	2	35	90.86	1.6	15.63
	JUNIO	660	576.5	26.5	13	35	4	5	18	90.11	3.2	28.86
	JULIO	682	595.5	27.5	18	32	2	7	29	90.09	2.0	18.50
	AGOSTO	682	600	28	19	28	3	4	31	91.00	1.7	17.61
	SEPTIEMBRE	660	577.5	29	16	25	4.5	8	25	90.74	2.1	20.96
	OCTUBRE	682	600.5	27.5	21	24.5	7	1.5	30	91.01	1.8	18.22
	NOVIEMBRE	660	582.5	26.5	14	26	5	6	27	91.24	1.9	19.69
	DICIEMBRE	682	602	26.5	18.5	15	8	12	32	91.11	1.7	17.14
TOTAL		8030	7066.5	309	191.5	325.5	56.5	81	329	90.73	2.06	20.12
Camión cablero	ENERO	682	595	29.5	20	20	7	10.5	30	90.34	1.92	17.92
	FEBRERO	616	541	27	17	18	4	9	25	91.13	1.9	19.72
	MARZO	682	594.5	27.5	21	27	6	6	28	90.82	1.9	19.09
	ABRIL	660	579	26	24	21	5	5	22	91.29	2.3	23.82
	MAYO	682	590	32	25	17	8	10	27	91.38	1.9	19.63
	JUNIO	660	578	24	31	12	10	5	20	90.75	2.7	26.00
	JULIO	682	600	27	24	19.5	7.5	4	26	91.44	2.0	20.96
	AGOSTO	682	603	19	28	23.5	5.5	3	30	90.55	1.9	18.20
	SEPTIEMBRE	660	579	24.5	20	30.5	5	1	28	90.41	2.0	18.70
	OCTUBRE	682	602	24.5	18	21.5	9.5	6.5	33	91.86	1.5	16.76
	NOVIEMBRE	660	579	22	15	26	8	10	22	91.54	2.2	24.09
	DICIEMBRE	682	585	28	21	30	6	12	30	90.26	1.9	17.60
TOTAL		8030	7025.5	311	264	266	81.5	82	321	90.98	2.0	20.21

Continuación de la Tabla 8

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Lubricador	ENERO	682	584.5	25	10	54	2.5	6	25	88.62	2.7	20.72
	FEBRERO	616	503	28.5	13	62	4.5	5	30	84.19	2.7	14.12
	MARZO	682	570	23	19	52	8	10	31	86.14	2.5	15.84
	ABRIL	660	550	28	15	45	3	19	29	88.55	2.2	16.79
	MAYO	682	580.5	26.5	18	40	0	17	25	90.01	2.3	20.90
	JUNIO	660	560.5	28	10.5	50	5	6	28	88.31	2.3	17.68
	JULIO	682	586	26.5	13	47.5	6	3	26	88.65	2.6	19.98
	AGOSTO	682	584.5	27	19	42.5	1	8	23	89.31	2.7	22.70
	SEPTIEMBRE	660	545.5	29.5	15	56.5	3	10.5	28	86.34	2.7	16.82
	OCTUBRE	682	583.5	23.5	14	52	7	2	27	87.49	2.7	18.91
	NOVIEMBRE	660	564	26	21	45.5	2.5	1	26	87.77	2.7	19.04
	DICIEMBRE	682	567	28	23.5	52	3.5	8	32	86.07	2.5	15.25
TOTAL		8030	6779	319.5	191	599	46	95.5	330	87.62	2.54	18.23
Camión Anfo	ENERO	682	597	21	28.5	25.5	5.5	4.5	28	90.03	2.13	19.20
	FEBRERO	616	536	27.5	20	22.5	4	6	24	91.32	1.9	20.40
	MARZO	682	591	25	25	30	3	8	28	90.19	2.1	19.04
	ABRIL	660	572	27	22	26.5	7	5.5	26	90.30	2.1	19.87
	MAYO	682	596	26.5	27	23	6	3.5	28	90.60	2.0	19.29
	JUNIO	660	563	28	19.5	24.5	9	16	24	90.59	2.2	21.25
	JULIO	682	586	25	22	29.5	5.5	14	30	90.27	1.9	17.63
	AGOSTO	682	591.5	28.5	19	28.5	4.5	10	29	91.21	1.8	18.60
	SEPTIEMBRE	660	572.5	25.5	21	26	6	9	28	90.74	1.9	18.55
	OCTUBRE	682	599.5	24	17.5	23.5	7.5	10	28	91.91	1.7	19.68
	NOVIEMBRE	660	570	28	21.5	27	1	12.5	29	91.32	1.7	17.95
	DICIEMBRE	682	590.5	27.5	28	23	5	8	30	90.52	1.9	17.82
TOTAL		8030	6965	313.5	271	309.5	64	107	332	90.75	1.9	19.11

Continuación de la Tabla 8

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Grúa	ENERO	682	590	26.5	19.5	31	5	10	26	90.59	2.1	20.56
	FEBRERO	616	530	29.5	13	27.5	4	12	31	91.60	1.4	15.66
	MARZO	682	593.5	25.5	17	28	8.5	9.5	30	90.99	1.8	18.00
	ABRIL	660	565.75	28	21.5	25.75	2	17	26	91.29	1.9	19.87
	MAYO	682	600	29	20	23	8	2	27	91.50	1.9	20.33
	JUNIO	660	573.5	27.5	23	26.5	3.5	6	28	90.76	1.9	18.59
	JULIO	682	599.5	26	20	30.5	4	2	26	90.91	2.1	20.96
	AGOSTO	682	599.5	25	18.5	28	7	4	28	91.08	1.9	19.50
	SEPTIEMBRE	660	573.5	26.5	20.5	21.50	12	6	31	90.58	1.7	16.76
	OCTUBRE	682	591.5	28.5	13	32	9	8	25	90.87	2.2	21.50
	NOVIEMBRE	660	578	29	16	29.5	3.5	4	27	91.52	1.8	19.59
	DICIEMBRE	682	599	26.5	20.5	30	4.5	1.5	28	90.82	2.0	19.43
TOTAL		8030	6509.5	320	205.5	870	47.5	77.5	333	91.04	1.89	19.23
Camión Cisterna FMX11 6X4	ENERO	682	585.5	28	18.5	44.5	1.5	4	26	88.98	2.48	20.04
	FEBRERO	616	520.5	27.5	16.5	40	6.5	5	27	87.90	2.3	16.94
	MARZO	682	561.5	26	22.5	54	4	14	28	85.66	2.9	17.18
	ABRIL	660	558.5	24.5	20.5	42	2	12.5	30	88.45	2.2	16.47
	MAYO	682	581	28	13	51	6	3	31	87.95	2.3	16.48
	JUNIO	660	566	26.5	12	40.5	7	8	28	89.49	2.1	18.09
	JULIO	682	578	24.5	19.5	50.5	3.5	6	27	87.28	2.7	18.69
	AGOSTO	682	564.5	28	22	50.5	1	16	29	86.98	2.5	16.93
	SEPTIEMBRE	660	547.5	29.5	14	52.5	4	12.5	26	87.12	2.7	18.35
	OCTUBRE	682	584.5	25	16	48	2.5	6	25	88.62	2.7	20.72
	NOVIEMBRE	660	554.5	24.5	18.5	54	6.5	2	31	85.75	2.5	15.34
	DICIEMBRE	682	569.5	29	20.5	42	8	13	32	87.62	2.2	15.59
TOTAL		8030	6771.5	321	213.5	569.5	52.5	102	340	87.65	2.5	17.57

Continuación de la Tabla 8

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Tracto FMX	ENERO	682	597.5	28	22.5	26.5	3.5	4	26	91.21	2.0	20.96
	FEBRERO	616	532	27.5	16.5	28.5	6.5	5	27	90.32	1.9	17.80
	MARZO	682	590.5	26	22.5	32.5	2	8.5	28	90.35	2.0	19.05
	ABRIL	660	572	24.5	20.5	26	4.5	12.5	30	91.08	1.7	17.37
	MAYO	682	597	28	13	35	6	3	31	90.95	1.7	17.52
	JUNIO	660	572.5	26.5	12	38.5	2.5	8	28	90.74	1.9	18.55
	JULIO	682	599	24.5	19.5	29.5	3.5	6	27	91.24	1.9	20.24
	AGOSTO	682	590	28	22	25	1	16	29	91.86	1.7	18.69
	SEPTIEMBRE	660	568.5	29.5	14	31.5	4	12.5	26	91.29	1.9	19.96
	OCTUBRE	682	592.5	25	16	40	2.5	6	25	90.13	2.3	21.36
	NOVIEMBRE	660	573.5	24.5	12.5	34.5	7	8	31	90.58	1.7	16.76
	DICIEMBRE	682	586.5	29	15.5	37	3	11	32	90.54	1.7	16.59
TOTAL		8030	6971.5	321	206.5	384.5	46	100.5	340	90.86	1.88	18.74

DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS MÁS CRÍTICOS HALLADOS EN EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD:

Tabla 9

Disponibilidad mecánica anual de camión lubricador

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Lubricador	ENERO	682	584.5	25	10	54	2.5	6	25	88.62	2.7	20.72
	FEBRERO	616	503	28.5	13	62	4.5	5	30	84.19	2.7	14.12
	MARZO	682	570	23	19	52	8	10	31	86.14	2.5	15.84
	ABRIL	660	550	28	15	45	3	19	29	88.55	2.2	16.79
	MAYO	682	580.5	26.5	18	40	0	17	25	90.01	2.3	20.90
	JUNIO	660	560.5	28	10.5	50	5	6	28	88.31	2.3	17.68
	JULIO	682	586	26.5	13	47.5	6	3	26	88.65	2.6	19.98
	AGOSTO	682	584.5	27	19	42.5	1	8	23	89.31	2.7	22.70
	SEPTIEMBRE	660	545.5	29.5	15	56.5	3	10.5	28	86.34	2.7	16.82
	OCTUBRE	682	583.5	23.5	14	52	7	2	27	87.49	2.7	18.91
	NOVIEMBRE	660	564	26	21	45.5	2.5	1	26	87.77	2.7	19.04
	DICIEMBRE	682	567	28	23.5	52	3.5	8	32	86.07	2.5	15.25
TOTAL		8030	6779	319.5	191	599	46	95.5	330	87.62	2.54	18.23

Tabla 10*Disponibilidad mecánica anual de camión Cisterna FMX11 6X4*

NOMBRE DE LA UNIDAD	MESES	HP	HT	IM	MP	FM	FE	ACC	PARADA	DI%	MTTR	MTBF
Camión Cisterna FMX11 6X4	ENERO	682	585.5	28	18.5	44.5	1.5	4	26	88.98	2.5	20.04
	FEBRERO	616	520.5	27.5	16.5	40	6.5	5	27	87.90	2.3	16.94
	MARZO	682	561.5	26	22.5	54	4	14	28	85.66	2.9	17.18
	ABRIL	660	558.5	24.5	20.5	42	2	12.5	30	88.45	2.2	16.47
	MAYO	682	581	28	13	51	6	3	31	87.95	2.3	16.48
	JUNIO	660	566	26.5	12	40.5	7	8	28	89.49	2.1	18.09
	JULIO	682	578	24.5	19.5	50.5	3.5	6	27	87.28	2.7	18.69
	AGOSTO	682	564.5	28	22	50.5	1	16	29	86.98	2.5	16.93
	SEPTIEMBRE	660	547.5	29.5	14	52.5	4	12.5	26	87.12	2.7	18.35
	OCTUBRE	682	584.5	25	16	48	2.5	6	25	88.62	2.7	20.72
	NOVIEMBRE	660	554.5	24.5	18.5	54	6.5	2	31	85.75	2.5	15.34
	DICIEMBRE	682	569.5	29	20.5	42	8	13	32	87.62	2.2	15.59
TOTAL		8030	6771.5	321	213.5	569.5	52.5	102	340	87.65	2.47	17.57

En la tabla 10 se puede observar que el equipo más crítico es el camión cisterna Volvo que cuenta con una disponibilidad de 87,65 %.

Tabla 11

Cuadro de comparación de la disponibilidad mecánica del antes y después del MCC (META)

MESES	DISPONIBILIDAD CAMIÓN CISTERNA	DISPONIBILIDAD CAMIÓN LUBRICADOR	META
ENERO	88.98%	88.62%	92.83%
FEBRERO	87.90%	84.19%	90.42%
MARZO	85.66%	86.14%	89.97%
ABRIL	88.45%	88.55%	91.93%
MAYO	87.95%	90.01%	92.57%
JUNIO	89.49%	88.31%	92.89%
JULIO	87.28%	88.65%	90.78%
AGOSTO	86.98%	89.31%	91.13%
SEPTIEMBRE	87.12%	86.34%	91.48%
OCTUBRE	88.62%	87.49%	92.84%
NOVIEMBRE	85.75%	87.77%	90.87%
DICIEMBRE	87.62%	86.07%	89.94%

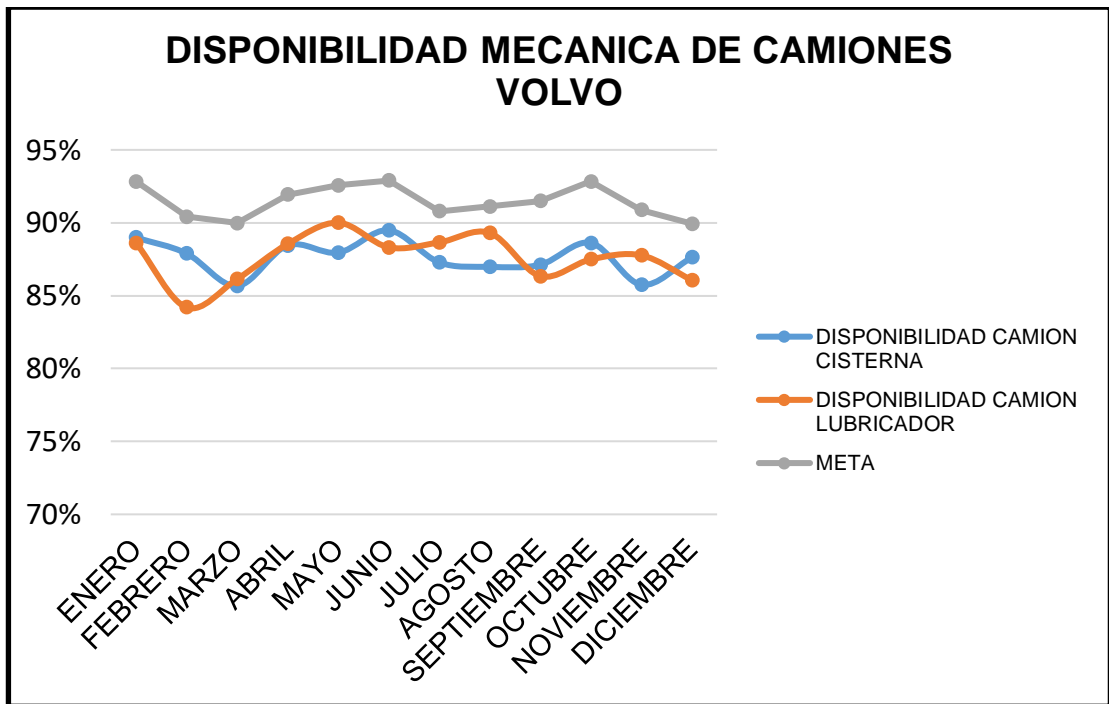


Figura 5. Resumen de la disponibilidad mecánica de los equipos críticos del camión volvo y la meta a lo que se quiere llegar con el equipo más crítico (camión cisterna)

Análisis de criticidad de los sistemas de los camiones

Para la ejecución del análisis de criticidad se ha desarrollado la tabla 12 con criterios más conocidos como juicio experto para la designación de la ponderación en los criterios tomados en la tabla. Trabajada con la flota de camiones Volvo en la empresa Confipetrol Andina S.A.

También se incluyeron los datos respectivos a cada tramo como frecuencias de fallas, flexibilidad, consecuencias, costos de mantenimiento. En cambio, para la evaluación de los impactos de producción, seguridad y

medio ambiente, se estimaron principalmente en base a la data de los equipos, no existiendo detalles específicos en algunos como los tiempos promedio de reparación. Como se vio con anterioridad la fórmula para el cálculo del nivel crítico y su jerarquización de los equipos, las fórmulas son las siguientes:

Criticidad = Frecuencia de falla x consecuencia

Consecuencia = (Impacto operacional x flexibilidad x TPR) + Costo de Mantto + Impacto al medio ambiente + impacto a la seguridad

La criticidad es un método basado en la jerarquización para obtener las órdenes de los equipos más críticos y obtener una tarea o una acción para mitigar dichos problemas que lo conllevan a hacer un equipo critico realizando tareas de alternativas y soluciones. En la tabla 12 veremos la ponderación de los diferentes aspectos tomados por la metodología de análisis de criticidad tomado valores con juicio experto o con la experiencia necesaria para ello.

Tabla 12*Frecuencia de falla*

FACTOR DE FRECUENCIA (FF)	
Descripción	valores
Frecuencia, Mas de 3 sucesos al año	5
Probabilidad, 1-3 sucesos al año	4
Posibilidad, 1 suceso en 3 años	3
No probable, 1 suceso en 5 años	2
Sumamente no probable, menos de un suceso en 5 años	1
FACTORES DE CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	valores
Pérdida mayor a 76% producción por mes	5
Pérdida entre 51% a 75% producción por mes	4
Pérdida entre 26% a 50% producción por mes	3
Pérdida de 11% a 25% producción por mes	2
Pérdida menores a 10% producción por mes	1
Factor flexibilidad operacional (FO)	valores
No hay stock, tiempo de reparación alto	5
Reserva parcial, procedimiento reparación complejo	4
Reserva parcial, procedimiento reparación sencillo	3
Reserva Suficiente, procedimiento reparación complejo	2
Reserva suficiente, tiempo de reparación bajo	1
Costos de mantenimiento (CM)	valores
Costo de materiales superior a 20000 USD	5
Costo de materiales superior a 10000-20000 USD	4
Costo de materiales superior a 3000-10000 USD	3
Costo de materiales superior a 200-3000 USD	2
Costo de materiales inferior a 200 USD	1
Impacto medio ambiente (IMA)	valores
Daños irreversibles al medio ambiente	5
Daños severos al medio ambiente	4
Daños al medio al ambiente	3
Daños mínimos al medio ambiente	2
Sin daño al medio ambiente	1
Impacto seguridad (IS)	valores
Muerte o incapacidad de la persona	5
La no capacidad parcial o permanente	4
Daños o enfermedades severas	3
Daños leves en personas	2
No hay impacto en la seguridad	1

CRITICIDAD	Categorización
ALTO	>80
MEDIO	≥ 30 y < 85
BAJO	≥ 5 y < 30

Figura 6. Factor de criticidad

CRITICIDAD																						
FRECUENCIA (FF)	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
CONSECUENCIAS (CO)																						

Figura 7. Factor de criticidad

Para el análisis de criticidad se tomaron los valores de ponderación conocidos por expertos en hallar el nivel de criticidad de un activo conocido como “juicio experto”.

Tabla 13
Criticidad de equipos

SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO EN SEGURIDAD	IMPACTO EN MEDIO AMBIENTE	IMPACTO EN PRODUCCION	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO NIVEL DE PRODUCCION MANEJADO	IMPACTO COSTOS MANTENIMIENTO	CONSECUENCIA	PUNTAJE CRITICIDAD	CRITICIDAD
Camión Cisterna	4	5	4	1	5	4	5	34	136	C
Camión Lubricador	4	5	4	1	4	4	4	29	116	C
Camión Tracto	3	5	4	1	4	4	4	21	87	SC
Camión Grúa	3	3	4	1	3	4	2	16	63	SC
Camión Plataforma	2	3	2	2	1	4	3	16	32	NC
Camión Volquete	1	1	1	1	2	2	2	8	8	NC
Camión Anfo	1	1	1	1	1	2	2	6	6	NC

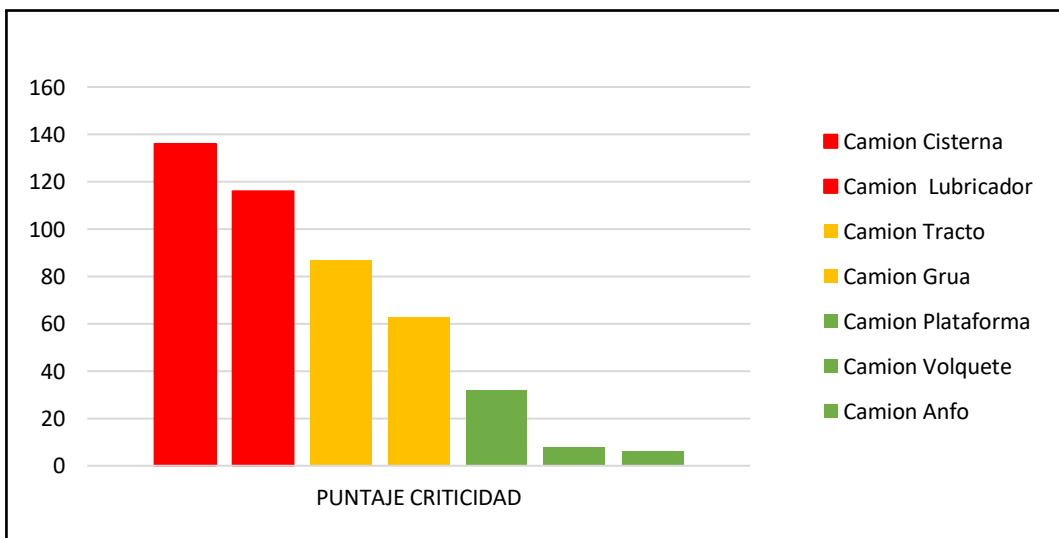


Figura 8. Criticidad de equipos

Para la realización de este estudio se tomó en cuenta un sistema como muestra de cada grupo de sistemas similares, ya que los resultados de dicha muestra serán análogamente aplicables a los sistemas que sean iguales en modelo, condiciones operativas y potencia ya que el factor de criticidad será el mismo.

Tabla 14
Criticidad de componentes

SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO EN SEGURIDAD	IMPACTO EN MEDIO AMBIENTE	IMPACTO EN PRODUCCIÓN	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO NIVEL DE PRODUCCION MANEJADO	IMPACTO COSTOS MANTENIMIENTO	CONSECUENCIA	PUNTAJE CRITICIDAD	CRITICIDAD
Motor	3	3	2	5	5	4	4	109	327	C
Sistema hidráulico de implementos	3	5	2	5	4	4	2	89	267	C
Sistema de dirección	2	5	2	4	3	4	2	57	114	SC
Sistema de transmisión	1	3	2	5	4	4	3	88	88	N
Sistema de frenos	1	5	2	5	3	4	2	69	69	N
Sistema eléctrico electrónico	4	1	1	3	2	2	3	17	68	N
Implementos	1	1	1	4	2	4	2	36	36	N

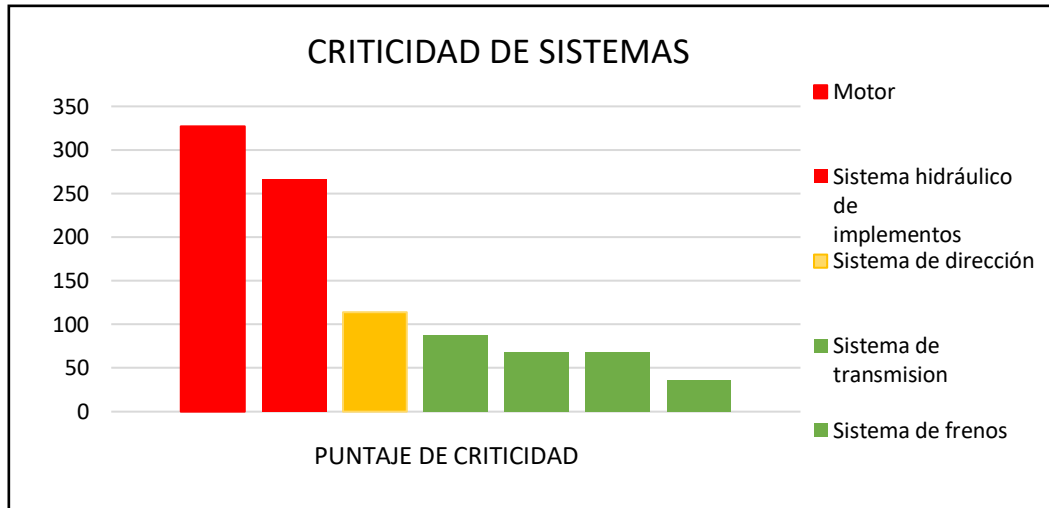


Figura 9. Criticidad de componentes

Tabla 15
Criticidad de subsistemas

SUBSISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO EN SEGURIDAD	IMPACTO EN MEDIO AMBIENTE	IMPACTO EN PRODUCCION	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	IMPACTO NIVEL DE PRODUCCION MANEJADO	IMPACTO COSTOS	CONSECUENCIA	PUNTAJE CRITICIDAD	CRITICIDAD
Sistema de combustible	1	1	2	5	5	4	5	108	108	C
Sistema de lubricación	2	1	2	3	3	4	2	82	82	C
Sistema de admisión de aire	1	1	1	5	3	4	5	67	67	SC
Sistema eléctrico electrónico	4	1	1	4	1	2	2	48	48	SC
Sistema de escape	1	3	2	2	1	2	2	11	11	NC
Sistema de refrigeración	1	1	1	3	1	2	2	10	10	NC

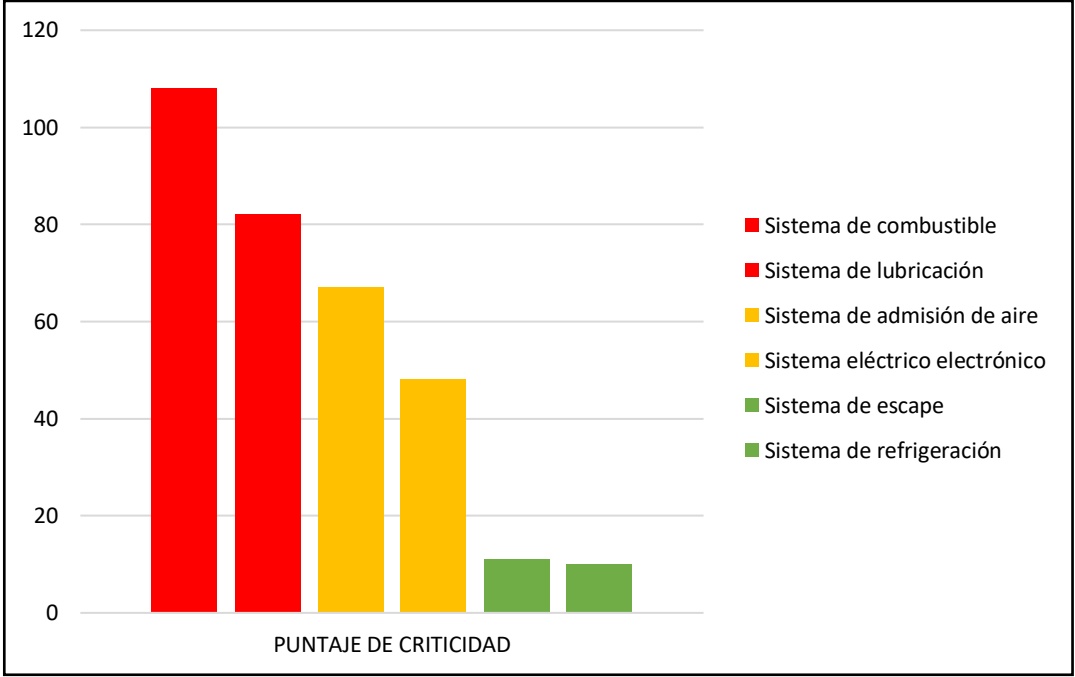


Figura 10. Criticidad de subsistemas

Tabla 16
Camión cisterna Volvo

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES PRINCIPALES
CAMION CISTERNA VOLVO	Motor	Sistema de combustible	Bomba de inyección, bomba de transferencia, filtros, bomba de cebado, inyectores, cañerías, combustible, tanque
		Sistema de lubricación	Bomba de aceite, filtro, Cáter
		Sistema de admisión de aire	Tubo compresor, Múltiple de admisión
		Sistema de refrigeración	Bomba de agua, radiador, termostato
		Sistema eléctrico - electrónico	Baterías, ECM, sensores, Harnes, motor de arranque, alternador
		Sistema de escape	Múltiples de escape, silenciador, tubo de escape
		Convertidor de par	Impulsor, turbina, estator, carcasa, eje de salida
		Caja de transmisión	Planetarios, discos de embrague, plato presor, coronas
		Diferencial	Piñón de ataque, satélites, planetarios, corona, eje de salida
		Mandos finales	Planetario, eje de salida
	Sistema hidráulico	Misceláneos	Tanque de aceite, filtro, enfriador, corona, eje de salida
		Implementos	Bombas, cilindros, caja de válvulas, filtros, enfriador de aceite, tanque de aceite, mangueras
	Sistema eléctrico - electrónico	Sistema eléctrico	Baterías, motor de arranque, alternador, luces, harneses
		Sistema electrónico	ECMs, sensores.
	Implementos	Cucharón	Cucharón
		Cilindro	Vástago, pistón, carcasa
Sistema de dirección		Filtro, Tanque de aceite, bomba de dirección	
Sistema de frenos	Tambor de frenos	Zapatas, resortes, tambor, bombín	

Contexto operacional de los sistemas más críticos de los camiones

El contexto operacional de los equipos Volvo viene enmarcado en lo siguiente: su condición de trabajo, a qué altura trabaja, si interviene climas adversos, si su diseño es óptimo para realizar trabajos de gran envergadura que el usuario requiere y si sus principales sistemas, subsistemas se comportan adecuadamente en la operación sin general fallas algunas en un determinado tiempo de operación.

El contexto operativo de los motores Volvo, como sistema de los camiones Volvo se definió de la siguiente forma:

Finalidad: Transformar la energía calorífica en energía mecánica dando una potencia al motor de combustión interna, en el cual, se da un proceso de encendido de 4 tiempos, que vienen hacer admisión, compresión, ignición y escape dentro de los cilindros y parte de la cámara de combustión, esto se conoce como el proceso de encendido con la pulverización del combustible por los inyectores y la entrada de aire con la ayuda del turbocompresor para este tipo de camiones.

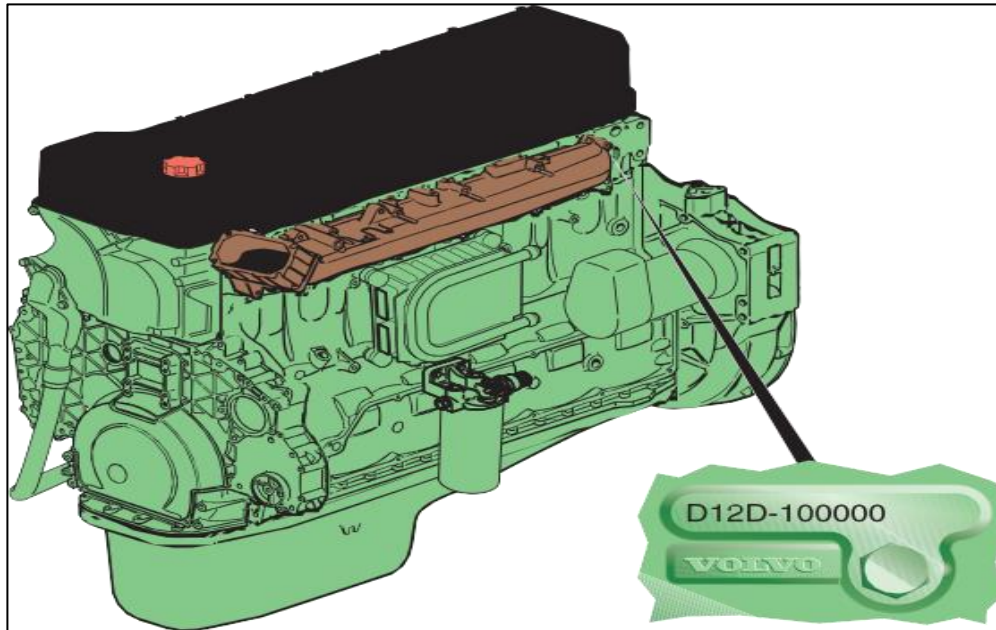


Figura 11. Motor Volvo

Fuente: Manual de motor volvo D12D

Descripción: Durante la producción de las versiones 340 a 460 de CV de potencia, se han incorporado algunas modificaciones técnicas con respecto a las D12C a D12D. Estas modificaciones se describen en el material educativo anterior y en la información de servicio.

A continuación, se ofrece un breve resumen

- a. Culata
- b. Junta
- c. Camisa de cilindro/pistón
- d. Bloque de cilindros
- e. Cárter de aceite

- f. Enfriador de aceite/tapa
- g. Inyectores bomba electrónicos

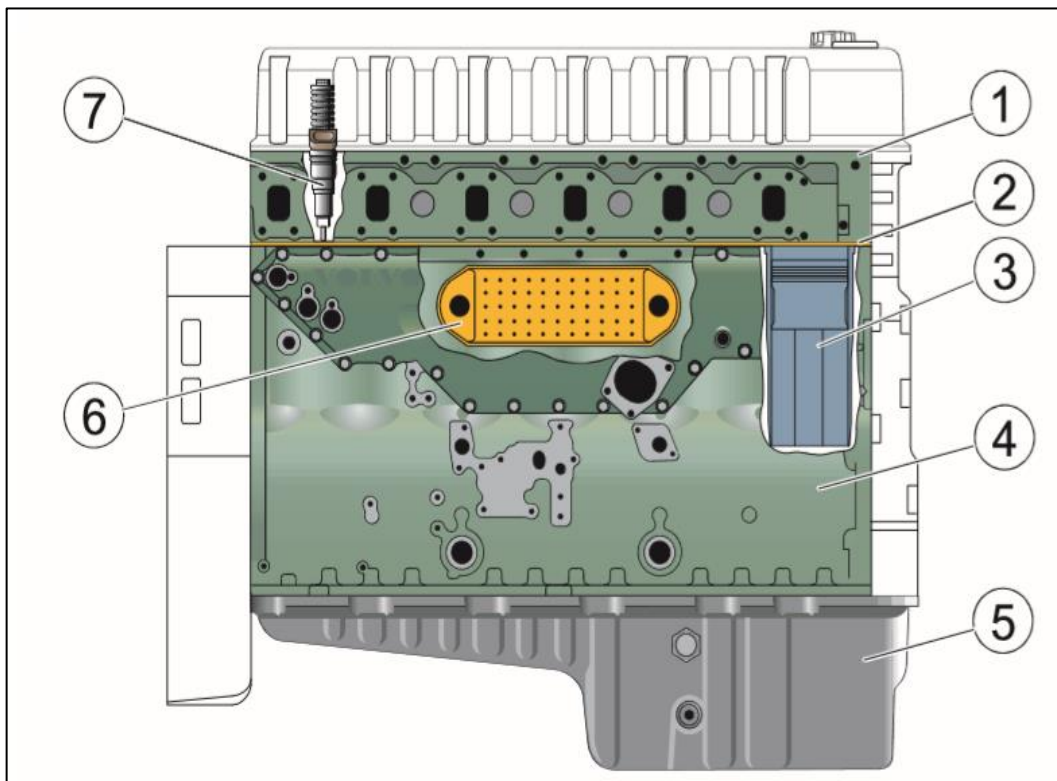


Figura 12. Parte lateral del motor

Nota: Manual de motor volvo D12D

Herramientas de servicio: Las principales herramientas utilizadas en una reparación o mantenimiento correctivo del motor son las siguientes:

- Hoja calibradora

- Llaves mixtas y juego de dados
- Compresímetro
- Removedor de camisas de cilindros
- Removedor de bancadas y cojinetes
- Probador de inyectores
- Removedor e instalador de anillos de pistones
- Lubricantes especiales para montaje de componentes de motor

Mantenimiento: Haciendo un mantenimiento preventivo al subsistema más crítico, como es el sistema de combustible que se da con una frecuencia de 500 horas, como se ve a continuación:

- Cambio de pre filtro de combustible.
- Cambio de filtros del decantador o separador de agua
- Inspección en las líneas de combustible.
- Revisión de parámetros de presión de combustible.
- Inspección de fugas de combustible.
- Revisión de bomba de la combustible e inyectores.
- Verificar la aceleración en máxima y mínima.
- Verificación de la hermeticidad del tanque de combustible y la calidad del combustible que se usa para el equipo.
- Chequear ruidos anormales de la combustión del motor.

- Escanear el equipo cada 500 horas

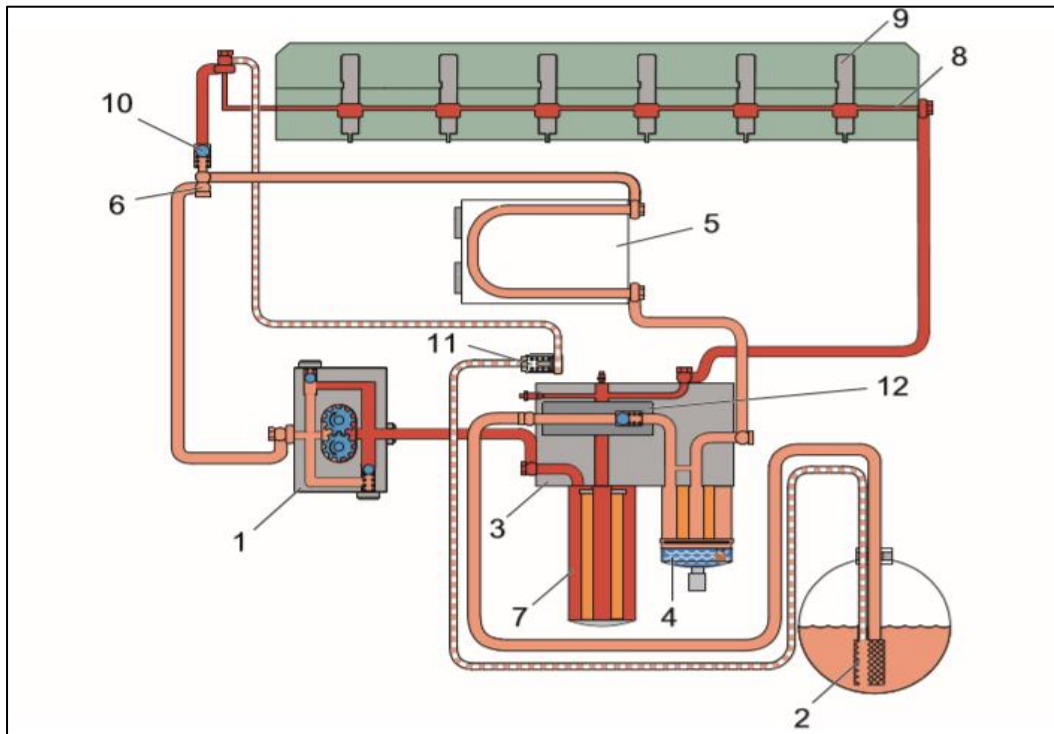


Figura 13. Sistema de combustible

Nota: Manual de motor Volvo D12D

El funcionamiento del sistema de combustible como se observa en la figura 14, la bomba de combustible (1) succiona el combustible pasando por el colador del tanque de combustible (2) pasando por el filtro principal de combustible, el prefiltro (4) el intercambiador de temperatura de la ECU (5), el distribuidor de combustible y de ahí la aspiración de la bomba de combustible.

Desde la bomba de alimentación de combustible se aspira el combustible hacia el filtro de combustible principal (7), líneas de combustible (8) que van a la culata, que se dirigen hacia los inyectores bomba (9). La válvula distribuidora (10) situada en el distribuidor de combustible, la que controla la presión de combustible y el retorno del combustible sobrante hacia el tanque de combustible.

Para la unidad de control del motor (ECU) se han incorporado sensores y actuadores nuevos. Se describen con más detalle en la sección de la ECU. Para hacer un buen reemplazo de algún componente crítico se debe ser seguimiento exhaustivo de los componentes más críticos y realizar una buena inspección diaria de los equipos o semanales para tener un mejor panorama del estado actual de cada equipo. En los motores actuales no hay un orden y análisis para evaluar de manera precisa los parámetros del motor.

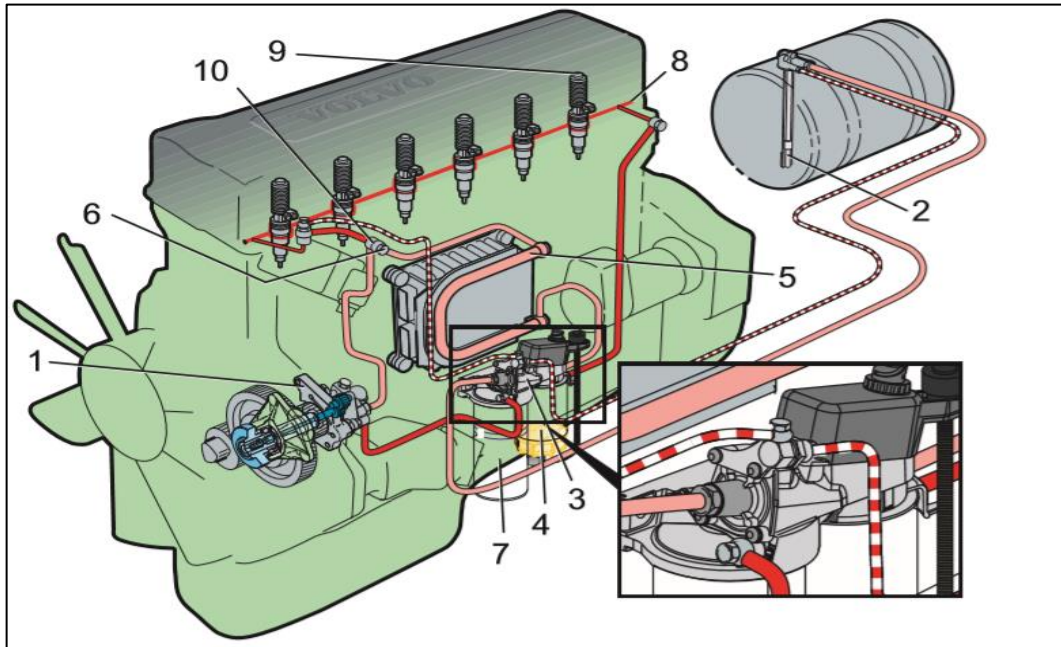


Figura 14. Sistema de Alimentación

Fuente: Manual de motor volvo D12D

Operación: El motor Volvo funciona 10 horas diarias aproximadamente, este puede variar dependiendo de la utilización de los equipos. El trabajo que realiza es diverso, como por ejemplo en el transporte de agua, en el transporte de materiales de construcción, en el traslado de máquinas y herramientas, en montajes de componentes mayores, así como otras funciones dentro de la operación.

Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Se determinó aplicar la metodología del MCC al motor Volvo y a su subsistema del circuito de alimentación diésel por ser el subsistema más crítico. Para su análisis se tomaron diferentes equipos, pero cada equipo cuenta con el mismo motor y los mismos sistemas, aplicando una correcta metodología del AMEF a un motor cualquiera de la serie D12D. Las partes principales del motor Volvo D12D se aprecian a continuación:

Motor:

- Culata
- Válvulas de admisión y escape e inyectores de alta presión
- Tapa de balancines
- Bancadas
- Cojinetes y juego de axiales principales
- Plato presor
- Amortiguador del cigüeñal
- Polea del cigüeñal
- Volante del motor
- Cubierta del volante
- Cabezas de pistón y anillos de pistón

- Biela
- Camisa de cilindros

Con las partes del motor mencionados se procedió a realizar el cuadro del AMEF con cada uno de ellos con sus respectivas fallas encontradas en el historial de los equipos relacionadas con el motor.

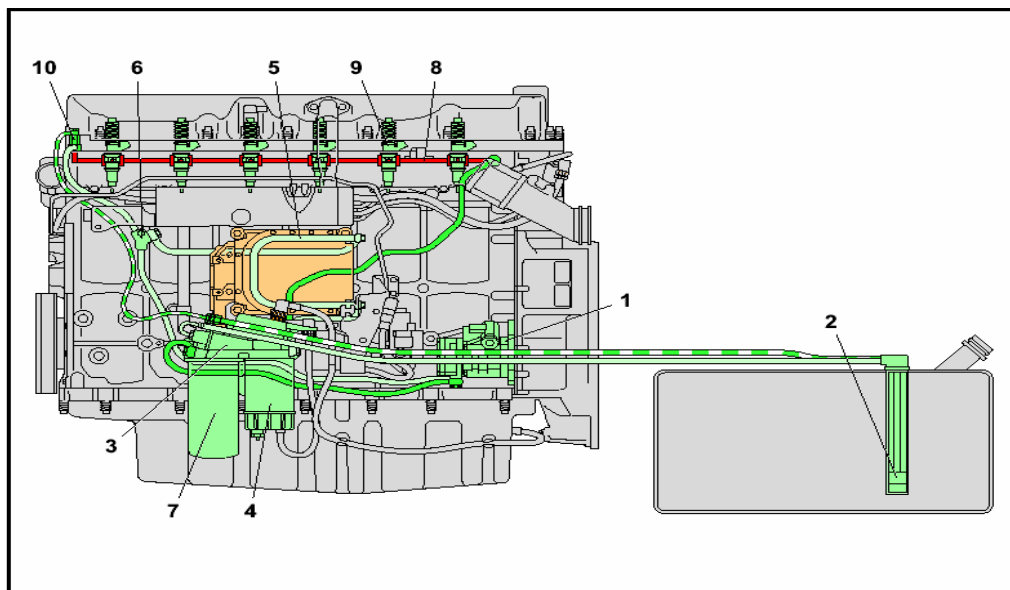


Figura 15. Sistema de combustible
Fuente: Manual de motor volvo D12D

- Bomba de combustible
- Unidad de tanque combinado
- Soporte de los filtros y bomba eléctrica
- Pre filtro de combustible

- Tubo "U" de la ECU
- Múltiple
- Circuito de alimentación
- Unidades de inyección
- Válvula

Con los componentes citados anteriormente y conjuntamente con el procedimiento de análisis, se procedió a elaborar el cuadro del AMEF de cada componente hallado con su falla, cumpliendo con el llenado de la hoja de información y hoja de decisión.

Tabla 17

AMEF de motor

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO SUBSISTEMA	NRO 1. MOTOR 3516B NRO 2. MOTOR	FACILITADOR FECHA	
Sistema	Funcion	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Motor	1. Transmitir 2220 HP de potencia al tren de fuerza del camion		1 Block fisurado	Block fisurado genera fuga de aceite y/o refrigerante
			2 Alojamientos de insertos mal maquinados de block	Fugas de aceites y/o refrigerante por insertos
			3 Rotura de block	Detención de motor por falla catastrófica
			4	Ingreso de refrigerante al aceite de motor
			5 Culata fisurada	Generación de humo azul y/o humo blanco
			6	Generación de humo azul y/o humo blanco
			7	Traba hidráulica de motor
			8 Fuga de aceite y/o refrigerante por culata	Pérdida de refrigerante y/o aceite por fuga
		A. No transmitir potencia al tren de fuerza	9 Metales de bancada desgastado	Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			10	Desgaste excesivo de cigüeñal
			11 Fatiga de cigüeñal	Falla de motor por rotura por fatiga de cigüeñal
			12	Inadecuada sincronización del motor
			13	Inadecuada sincronización del motor
			14 Lóbulos de eje de levas desgastados	Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			15	Rotura de varillas de eje de balancines
			16 Rotura de eje de levas	Falla de motor por rotura de eje de levas
			17	Falla de motor por rotura de biela
			18 Rotura de biela	Rotura de block por pistón fracturado

AMEF del motor (Continuación Tabla 17)

			19		Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			20	Metal de biela desgastado	Rotura de pistón
			21		Rotura de block por pistón fracturado
			22		Desgaste de camisa de motor
			23	Pistón dañado	Pérdida de hermeticidad de cámara de combustión
			24		Pérdida de hermeticidad de cámara de combustión
			25	Anillos de pistón desgastados	Pérdida de hermeticidad de cámara de combustión
			26		Perdida de hermeticidad de cámara de combustión
			27		Traba hidráulica de motor por pase de refrigerante
			28	Camisa fisurada	Pérdida de hermeticidad de cámara de combustión
			29		Pérdida de hermeticidad de cámara de combustión
			30		Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			31	Dientes de engranajes de tren posterior de motor picados	Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			32		Falla de motor
			33		Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			34	Dientes de engranajes de tren delantero de motor picados	Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			35		Falla de motor
			36		Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			37	Desgaste de trust washer de PTO	Contaminación de aceite de motor y desgaste de partes internas de motor
			38		No transmite potencia a mando de bombas
			39	Rotura de válvulas de admisión y/o escape	Rotura de camisa de motor
			40		Traba hidráulica de motor
			41	Rotura de eje de balancines	Rotura de válvulas de admisión y/o escape
			42		Daño a inyector

AMEF del Motor (Continuación Tabla 17)

1	A	22	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	23	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	24	S	N	N	S	S			Monitoreo de parámetros de motor	Diario	Monitor de Flota
1	A	25	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	26	S	N	N	S	S			Monitoreo de parámetros de motor	Diario	Monitor de Flota
1	A	27	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	28	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	29	S	N	N	S	S			Monitoreo de parámetros de motor	Diario	Monitor de Flota
1	A	30	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	31	S	N	N	S	S			Videos copia de tren de engranajes posteriores	Condicional a análisis de aceite	Técnico mecánico
1	A	32	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	33	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	34	S	N	N	S	S			Videos copia de tren de engranajes delanteros	Condicional a análisis de aceite	Técnico mecánico
1	A	35	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	36	S	N	N	S	S			Monitoreo de aceite e inspección de tapón magnético/Corte de filtro de aceite de motor	c/250 h	Técnico mecánico
1	A	37	S	N	N	S	S			Videoscopia de tren de engranajes delanteros	Condicional a análisis de aceite	Técnico mecánico
1	A	38	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	39	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	40	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		
1	A	41	S	N	N	S	S			Monitoreo de parámetros de motor	Diario	Monitor de Flota
1	A	42	S	N	N	S	N	N	N	Ningún mantenimiento preventivo		

Tabla 18. AMEF de sistema de combustible

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO	NRO 1. COMBUSTIBLE	FACILITADOR	
	SUBSISTEMA	NRO 2. COMBUSTIBLE	FECHA	
Sistema	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Combustible	1. Pulverizar y dosificar la cantidad exacta de combustible en los inyectores de alta presión dentro de la cámara de combustión	A. Insuficiente presión de combustible o incapaz de inyectar la presión de combustible	1	Tobera de inyector pagada y cerrada Block fisurado genera fuga de aceite y/o refrigerante Atomización deficiente Pérdida de potencia de motor Limpieza de tobera de inyector Limpieza de tanque de combustible Cambio de filtros de combustible Baja potencia del motor Exceso de combustible dentro de cámara
			2	Tobera de inyector desgastada Atomización deficiente Pérdida de potencia de motor Reemplace inyector defectuoso
			3	Sellos de inyector desgastados Ingreso de combustible al aceite de motor Baja presión de combustible Cambio de sellos de inyectores Humo negro por mala combustión
			4	Inyección irregular de combustible Verifique calibración de válvulas e inyectores Realice prueba de corte de cilindros Reemplace inyector defectuoso
			5	Líneas de suministro de combustible taponadas Pérdida de potencia Funcionamiento irregular del equipo Realizar limpieza de sistema de combustible Realizar cambio de filtros de combustible

AMEF de Sistema de Combustible (Continuación Tabla 18)

Combustible	2. Suministrar combustible desde el tanque a los inyectores a una baja presión	A. Incapaz de transferir combustible	1	Falla de bomba de transferencia - desgaste interno	Bajo flujo de suministro de combustible Pérdida de potencia Reemplace bomba de transferencia Fuga de combustible al exterior
			2	Fuga de combustible por líneas de suministro	Pérdida de potencia Funcionamiento irregular del motor Ajuste las abrazaderas de las líneas de suministro Ingreso de aire al sistema, pudiendo dañar inyectores
			3	Falta de combustible en tanque	Apagado del equipo Inspeccionar nivel de tanque de combustible
			4	Bomba de transferencia no gira	Daño interno en bomba de transferencia Reemplace bomba de transferencia

AMEF de Sistema de Combustible (Continuación Tabla 18)

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"	Tareas propuestas	Frecuencia inicial	Realizado por
F	FF	MF	H	S	E	O				H4 H5 S4			
1	A	1	S	N	N	S	S1				Evaluación de motor, prueba de corte de cilindros, cambio de filtros de combustible, tomar muestra de combustible para su análisis	250 h	Técnico Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S1				Evaluación de motor, prueba de corte de cilindros, cambio de filtros de combustible, tomar muestra de combustible para su análisis	250 h	Técnico Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S1				Evaluación de motor, prueba de corte de cilindros, tomar muestra de aceite de motor para su análisis	250 h	Técnico Mecánico
1	A	4	S	N	N	N	S1				Calibrador de válvulas de motor y ajuste de altura de inyectores	4000 h	Técnico Mecánico
1	A	5	S	N	N	S	S1				Ningún mantenimiento programado		
2	A	1	S	N	N	S	N	N			Ningún mantenimiento programado		
2	A	2	S	N	N	S					Inspección de líneas de suministro de combustible para descartar fugas	Diario	Operador
2	A	3	S	N	N	S					Inspección de nivel de refrigerante cada inicio de turno	Diario	Operador
2	A	4	S	N	N	S	N	N			Ningún mantenimiento programado		

Diseño del Plan de Mantenimiento de la flota de camiones

Ya ejecutada el AMEF, toda la información recopilada se utilizará para responder las últimas tres preguntas del MCC y realizar los trabajos de mantenimiento a través de un árbol de decisión lógica. Se puede utilizar para completar las tres primeras partes de la tabla de decisiones, a saber: información recolectada, resultados del análisis y actividades a realizarse para evitar fallas. En este caso, se decidió:

- Las actividades de planificación basadas en condiciones (pronósticos) se centran en la mayor parte de los modos de falla no ocurren de inmediato, sino que se hacen gradualmente durante una frecuencia de tiempo.
- Las tareas de rehabilitación se refieren a las tareas regulares realizadas para restaurar los activos a su estado original.
- La tarea de reemplazo (reemplazo planificado) tiene como objetivo específico reemplazar piezas o componentes viejos por piezas nuevas o activos, y el intervalo de tiempo es más corto que su vida útil (antes de la falla).
- Las tareas de búsqueda de fallas ocultas incluyen inspecciones regulares de activos con funciones ocultas para detectar si estas

funciones están en un estado operativo normal o en un estado defectuoso.

- El propósito del rediseño es minimizar o eliminar las consecuencias del modo de falla en caso de que no se logren tareas preventivas que ayuden a minimizar el modo de falla que afecta la seguridad o el medio ambiente a un nivel aceptable.
- Actividades de mantenimiento no planificadas, decidiendo esperar a que ocurra la falla y tomar las medidas correctivas, en este caso las actividades preventivas no serán económicamente más baratas que el posible impacto del modo de falla. O consecuencias no operativas.

Ya escogida las actividades y sus respectivos periodos, los resultados serán sometidos al grupo de trabajo multidisciplinario para su verificación, y se le asignará el personal responsable de realizar estas tareas. La siguiente tabla muestra la primera tabla de decisiones del análisis MCC del sistema de camiones. Por otro lado, para calcular, resumir y graficar el número de funciones, modos de falla, etc., es necesario transcribir la tabla de decisiones y la tabla de información al programa Excel, y usar este programa para construir las tablas.

Programa de Mantenimiento

Al formular el plan de mantenimiento, se consideró la tabla de decisiones generada por el análisis MCC. Teniendo en cuenta que la definición de la frecuencia de mantenimiento de una determinada tarea está establecida en la tabla de tareas de MCC de acuerdo con las normas estandarizadas, se ha desarrollado un programa. Estas reglas son las siguientes: la primera es que todas las disciplinas usan formatos de trabajo estándar; la segunda regla incluye garantizar que haya coherencia entre las tareas realizadas en el mismo elemento en diferentes intervalos de tiempo, y la tercera regla estipula que las reglas nunca deben escribirse en ejecutar "Si es necesario" operar la tarea, porque significa la falta de especificaciones estándar a seguir, y también permite que cambie el tiempo de ejecución de la tarea. Sin embargo, cuando la tarea de mantenimiento se incluye en el sistema de mantenimiento, la tarea de mantenimiento se puede modificar.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Prueba de normalidad de datos

Como análisis estadístico se procedió como primer paso a realizar una prueba de normalidad para la verificación del modelo y poder escoger

el modelo estadístico correcto para la selección de datos. La prueba de kolmogorov Smirnov, es una prueba que se utiliza para cerciorarse supuestos, sobre la distribución de la población (equipos) de la que se extraen las variables aleatorias. Donde la hipótesis nula de una prueba de bondad de ajuste, es la distribución de la población en una distribución dada, y el otro caso es que los datos no se ajustan a la distribución dada.

Se determinó dos hipótesis para esta prueba, que son:

H_0 : Hipótesis nula

Los datos de disponibilidad son de una distribución normal

H_a : Hipótesis alterna

Los datos de disponibilidad no son de una distribución normal

El nivel de confianza escogido es del 95 % y el de significancia (α) 5 % (0,05)

La disponibilidad mecánica del camión cisterna antes del MCC

Tabla 19

Disponibilidad mecánica anual antes del camión cisterna

DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE CAMIÓN CISTERNA (%)
85.66
85.75
86.98
87.12
87.28
87.62
87.90
87.95
88.45
88.62
88.98
90.31

Tabla 20

Cálculo de parámetros de la distribución normal de la tabla 27

PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	
Media	87.7200%
Desviación Estándar	1.3123
Mínimo	85.6634
Máximo	90.3100
Rango	4.6466
Numero de datos	12.0000
Numero de Intervalo de Sturges	4.5613
Numero de Intervalo de Raíz de N	3.4641
Tamaño de Intervalo	1.3414

Tabla 21*Intervalos y frecuencias calculadas*

Tabla de intervalos y frecuencias calculadas	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)	Frecuencia Observada	Frecuencia Observado Relativa	Frecuencia Observada Relativa Absoluto	Frecuencia Esperada Relativa Absoluta	(F.O.R.A - F.E.R.A)
1	85.66	87.00	3	0.25	0.25	0.2929	-0.0429
2	86.77	88.11	3	0.25	0.5	0.6165	-0.01165
3	87.87	89.21	3	0.25	0.75	0.8721	-0.1221
4	88.97	90.31	3	0.25	1	0.9759	0.0241
		Total	12	1			

Tabla 22*Cálculo del estimado de Kolmogorov Smirnov*

Encontramos Estimador de Kolmogorov Smirnov	0.0241498
Grado de libertad	12.00
Nivel de significancia de 0.05	0.375
	se acepta

Se observa la región de aceptación (Estimación de Kolmogorov Smirnov)

es: Sig.(kolmogorov)=0.024149831 y nivel de significancia $\alpha = 0.375$

Decisión: Siendo Sig. E. de Kolmogorov < 0.375, (0.024149831 < 0.375) se acepta la hipótesis nula, es decir los datos provienen de una distribución normal.

Critical Values for the Kolmogorov–Smirnov Statistic (d_α)					
Sample Size (n)	Level of Significance (α)				
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.900	0.950	0.975	0.990	0.995
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576
8	0.358	0.410	0.454	0.507	0.542
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352
21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300
29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295
30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
31	0.187	0.214	0.238	0.266	0.285
32	0.184	0.211	0.234	0.262	0.281
33	0.182	0.208	0.231	0.258	0.277
34	0.179	0.205	0.227	0.254	0.273
35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
36	0.174	0.199	0.221	0.247	0.265
37	0.172	0.196	0.218	0.244	0.262
38	0.170	0.194	0.215	0.241	0.258
39	0.168	0.191	0.213	0.238	0.255
40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252
Over 40	$1.07/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.52/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Source: Sheskin, D.J., *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*, 3rd ed., Chapman & Hall/CRC, London, 2004. (Reprinted with permission of Chapman & Hall/CRC.)

Figura 16. Valores críticos para el Test Kolmogorov-Smirnov Statistic (d_α)

Nota: Con apoyo del estimador Kolmogorov-Smirnov Statistic

Tabla 23

Disponibilidad mecánica anual después del MCC del camión cisterna

DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE CAMIÓN CISTERNA (%)
89.94
89.97
90.42
90.78
90.87
91.13
91.48
91.93
92.57
92.83
92.84
92.89

Tabla 24

Cálculo de parámetros de la distribución normal de la tabla 31

PARÁMETROS DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL	
Media	91.4721%
Desviación Estándar	1.1205
Mínimo	89.9398
Máximo	92.8938
Rango	2.9540
Número de datos	12.0000
Número de Intervalo de Sturges	4.5613
Número de Intervalo de Raíz de N	3.4641
Tamaño de Intervalo	0.8528

Tabla 25*Tabla de Intervalos y Frecuencias calculadas*

Intervalos	Límite Inferior (%)	Límite Superior (%)	Frecuencia Observada	Frecuencia Observado Relativa	Frecuencia Observada Relativa Absoluto	Frecuencia Esperada Relativa Absoluta	(F.O.R.A - F.E.R.A)
1	89.94	90.79	4	0.25	0.25	0.27216	-0.02216
2	90.79	91.64	4	0.25	0.5	0.56051	-0.06051
3	91.64	92.49	4	0.25	0.75	0.81881	-0.06881
4	92.49	93.34	4	0.25	1	0.95248	0.04752
		Total	16	1			

Tabla 26*Cálculo del estimado de Kolmogorov Smirnov*

Encontramos Estimador de Kolmogorov Smirnov	0.04752
Grado de libertad	16.00
Nivel de significancia de 0.05	0.375
	se acepta

Se observa la región de aceptación (Estimación de Kolmogorov Smirnov) es: Sig.(kolmogorov)=0.04752 y nivel de significancia $\alpha = 0.375$

Decisión: Siendo Sig.E.de Kolmogorov < 0.375, (0.04752 < 0.375) en conclusión la hipótesis nula se acepta por lo tanto viene de una distribución normal.

Tabla 27

Cuadro de disponibilidad mecánica del antes y después del equipo crítico camión cisterna Volvo

**DISPONIBILIDAD DE ANTES Y DESPUÉS DE LOS
CAMIONES VOLVO**

Meses	Antes	Después
Enero	85.66	89.94
Febrero	85.75	89.97
Marzo	86.98	90.42
Abril	87.12	90.78
Mayo	87.28	90.87
Junio	87.62	91.13
Julio	87.90	91.48
Agosto	87.95	91.93
Setiembre	88.45	92.57
Octubre	88.62	92.83
Noviembre	88.98	92.84
Diciembre	90.31	92.89

Tabla 28*Cuadro de análisis de datos de la disponibilidad antes y después*

	Variable 1	Variable 2
Media	87.7199586	91.47212899
Varianza	1.722092277	1.255621788
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.93563867	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	-27.33840777	
P(T<=t) una cola	0.00000000000091	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.00000000000183	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Formulación de la hipótesis:

Ho: Que no mejora la disponibilidad del camión Cisterna Volvo aplicando el MCC

$$\mu_1 = \mu_2$$

H1: Que si mejora la disponibilidad del camión Cisterna Volvo aplicando el MCC

$$\mu_1 \neq \mu_2$$

Distribución T de Student

k \ p	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,38	1,96	3,078	6,314	12,71	31,8	63,7	637
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,06	1,39	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,6
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,18	4,54	5,84	12,9
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,78	3,75	4,60	8,61
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,16	1,476	2,015	2,57	3,36	4,03	6,86
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,13	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,12	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,11	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,09	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,09	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,44
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,08	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,08	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,08	1,341	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,07	1,337	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,07	1,333	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,07	1,330	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,07	1,328	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,07	1,325	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,06	1,323	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,06	1,321	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,06	1,319	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,06	1,318	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,06	1,316	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,315	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,314	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,06	1,313	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,06	1,311	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,310	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,303	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,04	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58	3,29

P (T ≤ t) para k grados de libertad. Por ejemplo, para k = 2 grados de libertad, P (T ≤ 0,142) = 0,55. P (T ≥ 0,142) = 0,45.

Figura 17. Valores de la Tabla de Distribución T Student

Nota: Con apoyo de la Tabla T Student

Establecemos los resultados:

Como $\alpha = 0.05$, y por tabla ver fig.17 es 0.375 y el t estadístico es -27.3384 por tabla del t student se considera $0.95=p$ y $k=1.796$, como tabla quiere decir que:

$$1.796 > -27.3384.$$

En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) esto quiere decir, en conclusión.

“Se mejora la disponibilidad mecánica del camión cisterna Volvo aplicando el MCC”

**ANÁLISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO,
CORRECTIVO Y PREDICTIVO**

Tabla 29

Cuadro de costos de PM1

Materiales	Cantidad	Precio/und	Total
Aceite de motor 15W-40	12	54	S/ 648.00
Filtro de aceite de motor	3	32	S/ 96.00
Filtro de combustible	2	40	S/ 80.00
Grasa Volvo X60 (Kg)	2	42	S/ 84.00
Filtro de aire	1	85	S/ 85.00
PM1			S/ 993.00

Tabla 30

Cuadro de costos de PM2

Materiales	Cantidad	Precio/und	Total
Aceite de motor 15W-40	12	54	S/ 648.00
Filtro de aceite de motor	3	32	S/ 96.00
Filtro de combustible	2	40	S/ 80.00
Filtro Raccor	1	82	S/ 82.00
Aceite de corona 85w-140	10	65	S/ 650.00
Filtro de caja y corona	3	25.5	S/ 76.50
Aceite de caja 80W-90	4	60	S/ 240.00
Filtro de aire primario	1	85	S/ 85.00
Grasa Volvo X60(Kg)	2	42	S/ 84.00
Aceite de cubos	1	65.5	S/ 65.50
Filtro de refrigerante	1	35	S/ 35.00
PM2			S/ 2,142.00

Tabla 31*Cuadro de costos de PM3*

Materiales	Cantidad	Precio/und	Total
Aceite de motor 15W-40	12	54	S/ 648.00
Filtro de aceite de motor	3	32	S/ 96.00
Filtro de combustible	2	40	S/ 80.00
Filtro Raccor	1	82	S/ 82.00
Aceite de corona 85w-140	10	65	S/ 650.00
Filtro de caja	1	25.5	S/ 25.50
Aceite de caja 80w-90	4	60	S/ 240.00
Filtro de aire primario	1	85	S/ 85.00
Aceite de cubos	1	65.5	S/ 65.50
Filtro de refrigerante	1	35	S/ 35.00
Aceite de dirección	1	40	S/ 40.00
Filtro de dirección	1	55.5	S/ 55.50
Grasa Volvo X60(Kg)	1	42	S/ 42.00
Aceite de cubos posteriores	2	65.5	S/ 131.00
		PM3	S/ 2,275.50

Tabla 32*Cuadro de costos de PM4*

Materiales	Cantidad	Precio/und	Total
Aceite de motor 15W-40	12	54	S/ 648.00
Filtro de aceite de motor	3	32	S/ 96.00
Filtro de combustible	2	40	S/ 80.00
Filtro Raccor	1	82	S/ 82.00
Aceite de corona 85w-140	10	65	S/ 650.00
Filtro de caja	1	25.5	S/ 25.50
Aceite de caja 80w-90	4	60	S/ 240.00
Filtro de aire primario	1	85	S/ 85.00
Aceite de cubos	1	65.5	S/ 65.50
Filtro de refrigerante	1	35	S/ 35.00
Aceite de dirección	1	40	S/ 40.00
Filtro de dirección	1	55.5	S/ 55.50
Grasa Volvo X60(Kg)	1	42	S/ 42.00
Aceite de cubos posteriores	2	65.5	S/ 131.00
Retén delantero	2	72	S/ 144.00
Batería	2	250	S/ 500.00
Corre de alternador	1	40	S/ 40.00
Análisis de aceite	1	52	S/ 52.00
Filtro de aire secundario	1	95	S/ 95.00
Templadores de suspensión	4	56.5	S/ 226.00
		PM4	S/ 3,332.50

Tabla 33*Cuadro anual de costos de mantenimientos preventivos*

Horómetro	Mantenimientos	Frecuencia 1.5 mes	Aceites y Filtros
250	PM1		
500	PM2		
750	PM1		
1000	PM3	1er. AÑO	S/ 13,864.00
1250	PM1		
1500	PM2		
1750	PM1		
2000	PM4		
2250	PM1		
2500	PM2		
2750	PM1		
3000	PM3	2do. AÑO	S/ 13,864.00
3250	PM1		
3500	PM2		
3750	PM1		
4000	PM4		
4250	PM1		
4500	PM2		
4750	PM1		
5000	PM3	3er. AÑO	S/ 13,864.00
5250	PM1		
5500	PM2		
5750	PM1		
6000	PM3		

Tabla 34*Cuadro de costos de remuneración de personal técnico*

MECÁNICOS				
CATEGORÍA	SUELDO	DÍAS PROMEDIO	COSTO POR DÍA (S/. /día)	COSTO POR DÍA (S/. /día)
M1	S/. 2 500,00	30,00	83,33	S/.10,42
M2	S/. 1 800,00	30,00	60,00	S/.7,50
M3	S/. 1 500,00	30,00	50,00	S/.6,25

ELECTRICISTAS				
CATEGORÍA	SUELDO	DÍAS PROMEDIO	COSTO POR DÍA (S/. /día)	COSTO POR DÍA (S/. /día)
E1	S/. 2 500,00	30,00	83,33	S/.10,42
E2	S/. 2000,00	30,00	60,00	S/.7,50
E3	S/. 1 600,00	30,00	50,00	S/.6,25

SOLDADORES				
CATEGORÍA	SUELDO	DÍAS PROMEDIO	COSTO POR DÍA (S/. /día)	COSTO POR DÍA (S/. /día)
S1	S/. 3 500,00	30,00	116,67	S/.14,58
S2	S/. 1 800,00	30,00	60,00	S/.7,50

Tabla 35

Cuadro de costos de modo de falla más crítico del camión cisterna volvo (cañerías obstruidas)

**CALCULO DE COSTO ANUAL DE UN MODO DE FALLO, COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS
Costo de Mantenimiento mas costo de todas las CONSECUENCIAS sobre las Gananc. Y Pérd.)**

1 MODO DE FALLA:						
cañerías tapadas			tiempo		180 min	
2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO						
PREVENTIVO			cantidad		1	
Limpieza e inspección general de cañerías de altas y baja presión del sistema de combustible	4 meses				180	3
	Cálculo	Cantidad	Unidad	Cost/unid	COSTO	
COSTO P. PREVENIR					Soles	
3 Repuestos			1 unidades	-	-	
4 Mano de Obra directa	hs.H/		3 horas		11 S/	33.00
5 Otros costos directos de Mantenimiento						
6 Tiempo de parada del equipo para el mant.			3 horas	-	-	
7 Tiempo de proceso detenido			4 horas	-	-	
8 Utilidades perdidas por proceso detenido	hours x \$/h				594 S/	2,376.00
9 Costo de M. de O. de producción ocioso			hs. Homb	-	-	
10 Costo adicional (horas extra, etc)	hs extra, etc		0 horas	-	-	
11 Materiales perdidos o deteriorados por MF				-	-	
12 Otros costos de Mantenim. Ocasionados						
13 COSTO TOTAL cada vez que se hace	SUMA de anter.				S/	2,409.00
14 Frecuencia de ocurrencia anual	Vida útil		4.12 veces/años			
15 COSTO TOTAL PARA REPARACIÓN ANTICIPADA					S/	9,925.10

Cuadro de costos de modo de falla más crítico del camión cisterna volvo (continuación tabla 35)

COSTO DE REPARACIÓN (NO ANTICIP.)					
MODO DE FALLA					
17	Repuestos		6 unids.	66 S/	396.00
18	Mano de Obra directa de Mantenimiento	mec-elec	3 hs.Hx\$	11 S/	33.00
19	Otros Costos directos de Mantenimiento			S/	1.00
20	SUB-TOTAL por MF	SUMA de ant.	\$	S/	430.00
DAÑOS SECUNDARIOS (si los hay)					
21	Repuestos		1 und	10050 S/	10,050.00
22	Mano de Obra directa de Mantenimiento	hs.H x\$/h	2 hs.H x\$	11 S/	22.00
23	Otros Costos directos de Mantenimiento				
24	Sub-Total para el daño secundario	SUMA de ant.		S/	10,072.00
25	% Daño secundario/MF		10%		
26	SUB-TOTAL daño secund x % ocurrencia	[24] x [25]		S/	1,007.20
COSTOS DE LAS CONSEC. OPERAC.					
27	Tiempo de equipo detenido		3 horas		
28	Tiempo de proceso detenido		4 horas		
29	Utilidades perd. Por interrup.de proceso	hs parada x \$/h		594 S/	2,376.00
30	Costo de M. de O. de prod. Ociosa por el MF	hs. Hx \$/h	4	16 S/	64.00
31	Costo adicional para recup. (hs extra, etc.)				
32	Cost. De pérdidas de CALIDAD				
33	Costo de pérdidas de SERVICIO				
34	Materiales perdidos por el MF				
35	Costos de Energía Eléctrica Adicionales				
36	Otros costos originados por el MF	Auxilio Mecá	1	30 S/	30.00
37	Costo Oper. Total (sum. Al costo de repar.)	SUMA de anter.	\$/ocurr.	S/	2,470.00
38	COSTO TOTAL SI "NO ANTICIPADO"	[20]+[26]+[37]	\$/ocurr.	S/	3,907.20
	Frecuencia de ocurrencia de la falla	TMEF	4.12 Veces/año		
39	COSTO TOTAL SI NO ANTICIPADO		\$/año	S/	16,097.70
	COMPARE LÍNEA [15] CON LÍNEA [39]			594	
	La diferencia es el beneficio adicional	\$/año	-6.173 a favor de		PREVENTIVO

Tabla 36

Comparación de costo de antes y después del diseño del Plan de mantenimiento

Antes de la implementación del diseño del plan de mantenimiento	Después de la implementación del diseño del plan de mantenimiento
<p>No había seguimientos No había planner. No se contaba con ratios. No había muchos indicadores Solo se hacen mantenimientos preventivos Costo por año en la muestra de 19 unidades. S/. 13,864.00 * 19 =S/. 263,416.00</p>	<p>Se cuenta con base de datos del equipo. mejora en la parte operativa y administrativa Hay órdenes de trabajos establecidos Se cuenta con mayores indicadores Los preventivos se realizan cada 1.5 mes. Costo por año S/. 13,864.00 * 19 =S/. 263,416.00</p>
<p>Reparación de 1 bomba de combustible, más la mano de obra= S/. 10 800 como no se contaba con el historial se cambió la bomba de inyección, la probabilidad de falla por año es 4 seria =S/.23,161.00</p>	
<p>Costo por predecir el mantenimiento de las líneas del sistema de combustible =S/. 2,276.00</p>	
<p>La diferencia por predecir y realizar correctivo de reemplazo de la bomba de inyección es =S/.20,885.00</p>	
<p>Costo de la mano de obra por la reparación por las 4 veces seria =S/.1200.00</p>	
<p>Total = S/.263,416.00+23,161.00+S/.1200</p>	
<p>Total= S/. 287,777.00</p>	
<p>Ahorro anual = S/. 287,777.00– S/. 263,416.00 = S/. 24,361.00</p>	

DISCUSIÓN

De acuerdo con los datos de la tabla 3, se puede decir que el sistema del camión Volvo consta de siete (7) sistemas principales, cada uno de los cuales tiene componentes principales, que son esenciales para la operación y puesta en marcha del equipo.

Continuando con la fase de diagnóstico del estado actual, la tabla 5 muestra el tiempo de operación, el tiempo de investigación y el número de fallas por camión Volvo, y muestra las unidades 07-279 (4944.28h), 07-234 (4938.15 h) y ejecuciones más largas de horas de servicio. En la misma tabla, también se observa que la unidad con mayor Tiempo Fuera de Servicio (TFS) es el equipo 07-312 (204.62 h). Asimismo, se describen en detalle los camiones con mayor número de fallas, los cuales presentan el mismo número de fallas (12) respectivamente las unidades 07-212 y 07-379.

La tabla 6 representa el número de fallas recolectadas en un año aproximadamente, y la falla más grave observada es la presión insuficiente de combustible (12 fallas recolectadas). Esta falla puede ocurrir porque la bomba de alta presión de combustible no envía la suficiente presión al riel de distribución de combustible o los inyectores de alta presión, no dosifican

lo suficiente para enviar a la cámara de combustión del motor del equipo. La causa de este evento puede estar relacionada con problemas mecánicos y/o eléctricos. Sin embargo, una observación detallada de las fallas relacionadas con el motor.

Para el análisis de criticidad, donde se utilizó factores de ponderación para establecer los sistemas y subsistemas de los equipos, considerando que la ponderación es parte del objetivo de investigación. Para implementar este método, se realizaron los siguientes pasos: selección de una flota de equipos, hallar el o los equipos más críticos, sistema y subsistema más crítico. En la tabla 13 se muestra los equipos más críticos de la flota de camiones volvo, en la tabla 14 los sistema y subsistemas con mayor proporción de todos los sistemas y subsistemas estudiados.

Después de la realización del análisis de criticidad, se hizo funcionar el sistema más crítico del sistema motor y el subsistema de combustible. El entorno operativo le permite demarcar el estudio de MCC y determinar la función de los componentes del camión en función de los motores Volvo, y determinar los componentes que se analizarán y los que no. La descripción detallada del entorno operativo se realiza con la ayuda de mecánicos, electricistas y expertos en instrumentos, que son el personal responsable

de los trabajos de mantenimiento y tienen un amplio conocimiento de las características del motor y sus componentes

Tras una descripción detallada del entorno operativo, se han elaborado hojas de información que se pueden utilizar para determinar la función de cada componente del motor Volvo. Además, permitió la clasificación de fallas funcionales y modos de falla. También puede indicar el impacto causado por el modo de falla.

A través del árbol de decisión lógica (ALD) visto en el anexo 8, se estudió cada modo de falla generado en la tabla de información, de manera que se puedan realizar actividades de mantenimiento para eliminar o reducir la posibilidad de modos de falla. Una vez hechas todas estas tareas y sus periodos de recambio, se comenzó a recopilar toda esta información y a elaborar un plan de optimización en el control del mantenimiento. Para reducir el riesgo, se estudiaron las mejores alternativas en el ALD y fueron analizados a fin de disminuir el riesgo, para encontrar la mejor disponibilidad del equipo. En las tablas 17 y 18 se resumen las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla estudiados para cada componente del sistema motor y sistema de combustible para el camión

Volvo crítico hallado, se han identificado 2 funciones y 42 modos de falla del motor; 2 funciones y 9 modos de falla del sistema de combustible.

Resulta que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) es un instrumento que se puede utilizar para realizar estrategias de mantenimiento efectivas para asegurar el cumplimiento de los estándares requeridos por el proceso de transporte. Utilizar "MCC" brinda los siguientes beneficios:

- Establecer un espíritu altamente crítico entre todo el personal en afrontar fallas y disfunciones.
- Reducir considerablemente los costos de mantenimiento.
- Mejorar la confiabilidad operativa de la flota de camiones Volvo y sus activos, maximizar la disponibilidad y / o mejorar su mantenibilidad.
- El mantenimiento íntegro de las tareas de mantenimiento con el entorno operativo.
- Promover el trabajo en grupo.
- Mejorar la seguridad operativa y la defensa al ambiente.
- Considerando la criticidad e importancia de los activos en el entorno operativo, mejorando la aplicación de las actividades de mantenimiento.
- Establecer un sistema de mantenimiento preventivo eficaz.

- Permita que todos los empleados relacionados con el mantenimiento participen en la organización de la empresa.
- Desarrollar un sistema eficaz de gestión y registro de datos.

En la tabla 36 se observa que los parámetros calculados como el “*t de student*” para muestras relacionadas, ya encontrado la zona de rechazo, se acepta la hipótesis alterna (H_a), en conclusión, la disponibilidad mecánica mejora luego de aplicar la metodología del MCC.

En la tabla 45 de comparación de costos se aprecia que, aplicando el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se puede ahorrar anualmente S/. 20,361.00 referente a mantenimientos preventivos y correctivos.

CONCLUSIONES

1. Al diagnosticar la situación actual de la flota de camiones Volvo, se aplicó la metodología centrada a la confiabilidad (MCC) de la empresa Confipetrol Andina S.A.
2. A través del método de análisis de criticidad a la flota de camiones Volvo se estableció que el equipo más crítico es el camión cisterna.
3. Analizando los modos y efectos de fallas de la flota de camiones Volvo mediante la hoja de información MCC, se identificó cada una de las funciones de los sistemas con sus convenientes fallas de función, modos de fallas y efectos de fallas, para luego detectar las consecuencias de la falla y seleccionar las tareas de mantenimiento.
4. La mayor cantidad de fallas de la unidad crítica es la baja presión de combustible del camión cisterna.
5. Se logró mejorar la disponibilidad en un 3,80 % del camión cisterna mediante la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, obteniéndose un 91,47 % más que la disponibilidad anterior (87,67 %).

RECOMENDACIONES

1. Emplear el plan de mantenimiento recomendado en el desarrollo de este trabajo.
2. Instruir a los empleados para que utilicen MCC para mejorar la cultura de mantenimiento de la empresa Confipetrol Andina S.A.
3. Preparar prácticas operativas para facilitar los procedimientos de capacitación del personal respecto a las actividades de mantenimiento.
4. En el estudio de seguimiento dentro de la empresa Confipetrol Andina S.A., se implementó un plan de evaluación de criticidad para los camiones Volvo u otros activos dentro de las instalaciones.
5. Emplear constantemente indicadores de mantenimiento para tener un mayor control en los equipos como: la disponibilidad mecánica, tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio entre reparaciones; entre otras, encaminadas a mejorar las operaciones.
6. Aplicar el análisis de MCC a todos los subsistemas restantes que componen los camiones Volvo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acebedo, A. (2013). *Modelo conceptual de las 4 Dimensiones para la resolución de problemas en el mundo de la empresa*. Tesis doctoral, Universidad Mayor de San Marcos, Lima. Recuperado el 10 de noviembre de 2020.

Alpizar Villegas, E. (2001). *Operación, Mantenimiento y Control de Calidad*.

Arques Paton, J.L. (2009), *Ingeniería y Gestión del Mantenimiento Ferroviario*.

Ayala Porras, E. y Jiménez Vásquez, E. (2016). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del sistema de almacenamiento y despacho de GNL*.

Balbin, L., Furlanetto, A., Roversi, F. y Turco, S. (2018). *Manual de Mantenimiento de Instalaciones Industriales*.

Bravo, L. (2005). *Guía teórico práctica (Fundamentos de mantenimiento)*, UDO, Barcelona, Venezuela.

Carlos. S. (2007). *Diseño de un Sistema de Mantenimiento para Equipos Móviles de transporte de Carga Terrestre*.

- Fonseca, D. J. y Knapp, G. M. (2000). *Expert system for reliability centered maintenance in the chemical industry*. *Expert Systems with Applications*, 19(1), 45. doi:10.1016/S0957-4174(00)00019-1
- García Garrido, S. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento*. Madrid: Renovatec.
- González Fernández, F.J. (2011). *Teoría y práctica del Mantenimiento industrial avanzado*. [Libro]. Madrid: Fundación Confemetal. 4ta Edición.
- Gonzales, F.J. (2004). *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*.
- Gransch Sanjinés, Ernesto. (2010). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Ediciones Diaz de Santos S.A. Madrid – España
- Gransch Sanjinez, Ernesto. (2008). *Manual de la gestión del Mantenimiento Industrial*. Diplomado Internacional en Gerencia de Mantenimiento, BS Grupo S.A.C. Arequipa - Perú. pp. 393
- Henry, H. W. (1980). *Appraising a company's strengths and weaknesses*. *Managerial Planning* (14), pp. 76-81.
- Macian. (1999). *Fundamentos de Ingeniería del Mantenimiento*. Valencia: UPV: pp.58.
- Martínez Sánchez, I. (2009). *Diseño de un Modelo para aplicar el Mantenimiento Productivo Total a los Sectores de bienes y servicios*.


- Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F. Recuperado el 23 de noviembre de 2020.
- Mccaherty, J. W. y Flores, A. A. (2007). *Metrics (KPI'S) to assess process performance*. Proprietary Material of Caterpillar Inc., 4-16.
- McConkey, D. (1988). *Planning in a changing environment*. Bussinnes Horizons (31), pp. 64-72.
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- Mora Gutiérrez, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. [Libro]. Bogotá: Alfaomega Colombiana S.A. Primera Edición.
- Moubray, J. (1999). *El RCMII - Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)*, Aladon LTD, EE. UU.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)*. (Vol. II). (S. Ellman, Trad.) North Carolina: Aladon LLC. Recuperado el 20 de noviembre de 2020
- Olarte, W., Botero, M. y Cañón, B. (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. *Scientia et Technica*. año XVI, pp. 354-356.
- Pantoja, Y., Valvueda, E. (2012). *Ingeniería del mantenimiento*.
- Parra, C. y Crespo, M. (2016). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos*.

- Perez J, Carlos Mario. (2011). *Gerencia de Mantenimiento - Sistemas de Información*. Soporte y Cia Ltda – Colombia.
- RCM2 (2012). *Reliability - Centered - Maintenance*. Aladon, Inglaterra.
- Rey Sacristán, F. (2005). *Manual de mantenimiento integral en la empresa*. [Libro]. Madrid: Fundación Confemetal. Segunda Edición.
- Sotillo, G. (2000). *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía del mantenimiento centrado en confiabilidad*, Tesis de Grado, Ingeniería Mecánica, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz.
- Thompson, A. Y. y Strikland, K. C. (1998). *Dirección y administración estratégicas. Conceptos, casos y lecturas*. Hill Interamericana.
- VOLVO ENGINE CORPORATION (1991). *Manual de Servicios secciones 1-15"*, A View of Maintenance around the world. EE.UU.

ANEXOS

Anexo 1

Formato de Registro de Fallas

 CONFIPETROL		CONFIPETROL ANDINA S.A DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			
SOLICITUD DE SERVICIO					
Solicitado por: <u>Rolinzon Rodriguez</u>		Fecha: <u>21/02/2020</u>			
Equipo: <u>07-312/Camión Cisterna</u>		Codigo: <u>07-312</u>			
Tipo de Mantenimiento: <u>PM4</u>		Correctivo: <u> </u>		Preventivo: <u>X</u>	
Ubicación: <u>Cuzco / Taller de Equipos Livianos</u>					
Descripción		del		Trabajo:	
<u>Se realizo Mantenimiento Preventivo de 2000 hrs en un camión una ligera baja presión de combustible en el equipo la presión normal es 25 psi encontrándose con 22.5 psi</u>					
Realizado Por:	Fecha de inicio	Hora	Fecha de Culminación	Hora	Duración
<u>Rolinzon Rodriguez</u>	<u>21/02/20</u>	<u>08:00</u>	<u>18:00 pm</u>		<u>10:00 hrs</u>
Materiales Utilizados		Cantidad	Precio	Total	
<u>Filtros de Aceites y de Aire</u>		<u>6 und</u>	<u>\$120</u>		
<u>Aceite y Refrigerante</u>		<u>10 glns</u>	<u>\$200</u>	<u>\$320 PM4</u>	
			Total General	<u>PM4 \$320</u>	
Aprobado por: <u>Juan Mamani</u>		Supervisado por: <u>Eddie Ponce</u>			

Anexo 2



Cartilla de Mantenimiento preventivo de camión cisterna

CONFIPETROL		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		SEMANA	
UNIDAD: 07-312		HRS:	MANTENIMIENTO ->		1,000 Hrs
CODIGO SAP: VHSWJ1989		FECHA INGRESO:	24-Feb-20		
DETALLES DE EQUIPO: CAMION CISTERNA VOLVO		HORA INICIO:	08:00 am		
SECCIÓN/TALLER: ELECTRICIDAD PALAS Y PERF.		HORA FIN:	18:00 pm		
MECÁNICO ENCARGADO: JOAO COSSIO / Jesus Medina		CANT. HRS.	10:00hrs		
CAMION CISTERNA VOLVO					
MOTOR					
EXTRAER MUESTRAS DE ACEITE DE MOTOR	INSPECCION	SEMESTRAL	250 HRS	500 HRS	1000 HRS
EXTRAER MUESTRAS DE ACEITES: TRANSMISIÓN Y DIFERENCIALES					
INSPECCIÓN DE ALGUNA FUGA DE ACEITE POR EL MOTOR (AÑADIR EN OBSERVACIONES)					
REEMPLAZO DE ACEITE Y FILTRO DE ACEITE DE MOTOR					
REEMPLAZO DE FILTRO BY-PASS DE ACEITE DE MOTOR (VOLVO/MACK)					
REEMPLAZO DE FILTRO DE COMBUSTIBLE					
REEMPLAZO DE FILTRO DE SEPARADOR DE AGUA (COMBUSTIBLE)					
REEMPLAZO FILTRO DE AIRE PRIMARIO					
REEMPLAZO FILTRO DE AIRE SECUNDARIO (ALGUNOS MODELOS)					
INSPECCIÓN DEL TEMPLADOR DE FAJA DE ACCESORIOS					
INSPECCION FAJA DE DISTRIBUCIÓN (FAJA VENTILADOR/ALTERNADOR Y COMPRESOR)					
INSPECCIÓN DE FAJA DE ACCESORIOS (FAJA VENTILADOR/ALTERNADOR Y COMPRESOR)					
INSPECCIÓN DE RADIADOR Y ESTADO DE MANGUERAS Y SOPORTES.					
INSPECCIÓN DEL NIVEL DE REFRIGERANTE					
INSPECCIÓN DE MANGUERA DE RESPIRADERO DE MOTOR					
INSPECCIÓN DE SISTEMA DE ESCAPE: SILENCIADOR Y TUBO DE ESCAPE					
INSPECCIÓN DE TURBOCOMPRESOR (POSIBLES SONIDOS EXTRAÑOS A SU FUNCIONAMIENTO)					
INSPECCIÓN DE LOS SOPORTES DE MOTOR					
INSPECCIÓN DE BOMBA DE AGUA					
INSPECCIÓN Y/O CALIBRACIÓN DE INYECTORES					
CALIBRACIÓN DE VÁLVULAS DE MOTOR (ALGUNOS MODELOS)					
FRENOS					
DRENAR TANQUE DE AIRE E INSPECCIONAR ESTADO					
INSPECCIONAR ESTADO DE MANGUERAS DE AIRE					
INSPECCIONAR ESTADO DE MANGUERAS DE VÁLVULAS DE AIRE					
INSPECCIÓN DE FILTRO SECADOR AIRE (CAMBIAR DE ENCONTRARSE SATURADO)					
INSPECCIÓN DE COMPRESOR DE AIRE					
REEMPLAZO DE FILTRO SECADOR AIRE					
INSPECCIONAR ZAPATAS DE FRENO, TAMBOR DE FRENO (POSIBLE DESGASTE)					
INSPECCIONAR/REGULAR FRENO DE PARQUEO					
INSPECCIONAR ESTADO DE LOS PEDALES DE FRENO, EMBRAGUE Y ACCELERADOR					
SISTEMA ELÉCTRICO					
INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE BATERÍA Y BORNES					
INSPECCIÓN DE TABLERO DE INSTRUMENTOS: INDICADORES Y TESTIGOS					
INSPECCIÓN DE LUCES EXTERIORES E INTERIORES (INCLUYE: CIRCULINA / PERTIGA/ PIRATAS)					
INSPECCION DE SISTEMA DE CARGA: ALTERNADOR					
INSPECCIÓN DE SISTEMA DE ARRANQUE: ARRANCADOR					
REALIZAR MANTENIMIENTO A ALTERNADOR Y ARRANCADOR					
DIRECCIÓN, SUSPENSIÓN Y RUEDAS					
INSPECCIÓN DE FILTRO HIDRÁULICO DE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN					
REEMPLAZO DE FILTRO HIDRÁULICO DE DEPÓSITO DE DIRECCIÓN					
INSPECCIÓN DE NIVEL DEL FLUIDO DE DIRECCIÓN					
REEMPLAZO DE FLUIDO DE DIRECCIÓN					
INSPECCIÓN DE CAJA DIRECCIÓN HIDRÁULICA (POSIBLE FUGA DE ACEITE, SONIDO EXTRAÑO)					
INSPECCIÓN DE AMORTIGUADORES (VERIFICAR SI TIENE DESGASTE)					
LUBRICAR E INSPECCIONAR PINES, BLUES					
INSPECCIÓN DE MUELLES DELANTEROS Y PORTERIORES					
INSPECCIONAR Y LUBRICAR EXTREMOS DE LA BARRA DE DIRECCIÓN					
INSPECCIONAR Y LUBRICAR TERMINALES DE DIRECCIÓN					
INSPECCIÓN DE PERNOS Y TUERCAS DE CHASIS Y CARROCERIA					
TRANSMISIÓN					
INSPECCIÓN DEL NIVEL LÍQUIDO DE EMBRAGUE					
VERIFICACIÓN DE MEDIDAS DE DESGASTE DE LOS DISCOS DE EMBRAGUE					
INSPECCIÓN DE FILTRO DE TRANSMISIÓN					
INSPECCIÓN DE RADIADOR DE ACEITE DE TRANSMISIÓN (VOLVO/MACK) (POSIBLE FUGA DE ACEITE)					
REEMPLAZO DE FILTRO DE TRANSMISIÓN					
INSPECCIÓN DE NIVEL DEL FLUIDO DE TRANSMISIÓN					
INSPECCIÓN DE FILTRO DE DIFERENCIAL (ALGUNOS MODELOS)					
REEMPLAZO DE FILTRO DE DIFERENCIAL (ALGUNOS MODELOS)					
REEMPLAZO DE FLUIDO DE CAJA DE TRANSMISIÓN					
REEMPLAZO DE FLUIDO DE DIFERENCIAL DELANTERO Y POSTERIOR					
MEDIR EL DESGASTE DEL DISCO DE EMBRAGUE (considerar datos en Observaciones)					
LUBRICAR JUNTA UNIVERSAL (CRUCETAS) DEL DIFERENCIAL					

Fuente: Confipetrol Andina S.A


Anexo 3

Cartilla de Inspección de Volquetes

		CARTILLA DE INSPECCIÓN VOLQUETE ESTADO Y CONDICIÓN		FORMATO: CLIENTE: Southern Copper Corporation DOC. ID: FECHA: PÁGINA: 3	
I.- IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD CÓDIGO EQUIPO: NDJ-378 PLACA: AVAG OPERACIÓN: AVAG				TAG ARRIBLO: UBICACIÓN: CONDICIÓN:	
DATOS DE UNIDAD MARCA: VOLVO MODELO: FMX-380 SERIE: HORÓMETRO: 3128 ODOMETRO:		IMAGEN DIGITAL 			
DATOS DE MOTOR MARCA: VOLVO MODELO: NÚMERO DE SERIE: 0121		ASIGNADO ASIGNADO: CONFIPETROL ANDINA S.A			
II.- RESUMEN DEL ESTADO					
MOTOR					
Estado Cañería (tuberías) de inyección	OK	OBSERVACIONES	SISTEMA DIRECCION	ESTADO	OBSERVACIONES
Estanqueidad del sistema de combustible	OK		Inspección de caja de dirección	OK	
Verificar Nivel de aceite	OK		Inspección de servo dirección	OK	
Verificación de pernos monoblock gral.	OK		Estado de mangueras de hidrolina	OK	
Verificación de pernos de culata	OK		Estado de hidrolina y filtro de hidrolina	OK	
Verificación del termostato	OK		SISTEMA DE REFRIGERACION	ESTADO	OBSERVACIONES
Mangueras y abrazaderas de la admisión de aire	OK		Radiador	OK	
Verificación y estado del filtro de aire	OK		Ventilador	OK	
Verificación y estado de la compresora de aire	OK		Faja de Ventilador	OK	
Verificación y estado de filtro secador de aire	OK		Bomba de agua	OK	
Inspección de dampers de motor	OK		Enfriador de aceite de motor	OK	
Inspección de poleas de giro de motor	OK		Enfriador de aceite hidráulico	OK	
Volante de motor/estado de la cremallera	OK		Tapa de radiador	OK	
Inspección del estado de Carter	OK		Mangueras de radiador y enfriador	OK	
Inspección de bomba de aceite (presión)	OK		Fugas de refrigerante	OK	
SISTEMA DE ADMISION Y ESCAPE	ESTADO	OBSERVACIONES	Guardas de radiador	OK	
Filtro de aire primario	OK		Soportes de radiador	OK	
Turbo aliminator	OK		SISTEMA ELECTRICO - ELECTRONICO	ESTADO	OBSERVACIONES
Tuberías de múltiple de admisión	OK		Revisión del alternador (carga)	OK	
Tuberías de múltiple de escape	OK		Revisión del arranque	OK	
Silenciador	OK		Revisión general del cableado	OK	
Fugas de gases de escape	OK		baterías (verificación del electrolito)	OK	Falta electrolitos sulfatados
SISTEMA DE INYECCION Y COMBUSTIBLE	ESTADO	OBSERVACIONES	Bornas de batería	OK	
Bomba de inyección y/o Bomba HELIX	OK		Cables de batería	OK	
Cañerías y conexiones	OK		Faros y luces en general	OK	
Bomba de cebado y/o Transferencia	OK		Módulo eléctrico ECM	OK	
Tapa de tanque de combustible	OK		Switch de corte de energía	OK	
Estado de filtros de combustible	OK		Sensores	OK	
SUSPENSION	ESTADO	OBSERVACIONES	Harnes principal	OK	
Revisión de amortiguadores delanteros	OK		Alarma de retroceso	OK	
Revisión de amortiguadores posteriores	OK		SISTEMA DE TRANSMISION	ESTADO	OBSERVACIONES
Revisión de barra estabilizadora delantera (bujes)	OK		Disco de embrague	OK	
Revisión de barra estabilizadora posterior (bujes)	OK		Crucesetas	OK	
Revisión de grilletas	OK		Terminales de articulación de palanca de cambios	OK	
Estado de paquete de muelles delantero	OK		Accionamiento de los cambios caja de cambios (estado sincronizadores)	OK	
Estado de paquete de muelles posterior	OK		Canclán	OK	
SISTEMA DE FRENSOS	ESTADO	OBSERVACIONES	Verificar nivel de aceite		
Verificar nivel de líquido de frenos	OK		CABINA DE OPERADOR	ESTADO	OBSERVACIONES
Revisión del conjunto de frenos (tambores/zapatas)	OK		Cinturon de seguridad	OK	
Estanqueidad del sistema	OK	Hacer mantenimiento	Españoles laterales	OK	
Verificación de tolerancias Juego Axial bocamaza	OK		Cremalleras de vidrio	OK	
Freno de Mano (funcionalidad)	OK		Regulador de asiento	OK	
Estado de válvulas de aire	OK		Parabrisas	OK	
Estado de líneas de Aire	OK		Suspensión de cabina	OK	
COMPRESOR	ESTADO	OBSERVACIONES	TOLVA	ESTADO	OBSERVACIONES
Estado de los pulmones	OK		Fugas de aceite por bomba hidráulica	OK	
Estado de las zapatas delanteras	OK		Mangueras hidráulicas	OK	
Estado de las zapatas posteriores	OK		Tanque hidráulico	OK	
DOCUMENTOS	ESTADO	OBSERVACIONES	Riston telescópico	OK	
SOAT	OK		Compuerta	OK	
Manual de operaciones y/o mantenimiento	OK		Bomba hidráulica	OK	
Tarjeta de propiedad	OK		Tolva	OK	
			Luces de tolva	OK	
			Canclán de toma fuerza	OK	
			Canclán de toma fuerza	OK	
			NEUMÁTICOS	ESTADO	OBSERVACIONES
CABINA	ESTADO	OBSERVACIONES	Estado de ruedas	OK	
Controles	OK		Rueda de respaldo	OK	
Asiento de copiloto y/o pasajero	OK		Pernos y bujes de ruedas	OK	
Ventilador/calefacción	OK		Estado de aros	OK	
Luces	OK				
Espesjes laterales retrovisores	OK				
Cofers	OK				
Tapa de puertas	OK				
Cremallera de vidrio de puertas	OK				

Anexo 4


Cartilla de Mantenimiento de Camiones

 CARTILLA MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO MEDIANO DIESEL CAMIONES		Codigo:	MANTTO-S&S01-001	
		Version:	0	
		Fecha:	2/02/2020	
		Pagina:	1	
INFORMACION DEL EQUIPO:				
NRO. LLAMADA:	07-444	KILOMETRAJE:	—	
PLACA:	30C-713	HOROMETRO:	3998 hrs	
MARCA:	VOLVO	VIN:	—	
MODELO:	ENX-370	TIPO PM:	PM4	
DESCRIPCION:	Camion Cisterna Combustible	PROX PM:	4250 hrs	
TEC RESPONSABLE:	Frank Colquehuacma	N° TECNICOS:	4	
		ORDEN TRABAJO:	—	
		FECHA DE INGRESO:	02/02/2020	
		HORA DE INGRESO:	08:30am	
		FECHA DE SALIDA:	03/02/2020	
		HORA DE SALIDA:	10:00am	
		SUPERVISOR:	Eddie Ponce	
Nota: Tolerancia (s) 30 Hrs.		OK = Aceptable / RC = Requiere corrección		
Frecuencia: PM1-250 hrs / PM2-500 hrs / PM1-750 hrs / PM3-1000 hrs / PM1-1250 hrs / PM2-1500 hrs / PM1-1750 hrs / PM4-2000 hrs				
ITEM	ACCIONES DE MANTENIMIENTO	OK	TIEMPO	OBSERVACIONES
1	LAVADO Y LIMPIEZA GENERAL	✓	20	
2	LIMPIAR RESPIRADERO DE MOTOR	✓	5	
3	ENGRASE GENERAL	✓	20	
4	DRENAR TANQUES DE AIRE	✓	10	
5	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	✓	10	
6	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	✓	6	
7	CAMBIAR FILTRO DE PETROLEO	✓	6	
8	CAMBIAR FILTRO SEPARADOR DE AGUA DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE	✓	6	
9	CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRIMARIO	✓	5	
10	CAMBIAR FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	✓	10	
11	CAMBIAR REFRIGERANTE	✓	10	
12	CAMBIAR FILTRO DE REFRIGERANTE	✓	7	
13	CAMBIAR FILTRO SECADOR DE AIRE	✓	5	
14	CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION	✓	8	
15	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE DIRECCION	✓	5	
16	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	✓	8	
17	CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISION	✓	5	
18	CAMBIAR ACEITE DE CORONA	✓	8	
19	CAMBIAR FILTRO DE CORONA	✓	5	
20	CAMBIAR ACEITE HIDRAULICO	✓	8	
21	CAMBIAR FILTRO HIDRAULICO	✓	5	
22	CAMBIAR FILTRO RESPIRADOR DE TANQUE HIDRAULICO	✓	5	
23	INSPECCIONAR NIVEL DE REFRIGERANTE	✓	3	
24	INSPECCIONAR NIVEL DE AGUA (PARABRISAS)	✓	3	
25	INSPECCIONAR NIVEL DE LIQUIDO DE EMBRAGUE	✓	5	
26	INSPECCIONAR NIVEL DE ACEITE DE RUEDAS, CUBOS Y CAJA	✓	4	
27	INSPECCIONAR FUGAS AIRE, AGUA, REFRIGERANTE, ETC.	✓	3	
28	INSPECCIONAR PERNERIA DE TODO EL EQUIPO	✓	5	
29	INSPECCIONAR RADIADOR, MANGUERAS Y CONECCIONES	✓	5	
30	INSPECCIONAR ESTADO DE CORREAS DE VENTILADOR Y ALTERNADOR (MOTOR)	✓	5	
31	INSPECCIONAR ESTADO DE ALTERNADOR	✓	7	
32	INSPECCIONAR ESTADO DE ARRANCADOR	✓	7	

Fuente: Confipetrol Andina S.A.

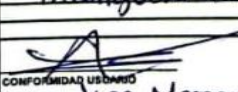
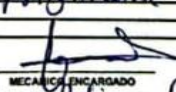

Anexo 5

Cartilla de Mantenimiento de Volquetes

		CARTILLA MANTENIMIENTO PREVENTIVO EQUIPO MEDIANO VOLQUETES			Codigo:	MANTTO-S&S01-001
					Version:	0
					Fecha:	5/02/2020
					Pagina:	1
INFORMACION DEL EQUIPO:						
NRO. LLAMADA:	07-316	KILOMETRAJE:		N° ORDEN TRABAJO:		
PLACA:		HOROMETRO:	2600hrs	FECHA DE INGRESO:	06/02/20	
MARCA:	VOLVO	VIN:		HORA DE INGRESO:	08:15 am	
MODELO:	FNX-380	TIPO PM:	PM 4	FECHA DE SALIDA:	07/02/20	
DESCRIPCION:	Camion Cablero	PROX PM:	2250hrs	HORA DE SALIDA:	10:00 am	
TEC RESPONSABLE:	Frank Colque / Koly Rodriguez / Jesus	N° TECNICOS:	3	SUPERVISOR:	Luis Escate	
Nota: Tolerancia (+)1000 Km				OK = Aceptable / RC = Requiere correccion		
Frecuencia: PM1-250 hrs / PM2-500 hrs / PM1-750 hrs / PM3-1000 hrs / PM1-1250 hrs / PM2-1500 hrs / PM1-1750 hrs / PM4-2000 hrs						
ITEM	ACCIONES DE MANTENIMIENTO	OK	TIEMPO	OBSERVACIONES		
1	LAVADO Y LIMPIEZA GENERAL	✓	20			
2	LIMPIAR RESPIRADERO DE MOTOR	✓	5			
3	ENGRASE GENERAL	✓	20			
4	DRENAR TANQUES DE AIRE	✓	10			
5	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	✓	10			
6	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE MOTOR	✓	6	cambiar tapa de Venado		
7	CAMBIAR FILTRO DE PETROLEO	✓	6			
8	CAMBIAR FILTRO SEPARADOR DE AGUA DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE	✓	6			
9	CAMBIAR FILTRO DE AIRE PRIMARIO	✓	5			
10	CAMBIAR FILTRO DE AIRE SECUNDARIO	✓	10			
11	CAMBIAR REFRIGERANTE	✓	10			
12	CAMBIAR FILTRO DE REFRIGERANTE	✓	7			
13	CAMBIAR FILTRO SECADOR DE AIRE	✓	5			
14	CAMBIAR ACEITE DE DIRECCION	✓	8			
15	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE DIRECCION	✓	5			
16	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION	✓	8			
17	CAMBIAR ACEITE DE TRANSMISION	✓	5			
18	CAMBIAR ACEITE DE CORONA	✓	8			
19	CAMBIAR FILTRO DE CORONA	✓	5			
20	CAMBIAR ACEITE HIDRÁULICO	✓	8			
21	CAMBIAR FILTRO HIDRÁULICO	✓	5			
22	CAMBIAR FILTRO RESPIRADOR DE TANQUE HIDRAULICO	✓	5			
23	INSPECCIONAR NIVEL DE REFRIGERANTE	✓	3			
24	INSPECCIONAR NIVEL DE AGUA (PARABRISAS)	✓	3			
25	INSPECCIONAR NIVEL DE LIQUIDO DE EMBRAGUE	✓	5			
26	INSPECCIONAR NIVEL DE ACEITE DE RUEDAS, CUBOS Y CAJA	✓	4			
27	INSPECCIONAR FUGAS AIRE, AGUA, REFRIGERANTE, ETC.	✓	3			
28	INSPECCIONAR PERMEABILIDAD DE TODO EL EQUIPO	✓	5			
29	INSPECCIONAR RADIADOR, MANGUERAS Y CONEXIONES	✓	5	Cambiar abrazadero de manguera		
30	INSPECCIONAR ESTADO DE CORREAS DE VENTILADOR Y ALTERNADOR (MOTOR)	✓	5			
31	INSPECCIONAR ESTADO DE ALTERNADOR	✓	7			
32	INSPECCIONAR ESTADO DE ARRANCADOR	✓	7			

Fuente: Confipetrol Andina S. A.

Cartilla de Mantenimiento de Volquetes (Continuación de Anexo 5)

33	INSPECCIONAR ESTADO DE BATERIA	✓	5	
34	INSPECCIONAR ESTADO DE LUCES EN GENERAL	✓	5	
35	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS INSTRUMENTOS DE CONTROL	✓	10	
36	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS ASIENTOS CONDUCTORES EN GENERAL	✓	5	
37	INSPECCIONAR ESTADO DE LOS SENSORES EN GENERAL	✓	5	
38	INSPECCIONAR ESTADO DE RUSTER Y SELECTOR	✓	13	
39	INSPECCIONAR ESTADO DE INTERRUPTORES ELECTRICOS DE CONTROL	✓	15	
40	INSPECCIONAR ESTADO DE AMORTIGUADORES DEL ANTEROS, POSTERIORES Y CABINA	✓	10	
41	INSPECCIONAR ESTADO DE SISTEMA DE GASES DE ESCAPE	✓	12	
42	INSPECCIONAR ESTADO DE LLANTAS	✓	5	
43	INSPECCIONAR PERNOS DE RUEDAS DE TODO EL EQUIPO	✓	5	
44	INSPECCIONAR ESTADO DE PINES, BUJES Y MUELLES	✓	11	
45	INSPECCIONAR ESTADO DE ESPEJOS, CINTURON DE SEGURIDAD	✓	5	
46	INSPECCIONAR SOPORTES (MOTOR, RADADOR, CARDANES, ETC.)	✓	8	
47	INSPECCIONAR CRUCETAS (DIRECCION, CARDANES)	✓	8	
48	INSPECCIONAR ROTULAS DE DIRECCION (LARGO, CORTO, EN V)	✓	8	
49	INSPECCIONAR PTO	✓	5	tu lta engrasar al PTO
50	INSPECCIONAR ESTADO DE MANGUERAS FRENO, HIDRAULICA FUEL	✓	10	
51	REVISAR/REGULAR SISTEMA DE FRENOS	✓	5	
52	REVISAR/REGULAR SISTEMA DE EMBRAGUE	✓	5	
53	REVISAR/AJUSTAR SOPORTES DE MOTOR	✓	5	
54	REVISAR/AJUSTAR SOPORTES DE CARROCERIA	✓	5	
55	REALIZAR MANTENIMIENTO A LAS FAJAS DE FRENOS	✓	8	
56	REALIZAR MANTENIMIENTO A RODAMIENTOS DE RUEDAS AJUSTES	✓	10	
57	REALIZAR DIAGNOSTICO ELECTRONICO (CODIGOS DE FALLA)	✓	70	
58	REALIZAR MANTENIMIENTO A VALVULA GOBERNADORA DE AIRE	✓	7	
59	REALIZAR MANTENIMIENTO A CRUCETAS DE CARDAN	✓	8	
60	REALIZAR MANTENIMIENTO ALTERNADOR	✓	8	
61	REALIZAR MANTENIMIENTO ARRANCADOR	✓	8	
62	REALIZAR MANTENIMIENTO A BOMBA DE AGUA	✓	8	
63	REALIZAR MANTENIMIENTO A TERMOSTATO (CAMBIAR SI ES NECESARIO)	✓	12	
64	REALIZAR MANTENIMIENTO A VALVULAS DE DESFOGUE Y SERVICIO DE FRENO	✓	10	
65	REALIZAR MANTENIMIENTO A LA CAJA DE DIRECCION	✓	10	
66	MUESTRAS DE ACEITE DE MOTOR	✓	10	
67	MEDIR COMPRESION DE MOTOR	✓	5	
68	REALIZAR CALIBRACION DE VALVULAS DE MOTOR	✓	10	
69	INSPECCION DE BARRAS ESTABILIZADORAS	✓	8	
70	INSPECCION INTEGRAL SISTEMA LIMPIAPARABRISAS	✓	10	
71	INSPECCION DE ALARMA DE RETROCESO	✓	8	
72	INSPECCION CIRCULINA, PERTIGA, CLAXON	✓	8	
			00:00 hrs	
OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS:				
En el proximo mantenimiento cambiar tapa de llenado de aceite de motor, de la tapa de balancines, cambiar abrazaclera de manguera de entrada de refrigerante y engrasar al PTO				
 CONFORMIDAD USUARIO Nombre: Juan Mamani		 MECANICO ENCARGADO Nombre: Polina Rodriguez		 SUPERVISOR DE TALLER Nombre:

Fuente: Confipetrol Andina S.A.

Anexo 6

Fotos de Camión Volvo FMX440



Fuente: U.M. Cuajone

Anexo 7

Fotos de Camión Volvo FMX440



Fuente: U.M. Cuajone

Anexo 8

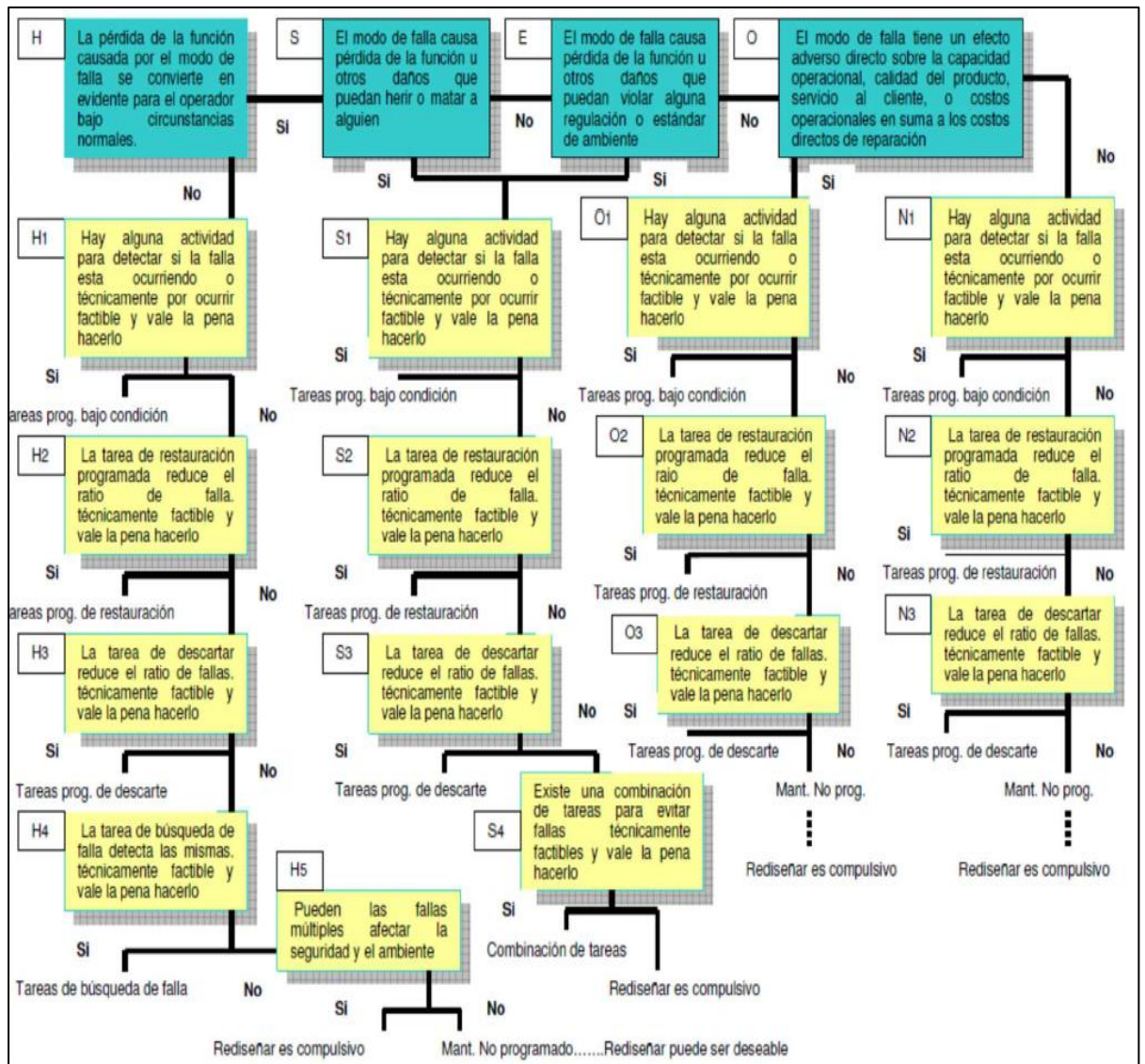
Fotos de Camión Volvo FMX380



Fuente: U.M. Cuajone

Anexo 9

Gráfica del Árbol de diagrama lógico



Fuente: (Jhon Moubray ,1997)

