

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CS. APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE
TRACTOCAMIONES EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS EN SU
CONTEXTO OPERACIONAL**

REALIZADO POR:

GUSTAVO ANTONIO MORENO RUSSIAN

**Trabajo de Grado Presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito
Parcial para Optar al Título de:**

INGENIERO MECÁNICO

Puerto La Cruz, Enero de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CS. APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE
TRACTOCAMIONES EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS EN SU
CONTEXTO OPERACIONAL**

ASESORES:

Ing. Bravo Luis
Asesor Académico

Ing. Olivares Pedro
Asesor Industrial

Puerto La Cruz, Enero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CS. APLICADAS
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE
TRACTOCAMIONES EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS EN SU
CONTEXTO OPERACIONAL**

JURADO:

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de:

EXCELENTE

Ing. Bravo Luis
Asesor Académico

Ing. Griffith Luis
Jurado Principal

Ing. Villarroel Delia.
Jurado Principal

Puerto La cruz, Enero de 2009

RESOLUCIÓN

Artículo 44

“Los trabajos de grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”

DEDICATORIA

Dedico este pequeño fruto de mi vida a mi Dios, el cual estuvo allí en cada uno de los momentos importante de la carrera apoyándome en las buenas y en las malas y me guió por el camino de la sabiduría, dándome día a día el esfuerzo necesario para cumplir con todos mis logros. También quiero extender esta dedicatoria a lo mas glorioso que me brinda Dios que son mis **PADRES Y HERMANA**, por su amor, comprensión, valor, confianza y enseñanza que han depositado en mi persona en cada instante de sus vida, para alcanzar cada meta que me he propuesto y junto a ellos seguir formándome profesionalmente a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

Cada meta lograda en esta vida tiene sacrificios y barreras que se van superando hasta alcanzar el objetivo principal que es el éxito. Los esfuerzos personales que puede tener el ser humano son bien recompensados y el ser un profesional de este país, egresado de una universidad tan prestigiosa como la Universidad de Oriente es el éxito más grande que puedo tener, sin embargo, en ese período de esfuerzos nos encontramos rodeados de seres queridos, amistades, compañeros donde cada uno de ellos sin darnos cuenta, aportan un granito de arena para que los obstáculos los podamos superar con facilidad y emprendernos nuevamente por el camino del éxito, es por ello que jamás hubiese conseguido tan acreditado logro sin la ayuda de ellos que a lo largo de mi carrera siempre estuvieron allí, algunos continúan a mi lado y otros lamentablemente no están, pero los recuerdo a cada instantes y en cada momento de mi vida, como es el caso de mi querido padre Gregorio Moreno “*El Bombis*”, a quien agradezco plenamente todo el apoyo brindado.

Quisiera agradecer:

A mi **Madre**, Deyanira Russian, por todo su amor brindado y confianza depositada en mi. Con todo el cariño brindado me enseñaste que para llegar a ser alguien en la vida tenemos que luchar por lo que queremos y que solo yo puedo lograrlo. A mi **Padre**, Gregorio Moreno “El Bombis”, el cual desde hace dos años no esta a mi lado físicamente, pero siempre me ha nutrido de esfuerzos espiritualmente, y quiero agradecer todo su amor y consejos para alcanzar cada meta propuesta en la vida. Los amo a ambos, nunca cambien.

A mi **Hermana**, Greydenir del Carmen, eres mi ejemplo a seguir en esta vida, me enseñaste a ver la vida desde otro punto de vista gracias a tu amor de hermana y

recomendaciones. Te amo, sigue cosechando fruto para yo seguir aprendiendo de ellos.

A mi **Familia**, ustedes son mi guía para encontrar el camino del éxito y la prosperidad que puedo necesitar en cualquier tropiezo y así levantarme y seguir adelante luchando por lo que quiero.

A mi **Novia**, Zenia Seijas, por el gran amor, comprensión dedicación y apoyo brindado en los momentos difíciles que me ayudaron a continuar en la búsqueda de este preciado logro y por enseñarme que existe un Dios que aprieta pero no ahorca el cual nos ama a todos por igual. Extiendo este agradecimiento a toda su familia por su confianza y esperanza que depositaron en mí, para que este logro se me hiciera realidad. Mil gracias a todos los quiero como parte de mi familia.

A mis **Amigos**, que de una u otra manera estuvieron allí en los momentos difíciles de mi carrera, aconsejándome, dándome su hombro sin defraudarme, les agradezco a todos por depositar en mí su valiosa amistad que vale oro. Nunca cambien siempre los tendré presente.

A mi asesor académico, **Ing. Luis Bravo**, siempre estuviste allí cuando te necesite, brindándome tus valiosos conocimiento para que hoy en día haya culminado con gran éxito mi trabajo de grado, me hubiese gustado compartir y aprender mas de Ud., porque de verdad es un gran profesional. Existo en sus logros.

A mi Jefe Inmediato **Sr. José Pineda**, el cual depositó una gran fe en mi persona, apoyándome y valorándome como un verdadero profesional. Quiero hacerle llegar este agradecimiento a toda la familia Cemex Transporte Oriente, son unos grandes compañeros y amigos.

A todos millones de gracias.....

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es diseñar las estrategias de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones bajo los requerimientos en su contexto operacional. Para lograr este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de los tractocamiones, verificando su estado y comportamiento durante su operación. Luego se aplicó la técnica del Análisis de Criticidad bajo la metodología EQUICRIT, determinando el sub-sistema del tractocamión más crítico. Seguidamente se aplicó la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad junto con el análisis FODA, para crear un plan estratégico de mantenimiento aplicable al sub-sistema más crítico. Finalmente se realizó un análisis de los resultados obtenidos, y con ellos conclusiones y recomendaciones, para mejorar las condiciones actuales del sub-sistema. El análisis de MCC al sub-sistema mas crítico de los tractocamiones permitió que las actividades no planificadas bajo las cuales se realizaban las labores de mantenimiento, pasaran a ser actividades totalmente planificadas con un 76 porciento de actividades preventivas y un 24 porciento de actividades correctivas. El beneficio que aportó el siguiente trabajo fue eliminar las actividades preventivas innecesarias que se venían realizando en el frente de Transporte Oriente e implementar el nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología del MCC.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	viii
CONTENIDO	ix
INTRODUCCIÓN	xvi
1 EL PROBLEMA.....	20
1.1 Descripción de la Empresa	20
1.1.1 Reseña Histórica	20
1.1.2 Ubicación Geográfica	22
1.1.3 Visión-Misión	23
1.2 Planteamiento del Problema	24
1.3 Objetivos	27
1.3.1 Objetivo General.....	27
1.3.2 Objetivos Específicos	28
1.4 Alcance y Limitaciones	28
2 MARCO TEÓRICO	29
2.1 Antecedentes de la Investigación	29
2.2 Fundamentos Teóricos	30
2.2.1 Definición de Mantenimiento	30
2.2.2 Índices de Mantenimiento.....	31
2.2.3 Tipos de Mantenimiento	35
2.2.4 Importancia del Mantenimiento.....	36
2.3 Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)37	
2.3.1 Antecedentes del MCC	38
2.3.2 Las siete preguntas básicas para el análisis del M.C.C.....	39

2.3.3	Contexto Operacional	40
2.3.4	Funciones y estándares de funcionamiento	41
2.3.5	Fallas y fallas funcionales.....	43
2.3.6	Modos de fallas.....	43
2.3.7	Efectos de fallas.....	44
2.3.8	Consecuencias de las fallas.....	44
2.3.9	Factibilidad, técnica y tareas proactivas	44
2.4	Análisis de Modo y Efectos de Fallas	45
2.4.1	Hoja de información	46
2.5	Hoja de decisión	46
2.6	Análisis de Criticidad	49
2.7	Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).....	50
2.8	Descripción de los Tractocamiones Columbia CL120 Freightliner .	51
2.8.1	Sistema de Lubricación.....	53
2.8.2	Sistema de Enfriamiento.....	55
2.8.3	Sistema de combustible:	56
2.8.4	Sistema de Aire.....	57
2.8.5	Sistema de Escape.....	58
2.8.6	Sistema Eléctrico	59
2.8.7	Sistemas Especiales	59
3	MARCO METODOLÓGICO	61
3.1	Tipos de Investigación.....	61
3.1.1	Según la estrategia.	61
3.1.2	Según su propósito.....	61
3.1.3	Según el nivel de conocimiento.	61
3.2	Técnicas de Investigación y Análisis	62
3.2.1	Observación Directa	62
3.2.2	Encuestas	63

3.2.3	Entrevistas con el Personal	63
3.2.4	La descripción.....	63
3.2.5	Gráficas.....	63
3.2.6	Metodología de Análisis de Criticidad	64
3.2.7	Metodología del MCC	64
3.2.8	Documentación	64
3.2.9	La predicción	65
3.2.10	Manejo de Programas de Computación	65
3.3	Población y Muestra.....	65
3.4	Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas.....	65
3.4.1	Equipos	65
3.4.2	Materiales	66
3.4.3	<i>Sustancias</i> (No se requieren).	66
3.4.4	Herramientas.....	66
3.5	Fases de la Investigación.....	66
3.5.1	Revisión Bibliográfica.....	66
3.5.2	Diagnostico de la Situación Actual de los Tractocamiones.....	67
3.5.3	Análisis de Criticidad a los Sistemas de los Tractocamiones.....	68
3.5.4	Contexto operacional de los sistemas más críticos.....	73
3.5.5	Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)	74
3.5.6	Diseño del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. ...	77
4	DESARROLLO DEL TRABAJO	78
4.1	Resumen de los Datos Obtenidos en el Diagnostico de la Situación Actual de los Tractocamiones.....	78
4.2	Análisis de Criticidad de los Sistemas de los Tractocamiones.....	84
4.3	Contexto Operacional de los Sistemas más Críticos de los Tractocamiones.....	87
4.4	Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).....	96

4.5	Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).....	98
4.6	Diseño del Plan de Mantenimiento de la Flota de Tractocamiones.	104
4.6.1	Programa de Mantenimiento.....	111
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	118
6	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	123
	RECOMENDACIONES	124
7	BIBLIOGRAFIA CITADA	125
	BIBLIOGRAFIA ADICIONAL.....	127
	ANEXO A	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO B.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.1. Factor de Criticidad del Motor Detroit Diesel Serie 60.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.2. Factor de Criticidad del Sistema de Lubricación.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.3. Factor de Criticidad del Sistema de Combustible.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.4. Factor de Criticidad del Sistema de Escape.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.5. Factor de Criticidad del Sistema Eléctrico.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.6. Factor de Criticidad del Sistema de Aire.....	¡Error! Marcador no definido.
	Tabla A.7. Factor de Criticidad del Sistema de Enfriamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO C.....	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO D	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO E.....	¡Error! Marcador no definido.
	METADATOS.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1. Producción de cemento por plantas	21
Tabla 1.2. Capacidad instalada de clinker	21
Tabla 2.1. Métodos estadísticos para el cálculo de la..... confiabilidad	32
Tabla 3.1. Ponderación de Renglones.....	73
Tabla 3.2. Ponderación de sectores y factores.....	73
Tabla 4.1. Sistemas que conforman los tractocamiones.....	78
Tabla 4.2. Registro de falla mensual	80
Tabla 4.3. Tiempos de Operación, tiempos de estudio y cantidad de fallas por tractocamion	81
Tabla 4.4. Tipos y cantidades de fallas.....	82
Tabla 4.5. Tipos y cantidades de fallas.....	84
Tabla 4.6. Factor de Criticidad del Motor Detroit Diesel Serie 60	85
Tabla 4.7. Sistemas Críticos, no Críticos y Semi-Críticos	86
Tabla 4.8. Hoja de Información del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)	97
Tabla 4.9. Matriz FODA.....	99
Tabla 4.9. Matriz FODA (Continuación)	100
Tabla 4.10. Plan de Acción	101
Tabla 4.10. Plan de Acción (Continuación)	102
Tabla 4.10. Plan de Acción (Continuación)	102
Tabla 4.11. Hoja de decisión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).....	106
Tabla 4.12. Funciones, tipos y modos de fallas de los componentes	107
Tabla 4.13. Modos de fallas evidentes	108
Tabla 4.14. Cantidad de tareas establecidas en el análisis.....	109

Tabla 4.15. Grupo de Tareas A con frecuencia diaria	112
Tabla 4.16. Grupo de Tareas B con frecuencia Mensual.....	113
Tabla 4.17. Grupo de Tareas C con frecuencia de dos (2) Meses	113
Tabla 4.17. Grupo de Tareas C con frecuencia de dos (2) Meses (Continuación)	114
Tabla 4.18. Grupo de Tareas D con frecuencia de tres (3) Meses.....	114
Tabla 4.19. Grupo de Tareas E con frecuencia de Cuatro (4) Meses	115

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1. Ubicación geográfica de CEMEX.....	23
Fig. 2.1. Variables y parámetros de entrada de la Gestión de Mantenimiento..	31
Fig. 2.2. Hoja de información	46
Fig. 2.3. Hoja de Decisión	47
Fig. 2.4. Árbol Lógico de Decisiones del MCC	49
Fig. 2.5. Unidad Freightliner CL120 Columbia	52
Fig. 2.6. Motor Detroit Diesels serie 60	53
Fig. 2.7. Sistema de Lubricación	54
Fig. 2.8. Sistema de Enfriamiento de Agua.....	55
Fig. 2.9. Sistema de Enfriamiento de Aire.....	56
Fig. 2.10. Sistema de Combustible	57
Fig. 2.11. Sistema de Aire	58
Fig. 2.12. Sistema de Escape	59
Fig. 3.1. Metodología de selección de equipos críticos Equicrit.....	69
Fig. 3.2. Definición del Contexto Operacional.....	74
Fig. 3.3. Identificación de las consecuencias de los modos de fallas	77
Fig. 4.1. Distribución de las fallas mensuales	83
Fig. 4.2. Valores del Factor de Criticidad total por Sistema	87
Fig. 4.3. Monobloque de Cilindros.....	88

Fig. 4.4. Válvula e Inyectores.....	90
Fig. 4.5. Cigüeñal	91
Fig. 4.6. Amortiguador de Oscilaciones	92
Fig. 4.7. Polea del Cigüeñal.....	93
Fig. 4.8. Volante y Cubierta	93
Fig. 4.9. Biela y Pistón	94
Fig. 4.10. Distribución porcentual de los tipos de fallas funcionales	109
Fig. 4.11. Distribución porcentual de los modos de fallas evidentes	110
Fig. 4.12. Distribución porcentual de las tareas	110
Fig 4.13. Distribución porcentual del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos críticos	111

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las organizaciones industriales están implementando nuevas técnicas, con el objetivo principal de optimizar sus procesos de Gestión del Mantenimiento. Dentro de estas nuevas técnicas, la metodología de gestión del mantenimiento denominada: *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)*, constituye actualmente, una de las principales y más efectivas herramientas para mejorar y optimar el mantenimiento en las organizaciones. El éxito del MCC a nivel mundial, se ha debido principalmente a que esta filosofía permite establecer los requerimientos necesarios de mantenimiento de los distintos equipos en su contexto operacional, tomando en cuenta básicamente, el posible impacto que puedan provocar las fallas de estos equipos: al ambiente, la seguridad y las operaciones.

El mantenimiento centrado en confiabilidad se originó hacia el final de la década de los años 60, en un esfuerzo conjunto con el gobierno y la industria aeronáutica norteamericana, a fin de establecer un proceso lógico y diseñar actividades de mantenimiento apropiadas con frecuencias optimas para estas actividades, para atender el advenimiento de nuevas aeronaves de mayor tamaño, capacidad y complejidad, así como el crecimiento del parque aéreo. El objetivo de este grupo de trabajo fue establecer procedimientos de mantenimiento apropiados que permitieran reducir los tiempos de paradas por mantenimiento, reducir costos de mantenimiento e incrementar la seguridad de los vuelos. Como resultado de este

esfuerzo se publico el documento *MSG-1: Maintenance Evaluation and Program Development*, el cual formaliza y establece nuevos criterios para el desarrollo de programas de mantenimiento.

Posteriormente se publico el documento *MSG-2*, en el se incorporó una herramienta simple pero poderosa, llamada árbol lógico de decisiones. Un árbol de decisión lógico es un diagrama que provee una secuencia de preguntas acerca de una serie de posibles eventos y sus consecuencias, estructurado de una manera lógica y jerárquica. Cada pregunta del árbol de decisión solo puede ser contestada por un SI ó NO. La respuesta a cada pregunta puede conducir a una acción ó a la próxima pregunta en la secuencia.

Con el objeto de que Cemex Transporte Oriente se nivele a nuevas tecnologías que surjan en el mundo, que permitan mejorar la productividad y disminución de costos, se ha propuesto este trabajo de grado que consta de 5 capítulos, que marcan las pautas necesarias para la formulación de estrategias basadas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para el diseño de un Plan de Mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimiento en su contexto operacional.

En el primer capítulo de este trabajo se dan a conocer la descripción de la empresa, como lo son una reseña histórica, ubicación geográfica y visión y misión. Se presenta el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos así como el alcance y limitaciones de la realización de este trabajo.

En el capítulo II se da a conocer la descripción general de los tractocamiones Columbia CL120. Además de esto, se explica la manera en que ha evolucionado el mantenimiento desde sus comienzos hasta nuestra actualidad, con la intención de brindar herramientas para comprender con mayor facilidad la filosofía del

mantenimiento centrado en confiabilidad. Se dan a conocer los conceptos básicos para la aplicación del MCC.

Por su parte, el capítulo III describe la metodología utilizada en este trabajo, para poder conseguir los resultados presentados en el capítulo IV. En este último se da a conocer un resumen de los parámetros generales de operación manejados por los sistemas de los tractocamiones, los contextos operacionales de los sistemas críticos que fueron objetos de estudio y los resultados arrojados por el análisis MCC.

Por último, el capítulo V lo constituye el análisis de todos los resultados presentados en el capítulo IV, de los que posteriormente se desprenden una serie de conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Empresa

1.1.1 Reseña Histórica

La industria del cemento, representa una de la más antigua establecidas en Venezuela. Se inicia en el año 1907 con la fundación de la empresa Fabrica Nacional de Cementos.

En 1909 inicia sus actividades productivas con la puesta en marcha de una planta de cemento en un sitio completamente despoblado, lo que actualmente es la Vega en Caracas.

La característica principal de esta fábrica es un horno vertical tipo botella de 30 Tonelada/día.

Durante 90 años aproximadamente desarrolló sus actividades de producción en el mismo lugar donde comenzó, pero el crecimiento demográfico de la ciudad capital, obligó a sus representantes a reubicarse en los valles de Tuy (a causa de los problemas que representaba una fabrica de cemento en plena ciudad).

Esta planta para el año 1996 antes de cerrar sus operaciones tenía una capacidad de 1750 ton/día de clinker, producción de tres hornos horizontales de vía seca. En la tabla 1.1 y 1.2 se muestra la producción de cemento por planta y la capacidad instalada de clinker.

Desde la fundación de la Fabrica Nacional de Cemento, hasta el año 1999 se han desarrollado en el país ocho empresa productoras de cementos cuyas fabricas están ubicadas en todo lo largo y ancho del territorio nacional.

C.A. Venezolana de Cemento se funda en la ciudad de Caracas en 1943 por iniciativa del señor Eugenio Mendoza y un grupo de personas con visión futurista.

Tabla 1.1. Producción de cemento por plantas [2]

PLANTA	AÑO	CAPACIDAD
Barquisimeto	1945	50 Ton/día
Maracaibo	1947	300 Ton/día
Pertigalete I	1949	300 Ton/día
Pertigalete II	1973	2700 Ton/día

Tabla 1.2. Capacidad instalada de clinker [2]

PLANTA	N^a DE HORNOS	CAPACIDAD (Ton/día)
Barquisimeto	3	1600
Maracaibo	4	2000
Pertigalete I	5	3000
Pertigalete II	2	6350

En la actualidad Cemex Pertigalete, es el complejo cementero más grande de Latinoamérica, al poseer dos (2) plantas de fabricación de cemento (vía seca y vía húmeda), una planta eléctrica y una planta de fabricación de yeso; además de sus propias canteras, dos (2) puertos marítimos, dos (2) despachadora y un área de logística y transporte.

Los despachos de cemento se realizan en sacos de papel de 42.5 Kg. (1/4 de barril de cemento), los cuales son llenados y pesados en ensacadoras que pueden ser fijas o rotatoria.

En pertigalete están instaladas cuatro unidades rotatorias que tienen una capacidad de 2000 sacos/horas. Actualmente se están despachando en todas las plantas paquetes de 42 y 54 sacos llamados paletas. También eventualmente se realizan despachos en sacos de 1500 Kg. Llamados “Big Bag”.

La otra forma de despachar el cemento es a granel en camiones cisternas y en barcos especiales de hasta 40.000 toneladas. [2]

Los servicios de transporte, creado en 1976, cuenta hoy en día con una flota de más de 180 camiones, compuesta por tractocamiones, cisternas, plataformas, volquetas y camiones de reparto, que soportan el servicio de los centros de distribución.

Las operaciones se ubican por todo lo ancho y largo del territorio nacional, en las localidades de Barquisimeto, Maracaibo, Pertigalete, Puerto Ordaz, Maracay, Catia La Mar y El Llanito. Esta distribución forma parte de un ambicioso y exitoso proyecto logístico en el que la expansión geográfica se presenta como uno de los pilares fundamentales de nuestra actividad comercial.

Nuestro lema es "ningún lugar de Venezuela está lejos", y por esto hemos llegado hasta los sitios más apartados de la geografía nacional, prestando un excelente servicio a todos los clientes de CEMEX Venezuela.

1.1.2 Ubicación Geográfica

CEMEX – Planta Pertigalete cuenta con un área de logística y transporte, la cual se encarga de distribuir cemento a la zona Nor-Oriental del país.

CEMEX, Transporte Oriente está ubicado al norte del estado Anzoátegui, en la carretera Guanta – Cumaná Km 2, sector Pamatacualito, en las afueras de la ciudad de Puerto La Cruz. Gracias a su excelente ubicación cubre gran parte de la demanda de cemento existente actualmente en la zona y por ser unos de los frentes más grandes y con la mayor cantidad de tractocamiones propios, sirve de apoyo a otros frentes de transportes perteneciente a Cemex en todo el territorio nacional, mejorando cada día las operaciones de logística para cumplir su misión de ser la empresa de transporte más eficiente de Venezuela.



Fig. 1.1. Ubicación geográfica de CEMEX [Fuente: Transporte Oriente]

1.1.3 Visión-Misión

Visión

Tener el proceso de mantenimiento de flotas de cargas más eficiente del grupo Cemex a nivel de costos de mantenimiento y operatividad.

Misión

Asegurar la operación en el proceso logístico generando valor a Cemex mediante el uso eficiente de los recursos de mantenimiento en flotas de carga.

Valores

- ✓ Trabajar en conjunto y compartir conocimiento en una búsqueda constante de la excelencia.
- ✓ Actuar honesta, responsable y respetuosamente en todas nuestras interacciones.
- ✓ Visualizar el futuro y enfocar nuestros esfuerzos para mejorar nuestro servicio al cliente y alcanzar una mayor competitividad.

[2]

1.2 Planteamiento del Problema

Cemex Transporte Oriente, planta pertigalete, esta conformado por la Gerencia de Operaciones, responsable de la coordinación y el seguimiento de las operaciones, diseño y supervisión de las rutas de distribución de cemento a nivel nacional, la prospección comercial para la captación de nuevo negocio en coordinación con el equipo comercial de la Planta Pertigalete, cuidando de forma directa la producción y logística, así como la calidad y el servicio al cliente. Dentro de esta Gerencia esta la de mantenimiento, encargada de asegurar el cumplimiento de la política de mantenimiento de la empresa, así como también el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los camiones que operan en este frente de transporte. En este sentido, dicha Gerencia cuenta con una flota de veintinueve (29) tractocamiones

(gandolas) marca Freightliner cuyo principal objetivo es el de distribuir cemento por toda la zona Centro-Oriental del País. Estas unidades deben estar siempre en un estatus operativo para satisfacer las demandas de cemento a granel y en saco que existe en el Centro-Oriente. Los tractocamiones trabajan para el transporte oriente desde hace ocho (8) meses, son unidades nuevas y no tienen ningún registro de fallas.

Los tractocamiones o vehículos de carga pesada están conformados por una serie de sub-sistemas, entre los cuales se pueden nombrar: Lubricación, Enfriamiento, Combustible, Aire, Escape, Eléctrico y sub-sistemas Especiales. A su vez dichos sub-sistemas tienen diferentes equipos como alternador, arranque, embrague, transmisión, bomba de agua y dirección, una gran cantidad de sensores eléctricos filtros, cabeza de cilindros, válvulas e inyectores, cubierta de balancines, cigüeñal, cojinetes principales, caja de engranes, amortiguador de vibración del cigüeñal, polea del cigüeñal, volante, cubierta de volante, pistón y anillos de pistón, biela, camisa de cilindros. El objetivo de la Gerencia de mantenimiento es lograr un mayor rendimiento de los tractocamiones e implementar estrategias que permitan establecer un plan de Mantenimiento. Sin embargo las rutinas o actividades de mantenimiento realizadas a los tractocamiones, basadas en recomendaciones del fabricante y experiencia del personal, no son suficientes para mantener los niveles de disponibilidad esperados por la Gerencia.

Estas unidades al no tener acertados programas de mantenimiento presentan una serie de problemas cuyos síntomas se manifiestan a continuación:

- ✓ Retraso en la entrega del producto.
- ✓ Baja eficiencia de los procesos de distribución de cemento a las diferentes localidades de la parte Centro-Oriental del país.
- ✓ Incapacidad de dar respuestas rápidas y entregas oportunas del producto.

Las causas que se tienen como consecuencia de estos síntomas señalados anteriormente son:

- ✓ Excesivos tiempos fuera de servicios de los tractocamiones.
- ✓ Ausencia de stock de repuestos para efectuar reparaciones.
- ✓ Ausencia de rutinas de mantenimiento.
- ✓ Carencia de mano de obra calificada para realizar paradas mayores de los tractocamiones.
- ✓ Carencia de historial de fallas, banco de datos de los tractocamiones.
- ✓ Falta de respuestas rápidas del personal encargado de mantenimiento.

Al conocer, los síntomas y las causas que ocasiona esta problemática no es difícil predecir los inconvenientes que se producen:

- ✓ Molestias de parte del personal operador de las unidades Freightliner y descontento indirectamente del cliente que recibe el producto.
- ✓ Paralización temporal de obras y proyectos por falta de producto (cemento), distribuido por los tractocamiones.
- ✓ Paralización de producto en depósitos (Centros de distribución).
- ✓ La Gerencia comercial no cumple con la programación diaria de distribución del producto.
- ✓ Aumenta la cantidad de viajes por días, incumpliendo la programación establecida.
- ✓ Incremento de los riesgos físicos de los conductores.
- ✓ Disminuyen los ingresos por distribución.

La propuesta a realizarse para el mejoramiento de la problemática es la siguiente:

Unos de los síntomas que más resaltan dentro del Transporte Oriente es la baja eficiencia de los procesos de distribución de cemento a las diferentes localidades centro-oriental del País, esto se debe a la falta de un historial de fallas las cuales producen paradas no programadas de la unidad. Además los índices de mantenimiento incrementan y por ende costos no presupuestados. Hay que resaltar que los tractocamiones operan aproximadamente doce (12) horas diarias y requieren de un trato especial, que exige al personal de mantenimiento el monitoreo y cuidado al momento de tomar una decisión, para desarrollar un plan de mantenimiento. De hecho se realizan mantenimientos correctivos que afectan la programación establecida. Otros de los síntomas es la toma de decisiones oportunas al momento de una parada no programada, consecuencia de la falta de información.

La pérdida de tiempo de los conductores de las unidades y los retrasos en la entrega del producto al cliente, así como el incremento de los trámites de viajes, representa otro síntoma en el análisis del problema, ya que al momento de reparar la falla no se cuenta con los repuestos necesarios y el tiempo de reparación es mayor. Es por ello que la propuesta para el mejoramiento de la problemática es diseñar un plan de mantenimiento en base a los requerimientos en su contexto operacional, para jerarquizar los sistemas con mayor índice de criticidad y diseñar los planes de mantenimiento conforme al estado de los sistemas, que traigan como beneficios la disminución de tareas preventivas innecesarias e implantación de un plan de mantenimiento basado en la metodología del MCC.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1.- Diagnosticar la situación actual de los tractocamiones.
- 2.- Aplicar el análisis de criticidad a los sistemas de los tractocamiones.
- 3.- Elaborar el contexto operacional de los sistemas más críticos.
- 4.- Analizar los Modos y Efectos de Fallas.
- 5.- Diseñar el plan de mantenimiento de la flota de tractocamiones.

1.4 Alcance y Limitaciones

El presente trabajo está orientado hacia el diseño de un plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de una flota de tractocamiones, mediante el análisis de los modos y efectos de fallas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de distribución, teniendo la oportunidad de desarrollarlo dentro de las instalaciones del Transporte Oriente.

Para el diseño del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad se tomaron en cuenta las siguientes limitaciones:

- ✓ Solo se aplica para uso exclusivo de los tractocamiones del área del Transporte Oriente.
- ✓ El programa de mantenimiento propuesto está sujeto al presupuesto asignado por la gerencia.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Por medio de las investigaciones realizadas en trabajos de grado y publicaciones existentes sobre el estudio de mantenimiento, se respaldaron los conocimientos previos y se tomaron algunas referencias como inicio del estudio realizado, las cuales se muestran a continuación.

Marshall, E., (2006) [11], realizó un trabajo de investigación titulado “Propuestas para el mejoramiento de la confiabilidad operacional de los turbocompresores de la planta Amana ubicada en Punta de Mata- Estado Monagas mediante la evaluación de indicadores de la gestión de mantenimiento”, el cual consistió en la búsqueda de propuestas que permita mejorar la confiabilidad operacional de los Turbocompresores de la Planta Amana con el fin de resguardar y garantizar la continuidad de los procesos de compresión de gas. Para ello fue necesario realizar un diagnostico según historial de funcionamiento que permitió analizar las fallas asociadas a los Turbocompresores y con apoyo de herramientas de confiabilidad se calcularon los indicadores de gestión de mantenimiento.

Bueno, L., (2006) [12], realizó un trabajo de investigación titulado “Evaluación de los indicadores de la gestión de mantenimiento asociada a un sistema de sopladores centrífugos para el diseño de programas de mantenimiento”, el cual consistió en evaluar una serie de criterios y parámetros para el diseño de programas de manteniendo preventivo, acordes a las condiciones operativas de los Sopladores Centrífugos del Complejo Mejorador Petrozuata-Jose.

García. F., (2005) [13], realizó un trabajo de investigación titulado “Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades Turbo-Generadoras de una planta de electricidad”, el cual consistió en elaborar un programa de mantenimiento preventivo para las unidades Turbo-Generadora mediante la utilización de los manuales del fabricantes, la experiencia del personal, la capacidad operativa de la planta y estudiando el comportamiento de equipos en empresas similares, reduciendo así la cantidad de paradas no programadas.

Máiz. Y., (2005) [14], realizó un trabajo de investigación titulado “Mejoras de los planes de mantenimiento preventivos de los equipos críticos utilizados en el mantenimiento de vías férreas”, el cual se presenta un plan de mantenimiento preventivo para minimizar las fallas y conservar los componentes de los equipos de mantenimientos de vías férreas, con el fin de implantar un plan de mejora que actualmente esta siendo requerido por la gerencia de ferrocarril”.

2.2 Fundamentos Teóricos

2.2.1 Definición de Mantenimiento

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio, que se fundamenta en la teoría de probabilidades y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar el medio ambiente y la seguridad.

Esta actividad debe ser susceptible a ser:

- ✓ Planificada
- ✓ Dirigida
- ✓ Controlada

A través de la Gerencia General de Mantenimiento que tiene como funciones primarias:

- ✓ Control de equipos
- ✓ Control de trabajos
- ✓ Control de materiales
- ✓ Control de costos
- ✓ Reporte a la gerencia

Estas funciones deben estar interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos. [1]

El mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan varias variables complejas:

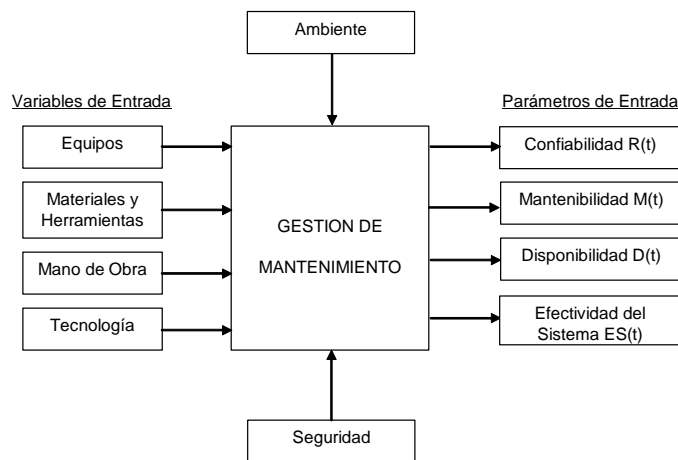


Fig. 2.1. Variables y parámetros de entrada de la Gestión de Mantenimiento [1]

2.2.2 Índices de Mantenimiento

Confiabilidad [R(t)]: Es una característica de un sistema, equipo o componente, expresada por la probabilidad de que ese sistema, equipo o componente cumpla una función para la cual fue diseñado en las condiciones de utilización y en un periodo dado.

La confiabilidad es un problema fundamental en Ingeniería y es un elemento esencial para organizar la gestión de mantenimiento. El incremento de la confiabilidad de los equipos es uno de los problemas más álgidos con lo que se encuentra la Ingeniería de mantenimiento, los métodos estadísticos para el cálculo de la confiabilidad se muestran en la tabla 2.1. [1]

Tabla 2.1. Métodos estadísticos para el cálculo de la confiabilidad [1]

Métodos Estadísticos	
Métodos Paramétricos	Distribución de Weibull
	Distribución exponencial
	Distribución carga-resistencia
Método no Paramétricos	Análisis de sobrevivencia y falla

Estadísticamente, la confiabilidad de un componente o sistema ($R(t)$) se define, como la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo $[0, t]$ o lo que es lo mismo, la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t .

Siendo:

$$[R(t)] = P(T > t) \quad (\text{Ec. 1})$$

y T la duración del componente.

Si $f(t)$ es la función de densidad de probabilidad, la probabilidad de que el componente falle en el intervalo de 0 a t , esta dada por:

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (\text{Ec. 2})$$

y la confiabilidad:

$$[R(t)] = 1 - F(t) \quad (\text{Ec. 3})$$

El método estadístico para la estimación de la confiabilidad viene dado de la siguiente manera:

La $[R(t)]$ de un sistema o componente depende del tiempo que haya estado en servicio el equipo.

Si $f(t)$ es la densidad de distribución, la probabilidad de que la variable aleatoria t se encuentre entre (t) y $(t + \Delta t)$, esta dada por $f(t) \cdot \Delta t$ entonces la probabilidad de que el componente falle en el primer intervalo de (0) a (t) esta dada por:

$$F(t + \Delta t) - F(t) \quad (\text{Ec. 4})$$

y la probabilidad condicional de falla en ese intervalo, dado que el componente sobrevivió al tiempo (t) , esta dada por:

$$\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 5})$$

Dividiendo entre Δt obtenemos la falla media de la falla en el intervalo (t) y $(t + \Delta t)$, dado que el componente sobrevivió al tiempo t .

$$\frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{\Delta t} \times \frac{1}{R(t)} \quad (\text{Ec. 6})$$

Tomando el límite, haciendo $\Delta t \rightarrow 0$, hallamos la tasa de falla $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 7})$$

Como $F'(t) = f(t)$, se tiene:

$$\lambda(t) = \frac{F'(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (\text{Ec. 8})$$

Mantenibilidad [M(t)]: Es la probabilidad de un equipo y/o componente asociado a su capacidad de ser recuperado para el servicio, cuando se realizan los trabajos de mantenimiento necesarios según se especifica.

Así la mantenibilidad podría expresarse cuantitativamente mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento programada, con los recursos y especificaciones dadas.

El concepto de mantenibilidad tiene relación con la teoría de probabilidad, y puede ser representada por una distribución de densidad de probabilidad que se llamará función de mantenibilidad representada por $M(t)$:

$M(t) = P$ (funcionabilidad sea recuperada en el tiempo t o antes)

$$M(t) = P(T.T.R \leq 1) \quad (\text{Ec. 9})$$

Donde T.T.R es el tiempo total de reparación

$$M(t) = \int_0^t m(t) dt = 1 - \ell^{-\int_0^t \mu(t) dt} \quad (\text{Ec. 10})$$

Donde $m(t)$ es la función de densidad

$$\mu(t) = \frac{m(t)}{1 - M(t)} \quad (\text{Ec. 11})$$

Disponibilidad [D(t)]: Es la probabilidad que tiene un sistema o equipo de estar disponible para su uso durante un “ t ” cualquiera, solo se aplica a equipos reparables.

La disponibilidad viene representada por $D(t)$ y definida por los parámetros μ, λ . [1]

Donde:

$$\mu = \frac{1}{TPFS} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$\lambda = \frac{1}{TPEF} \quad (\text{Ec. 13})$$

Entonces la Disponibilidad es:

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} \quad (\text{Ec. 14})$$

2.2.3 Tipos de Mantenimiento

El mantenimiento moderno ha llevado a la aparición de diferentes clases de mantenimiento con el objetivo de explicar las actividades que lo involucran, es decir, se realiza para justificar una nueva metodología o filosofía. Esta metodología clasifica el mantenimiento en tres (3) tipos:

- ✓ **Mantenimiento Preventivo:** consiste en un grupo de acciones planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los equipos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.

- ✓ **Mantenimiento Correctivo:** es aquel trabajo que involucra una cantidad determinada de tareas de reparación con el objetivo de restaurar la función de un equipo una vez producido un paro imprevisto. Las causas que pueden originar un paro imprevisto se deben a los defectos no detectados durante las inspecciones predictivas, a errores operacionales, a la ausencia de tareas de mantenimiento y a requerimientos de producción que generan políticas como la de reparar cuando falle.

- ✓ **Mantenimiento Predictivo:** es un mantenimiento planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, inspecciones programadas y el monitoreo de los equipos. Es aquel donde la acción de mantenimiento está basada en las condiciones actuales del equipo. Es un mantenimiento que detecta las fallas potenciales de un sistema en funcionamiento y se lleva a cabo cuando los resultados del diagnóstico así lo requieren. [1]

2.2.4 Importancia del Mantenimiento

La importancia de la gestión de mantenimiento viene dada, entre otros factores por:

- ✓ La calidad de los productos que está asociada íntimamente con la gestión de mantenimiento. No se pueden mantener unas especificaciones técnicas de la producción sin una buena gestión de mantenimiento.
- ✓ La operatividad y conservación de los equipos, los cuales, son fundamentales para lograr un volumen de producción establecido.
- ✓ El desarrollo tecnológico que asume equipos más sofisticados y de mayores precios, lo que presupone su conservación. [1]

2.3 Metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

El M.C.C. es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, utilizado para determinar las necesidades de mantenimiento físico de cualquier activo en su contexto operativo, garantizando el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

El MCC sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional realizado por un equipo natural de trabajo. El esfuerzo desarrollado por el equipo natural permite generar un sistema de gestión de mantenimiento flexible, que se adapta a las necesidades reales de mantenimiento de la organización, tomando en cuenta, la seguridad personal, el ambiente, las operaciones y la razón costo / beneficio. [9]

2.3.1 Antecedentes del MCC

El mantenimiento centrado en confiabilidad se originó hacia el final de la década de los años 60, en un esfuerzo conjunto del gobierno y la industria aeronáutica norteamericana, a fin de establecer un proceso lógico y diseñar actividades de mantenimiento apropiadas con frecuencias óptimas para estas actividades, para atender el advenimiento de nuevas aeronaves de mayor tamaño, capacidad y complejidad, así como el crecimiento del parque aéreo. El objetivo de este grupo de trabajo fue establecer procedimiento de mantenimientos apropiados que permitieran reducir los tiempos de paradas por mantenimiento, reducir los costos de mantenimiento e incrementar la seguridad de los vuelos. Como resultado de este esfuerzo se publicó el documento “*MSG-1: Maintenance Evaluation and Program Development*”, el cual formaliza y establece nuevos criterios para el desarrollo de programas de mantenimiento.

A partir de este documento la orientación cambia desde la evaluación de las funciones del equipo hacia el análisis de las funciones del sistema.

Luego se publicó el documento MSG-2 para generalizar en toda la industria aeronáutica el uso de los procedimientos desarrollados en el MSG-1 este segundo documento incorporó una herramienta simple pero poderosa, llamada el árbol de decisión lógico.

El documento MSG-2 se convirtió en un estándar de la industria aeronáutica para el diseño y ejecución de políticas de mantenimiento, el cual contiene los lineamientos de lo que actualmente se denomina mantenimiento centrado en confiabilidad.

El éxito de RCM en la industria aeronáutica no tuvo precedente. En un periodo de 16 años posteriormente a su implantación, las aerolíneas comerciales no tuvieron incremento en los costos unitarios de mantenimiento, aún cuando el tamaño y

complejidad de las aeronaves, así como los costos de labor se incrementaron durante el mismo período. También, para el mismo periodo, se incrementaron los records de seguridad de las aerolíneas. [9]

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

El M.C.C centra su atención en la relación existente entre la organización y los elementos físicos que la componen. Por lo tanto es importante que antes de comenzar a explorar esta relación detalladamente, se conozcan los tipos de elementos físicos existentes y decidir cuales de ellos deben estar sujetos a una revisión de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

La metodología MCC, es un procedimiento que identifica las necesidades reales de mantenimiento de los equipos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

1. ¿Cuál es la función del equipo?
2. ¿De qué manera puede fallar?
3. ¿Qué origina la falla?
4. ¿Qué pasa cuando falla?
5. ¿Importa si falla?
6. ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
7. ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla? [9]

Para la resolución de estas preguntas se cuentan con técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del M.C.C como el AMEF (Análisis de los modos y Efectos de las fallas) que ayudan a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, y Árbol Lógico de Decisión (ALD), que permite determinar cuales son las actividades de mantenimiento. La primera técnica

ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, mientras que la segunda ayuda a responder las restantes. Establecer respuestas a las siete preguntas del M.C.C., requiere se analicen los siguientes aspectos:

2.3.3 Contexto Operacional

El primer documento que se realiza para un análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad, es el contexto operacional, este representa *las circunstancias en las cuales se espera que opere un activo físico o sistema*. El contexto operacional debe realizarse cuidadosamente ya que de él dependerá la ejecución del análisis, el cual debe contener una descripción detallada de la instalación que va a ser analizada; también se refleja el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, dispositivos de seguridad, metas de seguridad ambiental y operacional, volumen de producción, calidad, servicio, planes a futuro, personal, turnos de trabajo, operaciones, mantenimiento, gerencia, límites del sistema y un listado de componentes de cada sistema en caso de que haya división del sistema en varios subsistemas, incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores. Cualquiera que comience a aplicar MCC a cualquier proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar, ya que se puede afectar todo el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones, la naturaleza de los patrones de fallas que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con la que puede ocurrir y que debe hacerse para manejarlos. Algunos de los factores que deben ser considerados son los siguientes:

Resumen Operativo:

- ✓ Propósito del Sistema
- ✓ Descripción de Equipos
- ✓ Descripción del Proceso

- ✓ Dispositivo de seguridad
- ✓ Diagrama Entrada Proceso Salida (EPS)
- ✓ Metas de Seguridad/Ambientales/Operacionales
- ✓ Planes Futuro

Personal:

- ✓ Turnos rotativos
- ✓ Operaciones
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Parámetros de calidad
- ✓ Gerencia

División de Procesos:

- ✓ División del proceso en sistemas
- ✓ Definición de los límites de los sistemas
- ✓ Listado de componentes para cada sistema, incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores [9]

2.3.4 Funciones y estándares de funcionamiento

El primer paso en el proceso MCC es definir las funciones y los estándares de comportamiento funcional de cada activo en su contexto operativo, junto con el correspondiente nivel de los resultados deseados, esto nos permite responder la primera pregunta del análisis MCC.

Las funciones se pueden dividir en:

Funciones Primarias, que comprende la razón principal por el cual el bien fue adquirido. Generalmente son fáciles de reconocer debido a que el nombre de muchos activos físicos industriales se basa en su función primaria.

Funciones Secundarias, que comprenden las funciones adicionales a la primaria de un activo físico.

Según la filosofía del MCC, el mantenimiento debe asegurar que los activos cumplan eficientemente las funciones para las cuales fueron diseñados dentro de un contexto operacional específico, a partir de actividades de prevención (actuar antes que ocurra la falla). Por otra parte, cuando las actividades de mantenimiento se realizan por consecuencia de una falla no prevista, se les denomina actividades correctivas de mantenimiento, en estos casos, los activos no podrán cumplir con sus funciones. Para poder identificar cuando un activo no está cumpliendo sus funciones se debe tener claramente definido cuando un activo está cumpliendo su misión de manera eficiente, pero ¿cómo se sabe cuando un activo está cumpliendo su función de forma eficiente?

El proceso de identificación de los estándares de funcionamiento de cada activo no es tarea fácil, ya que cada tipo de función tiene básicamente dos estándares de funcionamiento asociado al activo, los cuales se nombran a continuación:

- ✓ El estándar de funcionamiento deseado (se refiere al parámetro funcional que se desea o espera conseguir del activo en el contexto operacional)
- ✓ El estándar de funcionamiento asociado a la confiabilidad inherente o a la capacidad inherente (se refiere al parámetro funcional que es capaz de realizar un activo según su confiabilidad o capacidad de diseño). [9]

2.3.5 Fallas y fallas funcionales

Una falla es la ocurrencia no previsible, inherente al elemento de un equipo que impide que este cumpla la misión para lo cual fue diseñado y un fallo funcional se define como la parcial o total incapacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento a un nivel de desempeño deseado.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, tiene como objetivo principal asegurar que un elemento físico continúe desempeñando la funciones deseadas. Para ello, hace anticipaciones, impidiendo o corrigiendo las situaciones en que el equipo ya no puede desempeñar la función deseada (fallo funcional). Esto sugiere que los criterios utilizados para definir el fallo forman la base de todo el resto del proceso de toma de decisiones sobre el mantenimiento. Por consiguiente se debe definir claramente los criterios de funcionamiento asociados a cada función, y en lo que es posible cuantificarlos. [9]

2.3.6 Modos de fallas

El siguiente paso es tratar de identificar todos los acontecimientos que pudieran razonablemente causar cada estado de falla de un activo físico (sistema o proceso).

Los modos de fallas pueden ser clasificados en 3 grupos:

- ✓ Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.

- ✓ Cuando el funcionamiento deseado se eleva mas allá de la capacidad inicial.

- ✓ Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

2.3.7 Efectos de fallas

El cuarto paso en el proceso MCC consiste en describir los que sucede cuando se produce cada modo de fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- ✓ La evidencia (si la hubiere) de que se ha producido una falla.
- ✓ En que forma (si la hay) la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- ✓ Las maneras (si las hubiere) en que afecta la producción o las operaciones.
- ✓ Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- ✓ Que debe hacerse para reparar la falla.

2.3.8 Consecuencias de las fallas

El objetivo primordial de este paso es determinar cómo y cuánto importa cada falla, para tener un claro conocimiento si una falla requiere o no prevenirse. Todo fallo ejerce algún tipo de efecto, directo o indirecto, sobre la seguridad o el comportamiento funcional de una planta. El punto en que la planta queda afectada depende del contexto operacional del equipo, de los estándares de prestación o criterios de funcionamiento deseados para cada función y los efectos físicos de cada modo de falla. Esta combinación de contexto, estándares y efectos significa que cada fallo tiene un grupo específico de consecuencias asociadas a él. [9]

2.3.9 Factibilidad, técnica y tareas proactivas

Las acciones que pueden tomarse para tratar las fallas pueden dividirse en las siguientes dos categorías:

- ✓ **Tareas proactivas:** estas son tareas que se realizan antes de que se produzca una falla, a fin de evitar que el componente llegue a un estado de falla. Abarcan lo que se conoce tradicionalmente como "predecible" y "preventivas" de conservación.

- ✓ **Acciones por defecto:** estos son elegidos cuando no es posible identificar una tarea proactiva eficaz. Las acciones por defectos incluyen la falta de investigación, rediseñar y ejecutar al fracaso.

2.4 Análisis de Modo y Efectos de Fallas

Constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

Por lo expresado anteriormente, se deduce que el objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente y operaciones (producción). Para cumplir con este objetivo se debe realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

- ✓ Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.

- ✓ Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.

- ✓ Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional.

- ✓ Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.

2.4.1 Hoja de información

Es la hoja donde es asentada la información recopilada en los primeros cuatro pasos del MCC, es decir las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos de las fallas, el análisis sintetizado en esta hoja se denomina “Análisis de Modos y Efectos de Fallas” (AMEF), ésta se encuentra dividida en cuatro columnas y en la parte superior de la hoja aparece la identificación del elemento, componente, por quien fue realizada y revisada la hoja de información, igualmente aparece el número de la hoja. En la figura 2.2 se muestra un ejemplo de una hoja de información.


 HOJA DE INFORMACIÓN	SISTEMA/ACTIVO	Nº	RECOPIADO POR	FECHA	HOJA
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE	REF.	REVISADO POR	FECHA	DE
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTO DE LA FALLA (Que sucede cuando ocurre la falla)		

Fig. 2.2. Hoja de información [4]

2.5 Hoja de decisión

Esta hoja se elabora a partir del Árbol Lógico de Decisiones, con la información procesada en los tres últimos pasos del MCC, de acuerdo a la referencia de la hoja de información. En ella se clasifican el tipo de consecuencia que tiene la falla (fallas

ocultas, para la seguridad y el medio ambiente, operacionales y no operacionales); y el tipo de tarea preventiva que se va a realizar. En la figura 2.3 se muestra una hoja de decisión.


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

Fig. 2.3. Hoja de Decisión [4]

El árbol lógico de decisión, es una herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar la tarea de mantenimiento más adecuada para evitar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos y consiste en un flujograma de preguntas. Cabe destacar que el primer paso para seleccionar las tareas de mantenimiento, consiste en identificar las consecuencias que generan los modos de fallas, cuestión que consigue el grupo multidisciplinario de trabajo a partir del AMEF.

Luego de seleccionar el tipo de tarea de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de tarea de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución, teniendo en cuenta que uno de los objetivos principales del MCC, es evitar o al menos reducir las posibles consecuencias a la seguridad humana, al ambiente y a las operaciones, que traerán consigo la aparición de los distintos modos de fallas. Las frecuencias de ejecución para cada acción se pueden establecer según se

relacione la tarea de mantenimiento a ejecutar con el envejecimiento. Es decir, si la tarea de mantenimiento es de reacondicionamiento cíclico o de sustitución cíclica, entonces la frecuencia puede estar determinada por la edad a la que el elemento o pieza componente exhibe un incremento rápido de la probabilidad condicional del fallo. Por el contrario, si la tarea para prevenir el fallo no está asociada con el envejecimiento entonces la frecuencia puede estar determinada por el intervalo P-F de la tarea a condición. Este último, adicionalmente depende de la categoría de dicha tarea. Por ejemplo, si se utiliza un análisis de vibración de banda estrecha, normalmente se obtiene un intervalo P-F de varias semanas o meses, en cambio, si se utiliza el sentido humano, dicho intervalo puede ser de días o semanas dependiendo de la aplicación.

Ahora bien, no solo debe considerarse las tareas preventivas, también se debe tomar en cuenta el hecho de que dichas tareas no puedan evitar el fallo, en tal caso, la tarea de mantenimiento seleccionada en el árbol lógico de decisión será “a falta de”. Más aun, si se trata de una tarea de búsqueda de fallos también deberá especificarse la acción de mantenimiento a ejecutar, con su respectiva frecuencia. En tal caso se recomienda que estas actividades se realicen a intervalos de baja frecuencia (semanales o mensuales) este tipo de actividades trata de evitar fallos que no son evidentes a los operarios y acarrear fallos múltiples. Un ejemplo simple del Árbol Lógico de Decisión (ALD), se muestra en la figura 2.4. [9]

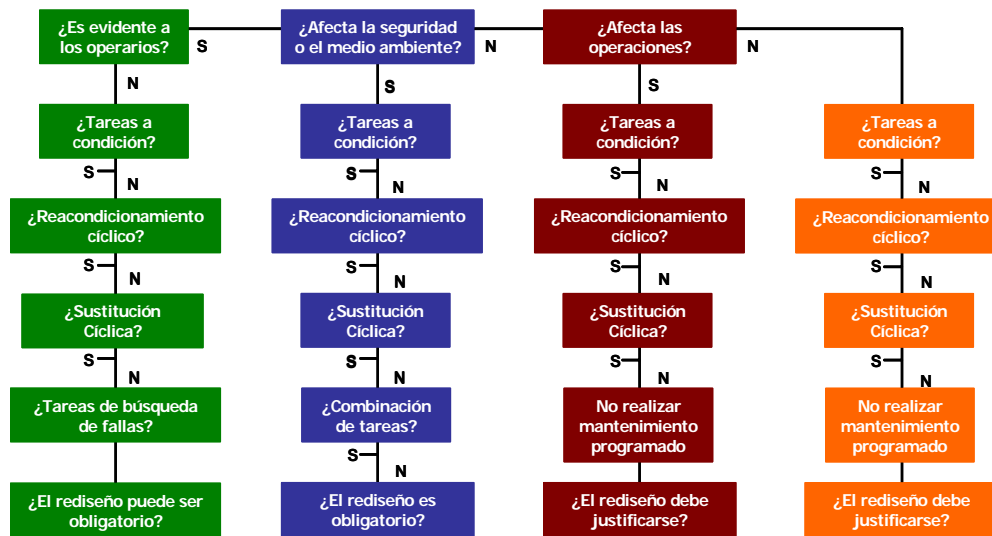


Fig. 2.4. Árbol Lógico de Decisiones del MCC [9]

2.6 Análisis de Criticidad

El Análisis de Criticidad es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función de impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. El análisis de criticidad establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental, de seguridad y la producción.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada.

A continuación se establecen criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- ✓ Seguridad
- ✓ Ambiente
- ✓ Producción
- ✓ Costos (operacionales y de mantenimiento)
- ✓ Tiempo promedio para reparar
- ✓ Frecuencia de falla

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- ✓ Mantenimiento
- ✓ Inspección
- ✓ Materiales
- ✓ Disponibilidad de planta
- ✓ Personal

2.7 Matriz de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

La matriz FODA es un instrumento de ajuste importante que ayuda a los gerentes a desarrollar cuatro tipos de estrategias (FO, DO, FA y DA). El propósito de esta matriz es generar estrategias alternativas viables y no en seleccionar, ni determinar cuales estrategias son las mejores. Cabe destacar que no todas las estrategias desarrolladas en una matriz FODA serán seleccionadas para su aplicación. A continuación se definirá cada tipo de estrategias que deben generarse en esta matriz.

Las estrategias FO, se basan en el uso de las fortalezas internas de una firma con el objeto de aprovechar las oportunidades externas. Las organizaciones que pueden usar sus fortalezas para explotar sus oportunidades, generalmente son consideradas con éxito.

Las estrategias DO, tienen como objetivo mejorar las debilidades internas valiéndose de las oportunidades externas. Algunas veces una organización disfruta de oportunidades externas decisivas, pero presenta debilidades internas que le impiden explotar las oportunidades.

Las estrategias FA, se basan en la utilización de las fortalezas de una empresa para evitar o reducir el impacto de las amenazas externas. El objetivo de esta estrategia consiste en aprovechar las fortalezas de la organización, reduciendo a un mínimo las amenazas externas.

Las estrategias DA, presentan como objetivo derrotar las debilidades internas y eludir las amenazas externas. Una organización que presente gran número de amenazas externas y debilidades internas, debe intentar reducirlas al máximo, en el sentido de evitar llegar a una posición inestable.

La matriz FODA, está formada por nueve (9) casillas; cuatro (4) casillas de factores claves, cuatro (4) casillas de estrategias y una (1) que siempre se deja en blanco. Las casillas de estrategias se denominan DO, FA, FO, DA, y las cuatro (4) casillas de factores claves; se denominan F, A, O y D, representando fortalezas, amenazas, oportunidades y debilidades, respectivamente.

2.8 Descripción de los Tractocamiones Columbia CL120 Freightliner

Los tractocamiones Columbia Freightliner CL120, pertenecen al grupo de vehículos de carga pesada capaz de entregar la fiabilidad máxima, la durabilidad y la

eficacia en el camión tradicional para el siglo XXI. La estilización aerodinámica de Columbia reduce la resistencia de viento y proporciona la economía excelente de combustible, y con su diseño de peso ligero, pueden arrastrar más carga útil. Con la gran economía de combustible, la facilidad de mantenimiento estos tractocamiones hacen de la eficacia un elemento bastante atractivo. En la figura 2.5 se ilustra un tractocamión Columbia Freightliner CL120.



Fig. 2.5. Unidad Freightliner CL120 Columbia [Fuente: Foto]

Freightliner Camiones cuenta con motores que se adaptan a cualquier necesidad. Los motores de Detroit Diesel, Benz de Mercedes, Oruga y Cummins con posiciones de 170 a 625 Hp (caballo de fuerza) proporcionan el poder necesario para cualquier uso.

Detroit Diesel Series 60, es uno de los motores diesel líderes mundiales resistentes más populares. Con su lista larga de rasgos innovadores, este motor proporciona ventajas únicas a operadores de camión resistentes como son:

- ✓ La Recirculación de Gas de escape (EGR) para reducir emisiones manteniendo la calidad de marcha excelente, el funcionamiento, abastece de combustible la economía, y la vida de motor.

- ✓ La tecnología de turbocompresor de geometría variable de alto rendimiento permite al motor proporcionar el funcionamiento óptimo y la eficacia de combustible regido por el medio ambiente. La tecnología ofrece economía excelente de combustible, bajo gastos de funcionamiento y posición de vida a revisión y reparación excelente y vida larga del motor. La figura 2.6 muestra un motor Detroit Diesel serie 60.

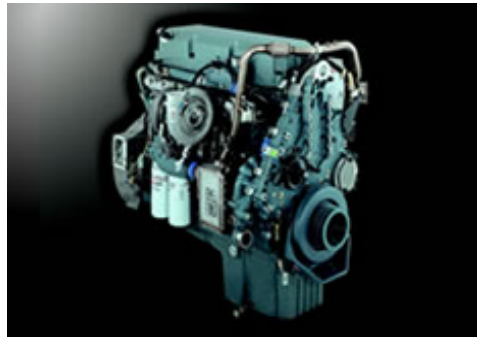


Fig. 2.6. Motor Detroit Dieses serie 60 [8]

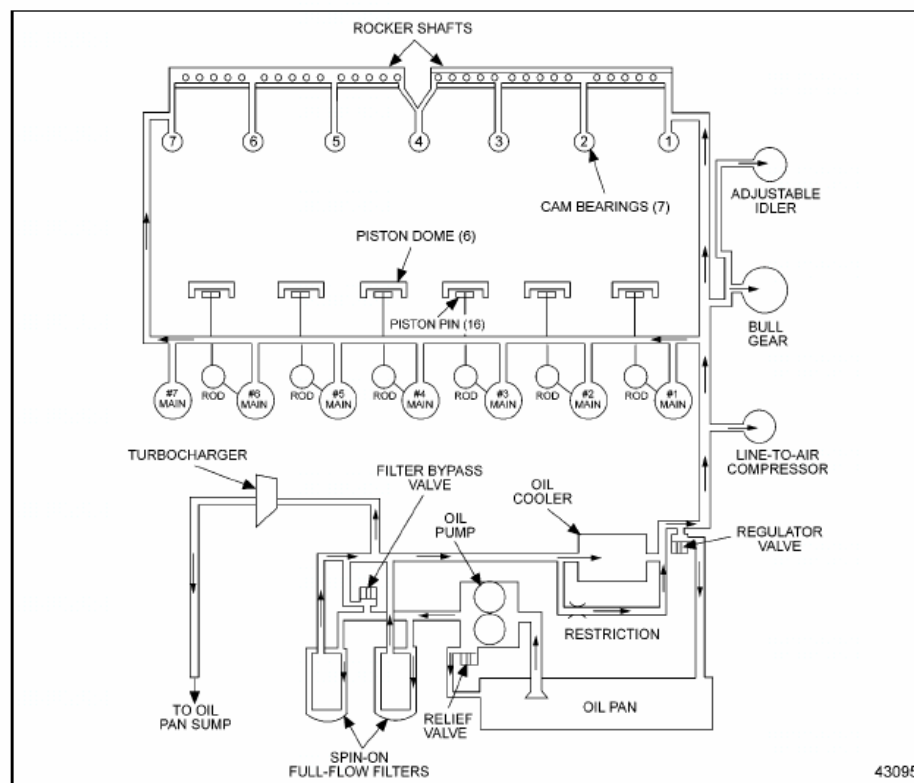
2.8.1 Sistema de Lubricación

Los motores de Series 60 y Series 50 se centran en un sistema de aceite lubricante, presurizado completo - circulación filtrada. El sistema incluye varias válvulas y orificios restringidos para optimizar la circulación de aceite.

Los modelos de motor son usuales con una heladera de aceite de thermatic, que mejora el ahorro de combustible en aceite, bajo situación de temperatura en ruta de bypass de refresco de aceite. Existen tubos externos e instalación de cañerías para

evitar fuga de aceite. El sistema de Lubricación consta de los siguientes equipos y se ilustra en la figura 2.7:

- ✓ Bomba de aceite
- ✓ Válvula del regulador de presión
- ✓ Válvula de liberación de presión
- ✓ Filtros de aceite
- ✓ Adaptador de filtro de aceite
- ✓ Heladera de aceite
- ✓ Varilla del aceite de nivel de aceite
- ✓ Cacerola de aceite
- ✓ Ventilación [8]



2.7. Sistema de Lubricación [8]

Fig.

2.8.2 Sistema de Enfriamiento

El sistema de enfriamiento de Series 60 es comprimible en dos sistemas distintos; el sistema de enfriamiento de agua (Chaqueta) y el sistema de enfriamiento de aire de cargo (CAC). Aunque estos sistemas son distintos, comparten el mismo espacio que hace el rendimiento de cada sistema dependiente generalmente sobre lo demás. Un sistema de enfriamiento bien diseñado es un requisito para el rendimiento de motor satisfactorio y confiable. Conocimientos minuciosos de la aplicación, el ciclo, y condiciones ambientales son elementos esenciales para diseñar y embalar el sistema de enfriamiento total. El sistema de enfriamiento de agua de chaqueta consta de un calor - intercambiador o radiador el agua de tipo centrífuga bomba, heladera de aceite, termostatos, y ventilador de enfriamiento. El CAC consta del tubo de aire, el turbocompresor, el ventilador de enfriamiento y el colector. En las figuras 2.8 y 2.9 se ilustran los sistemas de enfriamiento de agua y aire. [8]

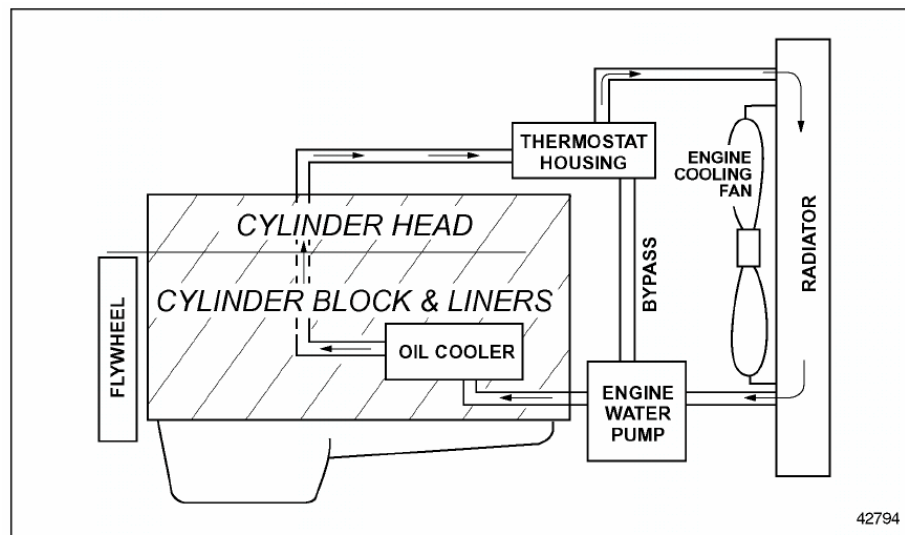


Fig. 2.8. Sistema de Enfriamiento de Agua [8]

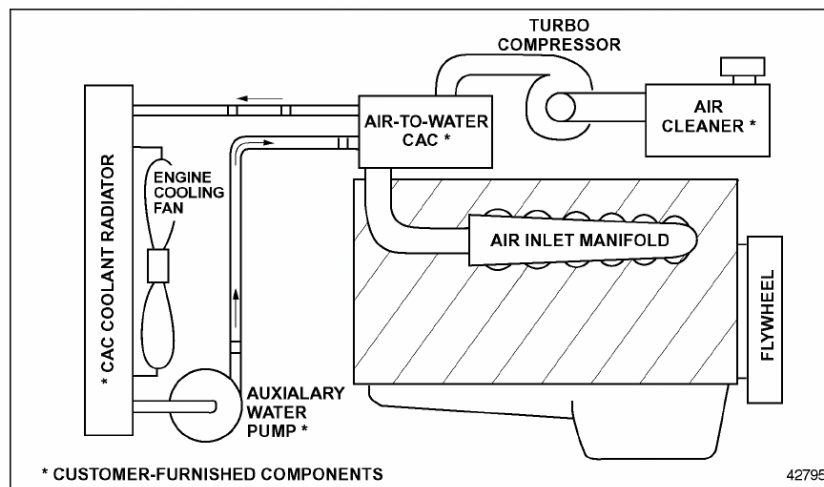


Fig. 2.9. Sistema de Enfriamiento de Aire [8]

2.8.3 Sistema de combustible:

El propósito del sistema de combustible es guardar el combustible limpio y libre del aire o agua, y entregar a domicilio este combustible en la presión correcta para los inyectores de unidad electrónicos (EUI). El sistema de combustible consta de:

- ✓ Un tanque de combustible.
- ✓ Filtro de combustible principal.
- ✓ Bomba de suministro de combustible.
- ✓ Filtro de combustible secundario.
- ✓ Circuitos de combustible.
- ✓ Inyectores de unidad electrónicos (EUI).
- ✓ Módulo de control electrónico (ECM).
- ✓ Accesorios restringidos.
- ✓ Válvula de check de combustible (opcional).
- ✓ Todas las tuberías necesarias.

- ✓ Refrigerador de combustible (opcional).

2.8.4 Sistema de Aire

Un motor de combustión interna requiere un suministro suficiente de aire para el desarrollo completo de la combustión, evaluación del poder y consumo eficiente de combustible. [8]

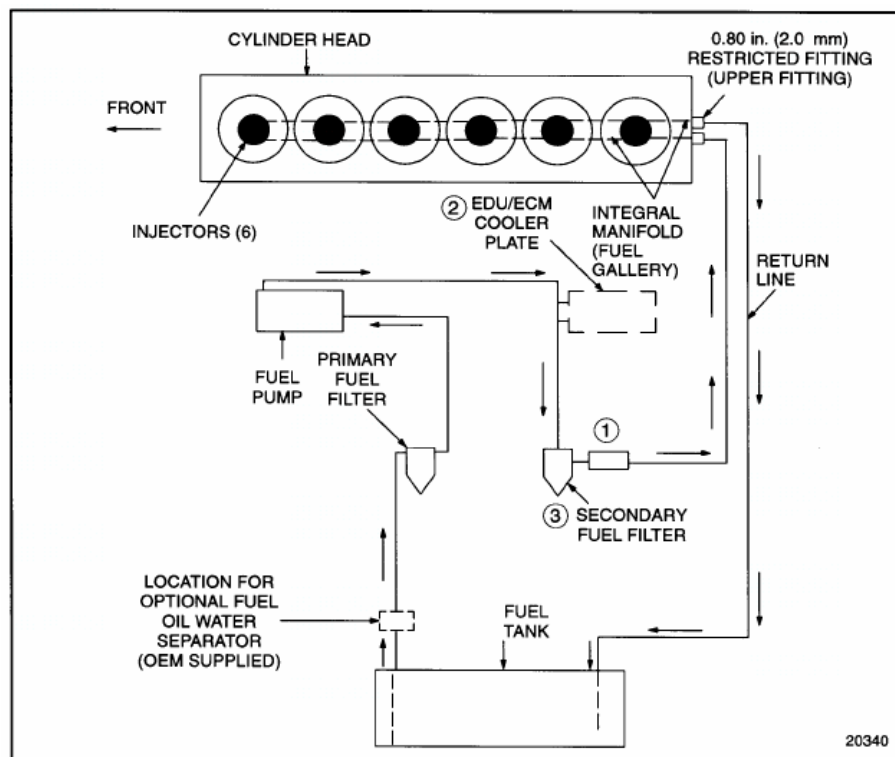


Fig. 2.10. Sistema de Combustible [8]

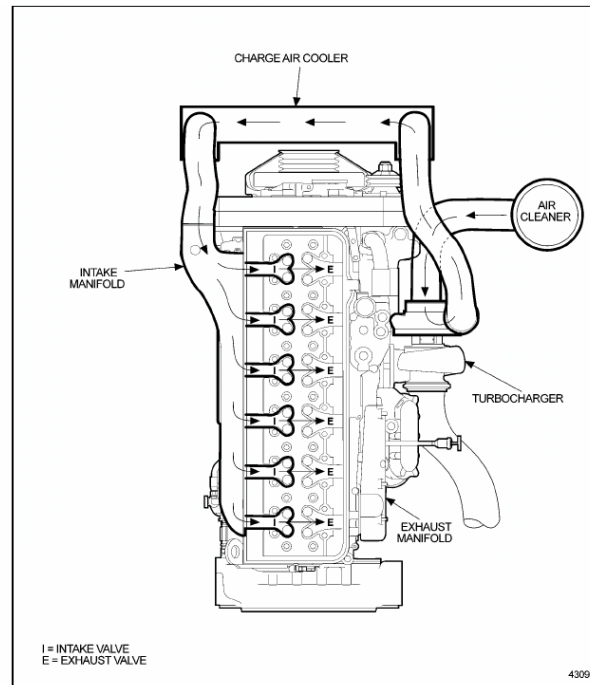


Fig. 2.11. Sistema de Aire [8]

2.8.5 Sistema de Escape

Los motores Detroit Diesel serie 60 están equipados con un múltiple de escape de tres piezas como se muestra en la figura 2.12. La brida de salida se localiza centralmente y se conecta directamente con la cubierta de la turbina del turbocargador. Las tres piezas del múltiple de escape, tienen uniones que se deslizan fácilmente durante el ensamble inicial y que sella cuando el múltiple se calienta debido a la operación del motor. El múltiple de escape se sujeta con la cabeza de cilindros con doce tornillos endurecidos de aleación especial.

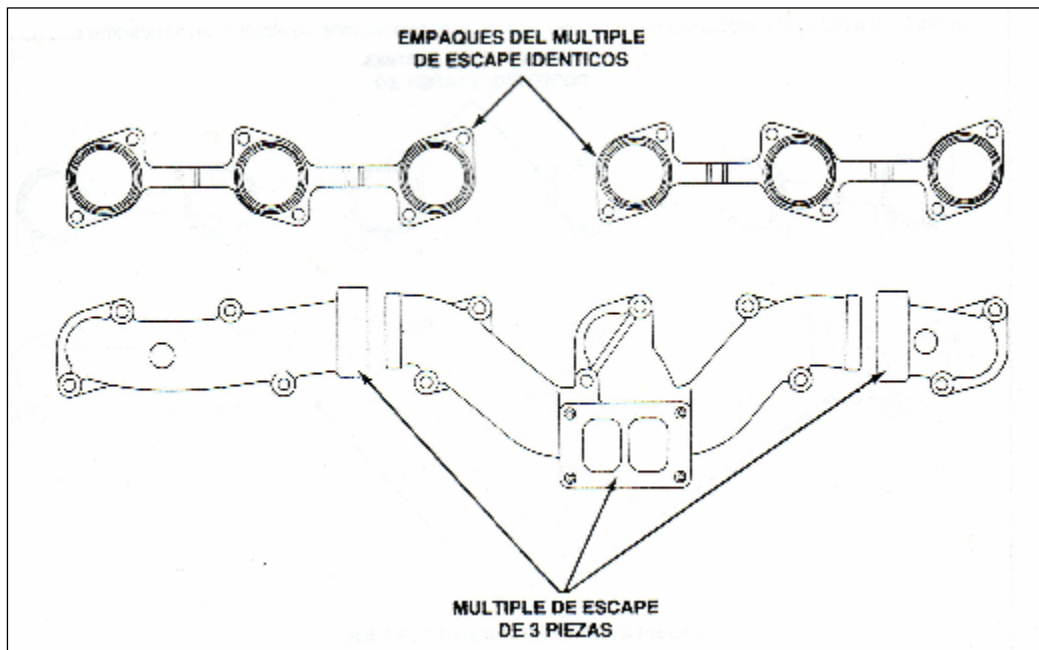


Fig. 2.12. Sistema de Escape [8]

2.8.6 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico generalmente consiste de motor de arranque, un generador (alternador), con un regulador de voltaje transistorizado, una batería o baterías, interruptor de ignición, relevador del motor de arranque, el cableado necesario y sensores eléctricos.

2.8.7 Sistemas Especiales

Entre los sistemas especiales se encuentran primero el compresor de aire, el cual se encuentra montado en el ensamble impulsor del compresor, que esta en el lado izquierdo del motor en la parte posterior de la caja de engranes.

El compresor también impulsa a la bomba de combustible que esta atornillada en el extremo trasero del compresor. El cigüeñal del compresor esta diseñado para aceptar un acoplamiento de impulso que esta localizado entre el compresor y la bomba de combustible.

Otro de los sistemas especiales se encuentra el motor Detroit Diesel serie 60, el cual se describe como un motor a diesel con un ciclo de cuatro tiempos y de alta velocidad.

Utiliza un monobloque de hierro fundido en línea y tiene una cabeza de cilindros de hierro fundido que contiene un árbol de levas a la cabeza simple. El árbol de levas activa todas la válvulas (dos de admisión y dos de escape por cilindro) y opera a los inyectores. El tren de engrane que esta alineado verticalmente se localiza en el extremo delantero del motor en una caja de engranes, que contienen engranes de impulso para la bomba de aceite lubricante, cigüeñal, árbol de levas, compresor de aire, bomba de combustible, comba de agua y accesorios del alternador.

Cada motor esta equipado con filtros de aceites gemelos de flujo completo, un filtro de derivación, un enfriador de aceite, dos filtros de combustibles, y un turbocargador.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipos de Investigación

3.1.1 Según la estrategia.

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó la estrategia de la **Investigación Documental**, ya que se consultaron documentos bibliográficos, manuales de información, especificaciones, procedimientos, consultas de criterios y metodología de mantenimiento.

Por otra parte, también se empleó la **Investigación de Campo** como estrategia secundaria, la cual permitió obtener la información necesaria directamente del área de estudio, donde se pudo observar las necesidades físicas reales de las actividades que se plantearon.

3.1.2 Según su propósito.

Durante la investigación se obtuvieron resultados que clasifica el trabajo según su propósito en investigación **Aplicada**, debido a que se usaron conocimientos teóricos, actualización de métodos e implantación de rutinas y/o frecuencias de mantenimiento para ajustarlos al contexto de las actividades que se están realizando.

3.1.3 Según el nivel de conocimiento.

Se identificaron las fallas y modos de fallas relacionados a los equipos analizados, y luego se describió la situación por medio de una **Investigación**

Descriptiva, ya que comprendió la descripción, registro e interpretación del problema actual, además requirió de técnicas específicas así como de criterios y formatos de recolección de información, entrevistas directas con el personal y documentación.

3.2 Técnicas de Investigación y Análisis

Para la realización de este trabajo se examinaron y recolectaron datos relacionados con la planificación y puesta en marcha de las actividades de mantenimiento. La información recolectada fue teórica - práctica, necesaria para cumplir con los objetivos planteados. Las técnicas utilizadas fueron:

- ✓ Observación directa.
- ✓ Encuestas.
- ✓ Entrevista con el Personal.
- ✓ La descripción.
- ✓ Gráficas.
- ✓ Metodología del Análisis de Criticidad.
- ✓ Metodología del MCC.
- ✓ Documentación.
- ✓ La predicción.
- ✓ Manejo de programas de Computación.

3.2.1 Observación Directa

Esta técnica se utilizó para identificar y describir los elementos que intervienen en el área de estudio, además de familiarizarse con los equipos que conforman los sistemas de los tractocamiones. Esta técnica permitió visualizar la situación actual de los tractocamiones tal como se presentan de una manera espontánea, porque la

información fue obtenida de las inspecciones de cada uno de ellos, de la bibliografía recopilada y reportes de los operadores.

3.2.2 Encuestas

Esta técnica se utilizó para complementar la etapa de planeación, ejecución, análisis de los datos y presentación de la información del personal involucrado en el mantenimiento. Aquí se realizó la selección de una muestra para representar a la población definida para el estudio y se construyó un cuestionario válido para la medición de las variables de interés de la investigación, donde el personal expresó sus ideas.

3.2.3 Entrevistas con el Personal

Esta técnica permitió involucrarse más a fondo con los detalles de los trabajos de mantenimiento realizados a los tractocamiones en el transporte oriente y conocer el funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman dichas unidades, adicionalmente se hizo referencia a los sistemas más críticos y las fallas de funcionamiento más comunes que presentan los tractocamiones.

3.2.4 La descripción

Esta técnica está relacionada con la observación directa, se crearon registros detallados exclusivamente de la experiencia y la observación realizadas.

3.2.5 Gráficas

En esta técnica se realizó una representación de la información obtenida mediante gráficas para tener una mejor visión de los resultados de lo que se está

analizando. Para aplicar esta técnica se utilizaron gráficas de línea, circulares, barras etc.

3.2.6 Metodología de Análisis de Criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar los sistemas y equipos, en función del impacto global (seguridad, ambiente o producción), con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos). Se utilizó un método de factores ponderados y se estableció una escala (No crítico, Medianamente crítico y crítico) para definir el impacto general sobre los factores estudiados en el análisis.

3.2.7 Metodología del MCC

Es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, útil para el desarrollo de planes de mantenimiento. Con esta herramienta se puede manejar de forma estructurada, la información específica de sistemas y equipos, al mismo tiempo que se aprovecha la experiencia de los usuarios. Partiendo de un árbol lógico de decisiones, facilita determinar que tareas de mantenimiento son las más efectivas; para ello se definen y seleccionan sistemas, se analizan las fallas, modos de fallas, efectos de las fallas, etc.

3.2.8 Documentación

Antes de empezar con la investigación, se llevó a cabo un proceso de revisión de registros y documentos de la empresa relacionados con el funcionamiento y la inspección de los elementos de estudio. Por medio de este método se extrajo información y se consultó escritos acerca del tema que se tomaron como punto de partida y sirvieron además para dar apoyo técnico en la elaboración del trabajo.

3.2.9 La predicción

Con esta técnica se definieron las acciones prácticas del mantenimiento que ayuden a mitigar las frecuencias de fallas de los equipos críticos, lo que implica presentar soluciones y recomendaciones para los diferentes problemas que presentan en el sistema de los tractocamiones.

3.2.10 Manejo de Programas de Computación

Estos elementos además de agilizar los cálculos y el procesamiento de la información, fueron útiles a la hora de presentar los resultados en forma más ordenada.

3.3. Población y Muestra.

La población estuvo representada por los subsistemas que conforman a los tractocamiones, Lubricación, Enfriamiento, Combustible, Aire, Escape, Eléctrico y los especiales. La muestra, vino dada por el conjunto de componentes críticos que integran cada uno de los subsistemas (alternador, arranque, bomba de agua, bomba de dirección, motor Detroit Diesel, embrague, transmisión, compresor de aire, radiador, sensores eléctricos y filtros). Todos los tractocamiones están conformados de la misma manera.

3.4 Equipos, Materiales, Sustancias y Herramientas

3.4.1 Equipos

- ✓ Computador con procesador Pentium III.

- ✓ Impresora
- ✓ Pen Drive

3.4.2 Materiales

- ✓ Papel Bond blanco tamaño carta
- ✓ Consumibles para impresora
- ✓ Lápices
- ✓ Bolígrafos
- ✓ Borradores
- ✓ Carpetas

3.4.3 Sustancias (No se requieren).

3.4.5 Herramientas

- ✓ Microsoft Office
- ✓ Software de mantenimiento J.D.E
- ✓ Internet
- ✓ Intranet

3.5 Fases de la Investigación

El presente trabajo se dividió en seis (6) fases para su realización, las cuales se describen a continuación:

3.5.1 Revisión Bibliográfica

Esta fase se procedió a investigar, consultar y recopilar información o temas de interés relacionado con el planteamiento del trabajo. Textos, trabajos de grado, documentos técnicos, red electrónica, manuales, entre otros, fueron las fuentes para las consultas y recopilación de la información de interés.

3.5.2 Diagnóstico de la Situación Actual de los Tractocamiones.

Para el diagnóstico de la situación de actual de los tractocamiones, se realizaron visitas al área del taller mecánico del Transporte Oriente, con el fin de familiarizarse con la gama de equipos que conforman los sistemas de los tractocamiones, verificar su estado y el comportamiento durante su operación. Se recolectó información de las partes básicas de los tractocamiones, a través de la experiencia del personal mecánico y administrativo de mantenimiento.

Con la información recolectada se levantó un registro de las fallas de los subsistemas que conforman los tractocamiones, tomando en cuenta el tiempo de funcionamiento en horas y si los equipos trabajan de manera continua o discontinua. Para obtener esta información se recurrió al software de control para motores Detroit Diesel de tractocamiones Freightliner modelo CL120, donde se reflejan horas y fecha de encendido y apagado del sistema.

Con la información recabada anteriormente se realizó un análisis para obtener los tiempos de funcionamiento (TF), los tiempos entre fallas (TEF), los tiempos fuera de servicios (TFS) de los tractocamiones, las fallas asociadas y su cantidad. Para los tiempos de funcionamiento (TF) se tomó la sumatoria de las horas de operación del tractocamión durante el periodo de estudio y mensualmente, luego para los tiempos entre fallas (TEF) se tomó las horas transcurrida por el tractocamión desde la puesta en marcha y la falla, aquí se obtuvo la media de los tiempos entre fallas (MTEF), para los TFS no se llevaba un registro claro de actividad de mantenimiento al tractocamión cuando ocurría una falla, y por ello que se tomó el TFS como las horas transcurridas

entre la ocurrencia de una falla y una actividad de mantenimiento (preventivo o correctivo) o la ocurrencia de una falla y la puesta en marcha del tractocamión, es decir la que ocurra primero.

Mediante el software JDE, se obtuvo las fechas de realización de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, con la ayuda de órdenes de trabajo, en la retroalimentación de cada una de ellas se especifican las fechas, el objeto y especificación de las actividades realizadas.

3.5.3 Análisis de Criticidad a los Sistemas de los Tractocamiones.

Para el análisis de criticidad se reunió un equipo natural de trabajo, el cual estuvo conformado por personas de diferentes funciones en la organización del transporte oriente, para analizar la problemática de los tractocamiones, apuntando al logro de un objetivo en común.

Para la realización de este estudio se utilizó la metodología de selección de equipos críticos conocida como EQUICRIT, la cual consta de factores ponderados desarrollada para establecer los sistemas y equipos críticos de una instalación industrial clasificada por sistemas, sub-sistemas y equipos para fines de la implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad. Esta metodología se basa en el establecimiento de un cuestionario de evaluación de equipos organizado en sectores, factores y renglones, desarrollado en función del tipo de estudio y su alcance. Los sectores que abarca son: operaciones, protección integral, mantenimiento y tecnología. En la figura 3.1 muestra un ejemplo de esta metodología, la circunferencia ubicada en el extremo derecho muestra los factores que se consideraron de cada uno de los sectores (circunferencia extremo izquierdo) involucrados en el estudio, para la determinación de la criticidad de los sub-sistemas

de los tractocamiones. En cada factor se definen renglones para ubicar un sub-sistema con respecto a un factor específico.

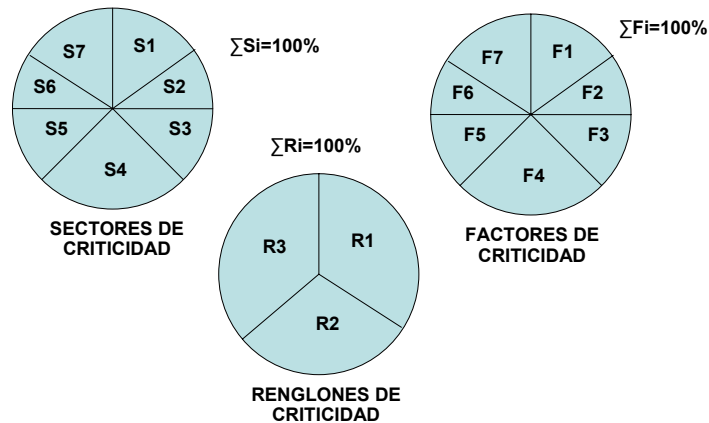


Fig. 3.1. Metodología de selección de equipos críticos Equicrit [10]

A continuación se presenta el cuestionario:

SECTOR 1: Operaciones / Procesos

F.1. Frecuencia de Fallas:

- R1) Solo paradas programadas.
- R2) No aplica.
- R3) Alta Frecuencia.

F.2. Impacto de la parada del equipo en las operaciones (referido a la producción).

- R1) No afecta.
- R2) Requiere disminuir carga / degrada producto / afecta el valor agregado.
- R3) Detiene la producción de secciones o de toda la planta.

F.3. Flexibilidad operacional.

- R1) Flexible, puede adaptarse a cambios en las condiciones de operación.

R2) Puede aceptar cambios en las condiciones de operación, pero afecta a la eficiencia del proceso.

R3) No es flexible.

F.4. Equipo alterno.

R1) Tiene equipo alterno.

R2) Tiene equipo alterno, pero de insuficiente capacidad.

R3) No tiene equipo alterno.

F.5. Complejidad de operación.

R1) Operación simple.

R2) Mediana Complejidad.

R3) Operación compleja.

F.6. Grado de automatización y control.

R1) Posee el mínimo requerido según normas.

R2) Posee instrumentos de medición y control pero no cumple el mínimo requerido por las normas.

R3) No posee instrumentos o los instrumentos asociados al equipo no son suficientes para detectar que está perdiendo su función.

SECTOR 2: Protección integral.

F.1. Consecuencias de un accidente causado por el equipo.

R1) No afecta al personal/ planta/ producción/ medio ambiente.

R2) Solo afecta a la producción.

R3) Afecta al personal/ planta/ producción/ medio ambiente.

F.2. Magnitud de riesgos según condiciones de operación.

R1) Bajo riesgo por presión, temperatura, toxicidad, o inflamabilidad del fluido.

R2) Moderado riesgo: alta presión o temperatura, temperaturas criogénicas, fluido tóxico o inflamable o con bajo punto de ebullición.

R3) Alto riesgo: alta presión y temperatura, fluido tóxico, inflamable y con bajo punto de ebullición.

F.3. Riesgos de operación por presencia de defectos y/o grietas.

R1) No presenta defectos y/o grietas, según los resultados de inspecciones.

R2) Posee defectos y/o grietas que se han reparado.

R3) Funciona con defectos y/o grietas que no se han reparado.

F.4. Adecuación de los sistemas de producción.

R1) Adecuados – vigentes.

R2) Disponibles, pero deben ser mejorados.

R3) No adecuados – no tiene.

SECTOR 3: Mantenimiento.

F.1. Disponibilidad de repuestos para reparaciones.

R1) Partes de repuestos disponibles como pieza estándar en almacenes de materiales/ taller de la filial/ proveedor local/ contratista.

R2) Requiere la fabricación de piezas de repuesto en taller de la filial/ proveedor local/ contratista.

R3) Requiere la fabricación de piezas de repuesto en el exterior.

F.2. Intercambiabilidad de equipos/ partes.

R1) Puede ser intercambiado completamente sin cambios y/o puede intercambiar partes con otros equipos, ó no aplica.

R2) No evaluado.

R3) No es intercambiable (equipos / partes).

F.3. Complejidad tecnológica para el mantenimiento.

R1) Requiere personal propio, no requiere equipos/ herramientas especiales.

R2) Requiere personal calificado y/o equipos/ herramientas especiales disponibles a nivel nacional.

R3) Requiere personal especializado y/o equipos/ herramientas especiales foráneos.

F.4. Frecuencia de mantenimiento requerido.

R1) Baja (ejecución esporádica o programada).

R2) Media.

R3) Altas (acciones de mantenimiento continuas).

F.5. Costos de mantenimiento.

R1) Esperados (según presupuesto programado).

R2) Medianos (desviaciones = 10% del presupuesto programado).

R3) Altas (desviación > 10% del presupuesto programado).

SECTOR 4: Vigencia tecnológica.

F.1. Vigencia Tecnológica.

R1) Alta (tecnología vigente).

R2) Media (existe en el mercado tecnología mejorada y/o no está en línea con políticas de estandarización).

R3) Baja (requiere reemplazo a corto/ mediano por tecnología mejorada).

F.2. Tiempo en servicio.

R1) Menor de 10 años.

R2) Entre 10 y 30 años.

R3) Mayor a 30 años.

Para obtener los valores del factor de criticidad se consideran las ponderaciones que se muestran en las tablas 3.1 (Ponderación de renglones) y 3.2 (Ponderación de sectores y factores), estos valores son preestablecidos por el EQUICRIT. **[10]**

Tabla 3.1. Ponderación de Renglones [10]

REGLONES	PONDERACIÓN
R1	10
R2	30
R3	60
TOTAL	100

Tabla 3.2. Ponderación de sectores y factores [10]

SECTOR	PONDERACIÓN (%)						TOTAL	
	(%)	F1	F2	F3	F4	F5		F6
Operaciones / Procesos (30)	30%	13	18	21	23	10	15	100
Protección Integral (15)	15%	50	10	20	20			100
Mantenimiento (22)	22%	40	10	10	20	20		100
Vigencia Tecnológica (33)	33%	75	25					100

3.5.4 Contexto operacional de los sistemas más críticos.

Para la elaboración del contexto operacional (documento base para realizar el análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad) de los componentes más críticos de los tractocamiones se realizó una recopilación de toda la información recavada en las etapas anteriores y en conjunto con el equipo natural de trabajo se definió del contexto operacional de los sistemas de la siguiente manera:

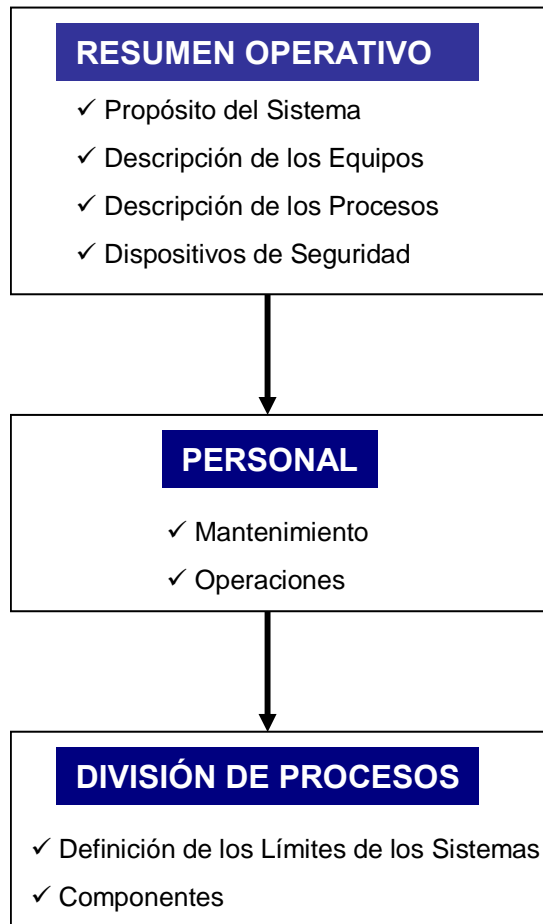


Fig. 3.2. Definición del Contexto Operacional [9]

3.5.6 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Para cumplir con los criterios básicos de MCC (Seguridad Humana, Ambiente y Operaciones), el grupo de trabajo seleccionado realizó la siguiente secuencia:

✓ ***Funciones y estándares de ejecución.***

En esta parte del proceso de implantación del MCC, el grupo de trabajo definió las funciones de los componentes de los tractocamiones (cada componente tiene más de una función en el contexto operacional), y diferenció los distintos tipos

de funciones según el MCC en primarias y secundarias. Las funciones primarias generalmente están definidas por la razón de existencia del componente y generalmente son dadas por el nombre del mismo y las secundarias son otras funciones que el activo esta en capacidad de cumplir.

✓ ***Definir fallas funcionales asociada a cada función de los componentes.***

Para la definición de las fallas funcionales el grupo de trabajo examinó como dejan de cumplir los componentes las funciones a la cual están destinados, para ello se analizó el concepto de falla funcional como primer punto, se relacionó entre los estándares de ejecución y las falla funcionales, las implicaciones del hecho que cada estándar funcional asociado a una función puede tener mas de una falla funcional y por ultimo la forma de registrar las fallas funcionales en una hoja de trabajo diseñada para el AMEF.

✓ ***Definir los modos de fallas asociados a cada falla funcional***

Con respecto a este punto, hay que resaltar que las fallas funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son denominadas modos de fallas (causas de fallas funcionales). Para definir cuales son las causas que provocan la pérdida total o parcial de las funciones el grupo de trabajo se encargó de recopilar información e identificar correctamente los modos de fallas, para ello se tuvo presente los niveles de fallas, el cual esta relacionado con el nivel al cual se identifica el modo de falla, las causas raíces de las fallas funcionales, el cual depende del nivel de detalle al cual se esta realizando el AMEF, y los modos de fallas con sus respectivos niveles de ocurrencia que deben ser registrados, aquí se evitó la posibilidad que todos los modos de fallas que puedan ocurrir por causas de una falla funcional se registrarán. Para el registro de los modos de fallas se tomo en cuenta lo siguiente:

1.- Modos de fallas asociados a un componente, ocurridas anteriormente en un contexto operacional similar.

2.- Modos de fallas asociados a un componente, que sin haber ocurrido aún en el actual contexto operacional o en uno similar, tiene la probabilidad de falla razonable.

3.- Modos de fallas asociados a un componente, cuyos efectos sean severos para la seguridad humana, el ambiente o las operaciones.

✓ ***Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de falla.***

En esta parte del proceso el grupo de trabajo tuvo como objetivo identificar lo que sucedería en el contexto operacional si ocurriese cada modo de falla previamente identificado. Para la identificación y descripción de forma precisa de los efectos producidos por cada falla el grupo de trabajo respondió de forma clara las siguientes preguntas:

¿Cómo se evidencia (si puede ser evidente) que un modo de falla ha ocurrido?

¿Cómo podría afectar la ocurrencia de cada modo de falla a la seguridad humana o al ambiente?

¿Cómo afectaría la ocurrencia de cada modo de falla a la producción y a las operaciones?

Luego toda la información recopilada en esta etapa fue vaciada en la hoja de información la cual se especificó en el capítulo 2. La hoja de información contiene la información referente a las funciones, las fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. A las funciones se le asigna un número arábigo al igual que a los modos de fallas. Las funciones funcionales se le asignan letras.

3.5.7 Diseño del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Una vez realizado el AMEF, el equipo natural de trabajo, seleccionó el tipo de actividad de mantenimiento, el cual ayudo a prevenir la aparición de cada modo de falla por medio del árbol lógico de decisiones. Luego de haber seleccionado el tipo de actividad se especifico la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada, con su respectiva frecuencia de ejecución.

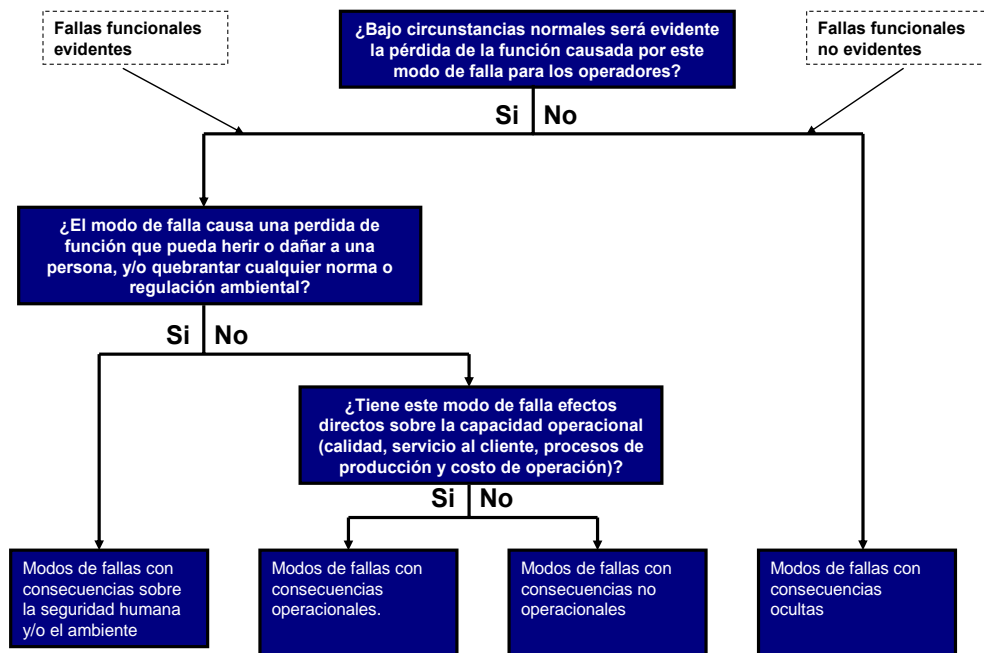


Fig. 3.3. Identificación de las consecuencias de los modos de fallas [9]

Como primer paso para la selección de las actividades de mantenimiento el equipo de trabajo procedió a identificar las consecuencias que generan los modos de fallas.

Luego de identificar las consecuencias por cada modo de falla el equipo de trabajo identificó el tipo de actividades de mantenimiento, mediante el árbol lógico de dediciones.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1 Resumen de los Datos Obtenidos en el Diagnostico de la Situación Actual de los Tractocamiones.

El sistema de los tractocamiones a estudiar, está conformado por los sub-sistemas que se mencionan en la tabla 4.1, en la cual se detalla claramente el nombre de cada una de ellas y los componentes principales que actúan dentro en el sub-sistema.

Tabla 4.1. Sistemas que conforman los tractocamiones. [Fuente: Propia]

Nº	NOMBRE DEL SUB-SISTEMA	COMPONENTES PRINCIPALES
1	Lubricación	Bomba de aceite, válvula reguladora y de alivio de presión, filtro de aceite y enfriador de aceite.
2	Enfriamiento	Bomba de agua, filtro de refrigerante termostato, ventilador y radiador.
3	Combustible	Bomba de combustible, filtro de combustible, sensores de presión, temperatura, referencia y nivel.
4	Admisión de aire	Purificador de aire, múltiple de admisión, turbocargador y secador de aire.
5	Escape	Múltiple de escape.
6	Eléctrico	Alternador, batería y motor de arranque.
7	Sistemas especiales	Compresor de aire, Motor Detroit diesel.

A través de una hoja de cálculo de Microsoft Excel se registraron los datos de operación del tractocamión referente al encendido y apagado del sistema, este levantamiento se realizó en un período de siete (7) meses, comprendiendo el lapso entre Junio-Diciembre del 2007. Para el registro se utilizó un formato donde muestra cada uno de los siete (7) sub-sistemas que conforman el sistema del tractocamión con su respectiva codificación. Hay que resaltar que los tractocamiones son todos iguales

y están conformados por los mismos sub-sistemas, es decir al realizarle el registro a una unidad, equivale para cualquiera de las otras. En el formato nos indica que cuando se apaga el tractocamión, es porque se produjo una falla e inmediatamente se detalla en la columna correspondiente al sub-sistema que falló.

El registro de encendidos y apagados de los tractocamiones ayudó como punto de partida para la generación de registros de fallas de cada uno de los tractocamiones. Para obtener un mejor detalle, los registros de fallas se realizaron mensuales para cada uno de los tractocamiones y se registraron todos los tiempos entre fallas (TEF) para cada uno de ellos. En la tabla 4.2 se muestra un ejemplo del registro de falla mensual, donde el tiempo de funcionamiento se refleja en horas. Para obtener el funcionamiento de los tractocamiones se procedió a determinar el tiempo transcurrido entre un encendido y un apagado (consecutivos). Además se procedió a llevar un registro de funcionamiento acumulado. Para el registro de los TEF se tomó base los tiempos de funcionamiento acumulados de cada uno de los tractocamiones y se expresaron en horas de funcionamiento. Para cada tiempo acumulado se anexó una observación que definía el tipo de falla que había ocasionado la parada del tractocamion (en el caso que la hubiese).

A partir de los registros anteriormente enunciados se obtuvieron las horas de funcionamiento de los tractocamiones así como los tipos y cantidad de fallas asociadas a las mismas.

Tabla 4.2. Registro de falla mensual [Fuente: Propia]

Fecha Fin de Mes	30/06/07	720								DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	
Sistema (Tractocamiones)	Arranque		Parada		Arranque		TO ACUMULADO (Hrs)	TFS ACUMULADO (Hrs)	CANTIDAD DE FALLA	Parada 1	Parada 2
	Fecha	Hora	Fecha	Hora	Fecha	Hora					
09MGAZ	01/06/07	8:23:00	16/06/07	17:00:00	16/06/07	17:45:00	710,87	9,13	1,00	La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	
11MGAZ	01/06/07	3:50:00	07/06/07	13:00:00	07/06/07	16:00:00	706,60	13,40	2,00	Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	El alternador no carga
12MGAZ	01/06/07	7:00:00	13/06/07	9:35:00	13/06/07	10:00:00	712,58	7,42	1,00	Freno de motor no funciona	
13MGAZ	01/06/07	15:00:00	05/06/07	8:15:00	05/06/07	11:31:00	701,73	18,27	1,00	Consumo de combustible excesivo	
15MGAZ	01/06/07	12:00:00	23/06/07	11:11:00	24/06/07	7:32:00	687,65	32,35	1,00	Presión de aceite baja	
16MGAZ	01/06/07	6:00:00					714,00	6,00	0,00		
17MGAZ	01/06/07	16:00:00	18/06/07	6:51:00	20/06/07	9:20:00	653,52	66,48	1,00	Fuga de aceite turbocargador	
18MGAZ	01/06/07	11:00:00	30/06/07	3:42:00	30/06/07	10:52:00	701,83	18,17	1,00	Presión de aceite Alta	
19MGAZ	01/06/07	18:00:00	19/06/07	6:26:00	19/06/07	7:42:00	700,73	19,27	1,00	El motor arranca pero no se mantiene funcionando	
20MGAZ	01/06/07	9:00:00	18/06/07	15:33:00	19/06/07	7:23:00	695,17	24,83	1,00	Temperatura de aire del múltiple por arriba de especificación	
22MGAZ	01/06/07	14:00:00	10/06/07	17:11:00	11/06/07	8:11:00	691,00	29,00	1,00	Motor funciona con velocidad irregular no en vacío	
23MGAZ	01/06/07	6:00:00	07/06/07	19:00:00	08/06/07	9:42:00	699,30	20,70	1,00	El control de crucero no funciona correctamente	

También se obtuvo la información concerniente a los tiempos fuera de servicios (TFS), en la tabla 4.3 se muestra el resumen de los datos obtenidos de la información analizada.

Tabla 4.3. Tiempos de Operación, tiempos de estudio y cantidad de fallas por tractocamion

[Fuente: Propia]

Sistema (Tractocamiones)	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hrs)	TIEMPO FUERA DE SERVICIO (Hrs)	TIEMPO DE ESTUDIO (Hrs)	CANTIDAD DE FALLAS
09MGAZ	4933,62	106,38	5040,00	10,00
11MGAZ	4939,55	100,45	5040,00	8,00
12MGAZ	4904,18	135,82	5040,00	11,00
13MGAZ	4910,23	129,77	5040,00	7,00
15MGAZ	4929,53	110,47	5040,00	7,00
16MGAZ	4942,18	97,82	5040,00	3,00
17MGAZ	4815,88	224,12	5040,00	9,00
18MGAZ	4866,88	173,12	5040,00	7,00
19MGAZ	4908,72	131,28	5040,00	4,00
20MGAZ	4920,75	119,25	5040,00	11,00
22MGAZ	4884,27	155,73	5040,00	10,00
23MGAZ	4925,37	114,63	5040,00	4,00
27MGAZ	4884,17	155,83	5040,00	10,00
29MGAZ	4924,47	115,53	5040,00	6,00
31MGAZ	4933,32	106,68	5040,00	7,00
33MGAZ	4932,85	107,15	5040,00	5,00
34MGAZ	4917,62	122,38	5040,00	7,00
35MGAZ	4836,33	203,67	5040,00	9,00
38MGAZ	4900,35	139,65	5040,00	7,00
39MGAZ	4700,20	339,80	5040,00	10,00
40MGAZ	4921,68	118,32	5040,00	6,00
44MGAZ	4909,97	130,03	5040,00	7,00
Total Fallas				165,00

Tabla 4.4. Tipos y cantidades de fallas [Fuente: Propia]

Tipo de Falla Diagnosticadas	Cantidad de Fallas Recolectadas
La presión de aire del compresor de aire se eleva lentamente	3
Ruido excesivo del compresor de aire	6
El compresor de aire bombea aceite lubricante en exceso en el sistema de aire	2
El compresor de aire no mantiene la presión de aire adecuada	3
El alternador no carga o carga insuficiente	14
Pérdida de refrigerante	9
Temperatura de refrigerante arriba de lo normal	1
Temperatura de refrigerante debajo de lo normal	2
El control de cruceo no funciona correctamente	7
Deficiente aceleración y respuesta del motor	4
El freno de motor no funciona	7
El motor gira pero no arranca (Sin humo del escape)	6
El motor desacelera lentamente	2
Ruido excesivo del motor	6
Detonaciones de combustión	2
Baja salida de potencia del motor	5
Falla de encendido	4
El motor se apaga inesperadamente	3
El motor funciona con velocidad irregular en marcha en vacío baja	6
El motor funciona con velocidad irregular no en vacío baja	4
El motor arranca pero no se mantiene funcionando	6
Vibración del motor	6
El motor no gira o gira lentamente	4
Consumo de combustible excesivo	3
Combustible en el aceite lubricante	4
Temperatura del aire del múltiple de admisión arriba de especificación	5
Aceite lubricante contaminado (alta)	4
Temperatura de aceite lubricante arriba de especificación	4
Aceite lubricante en el refrigerante	4
Humo negro excesivo	4
Humo blanco excesivo	5
Baja presión de amplificación del turbocargador	3
Fugas del turbocargador	5
Total de Fallas	165

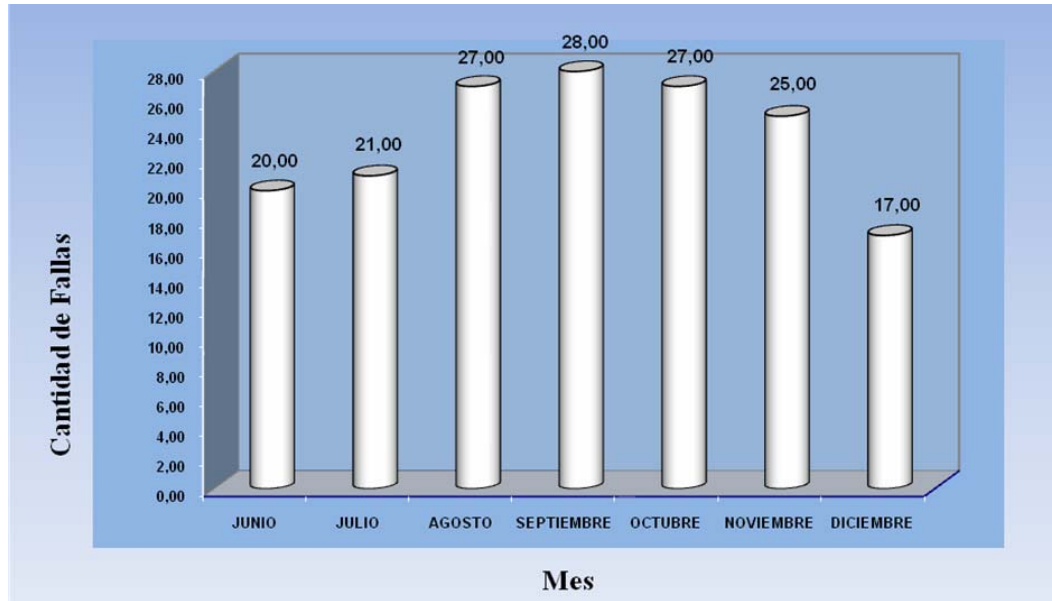


Fig. 4.1. Distribución de las fallas mensuales [Fuente: Propia]

La media de los tiempos entre fallas (MTEF) y la media de los tiempos fuera de servicios (MTFS), se obtuvieron a partir de lo siguiente:

$$\sum_{l=1}^{l=n} \frac{T.E.F}{N} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\sum_{l=1}^{l=n} \frac{T.E.S}{N} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde:

TEF = Tiempos entre Fallas (horas), *TFS* = Tempos Fuera de Servicio (horas)

Para el tractocamion 09M-GAZ, se obtiene que:

$$\sum \frac{4933,62}{10} = 493,36 \text{ horas}$$

El resto de información fue trabajada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y la siguiente tabla muestra un resumen de la misma:

Tabla 4.5. Tipos y cantidades de fallas [Fuente: Propia]

Sistema (Tractocamiones)	Σ TEF (Hr)	Σ TFS (Hr)
09MGAZ	493,36	10,64
11MGAZ	617,44	12,56
12MGAZ	445,83	12,35
13MGAZ	701,46	18,54
15MGAZ	704,22	15,78
16MGAZ	1647,39	32,61
17MGAZ	535,10	24,90
18MGAZ	695,27	24,73
19MGAZ	1227,18	32,82
20MGAZ	447,34	10,84
22MGAZ	488,43	15,57
23MGAZ	1231,34	28,66
27MGAZ	488,42	15,58
29MGAZ	820,74	19,26
31MGAZ	704,76	15,24
33MGAZ	986,57	21,43
34MGAZ	702,52	17,48
35MGAZ	537,37	22,63
38MGAZ	700,05	19,95
39MGAZ	470,02	33,98
40MGAZ	820,28	19,72
44MGAZ	701,42	18,58

4.2 Análisis de Criticidad de los Sistemas de los Tractocamiones.

La criticidad es un estudio cuantitativo que permite establecer prioridades de procesos, sistemas y equipos, que facilita la toma de decisiones acertadas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea necesario mejorar. Este análisis nos muestra como resultado una lista de sistemas con su respectiva ponderación de criticidad, el cual permite realizar estudios que mejoren la confiabilidad operacional.

Para la realización de este estudio se utilizó la metodología de selección de equipos críticos conocida como EQUICRIT, la cual consta de factores ponderados

desarrollada para establecer los sistemas y equipos críticos de una instalación industrial clasificada por sistemas, sub-sistemas y equipos para fines de la implantación del mantenimiento centrado en confiabilidad. Esta metodología se basa en el establecimiento de un cuestionario de evaluación de equipos organizado en sectores, factores y renglones, desarrollado en función del tipo de estudio y su alcance. Los sectores que abarca son: operaciones, protección integral, mantenimiento y tecnología.

Para obtener los valores del factor de criticidad se consideran las ponderaciones, estos valores son preestablecidos por el EQUICRIT, tal como se explicó en el capítulo 3

En la tabla 4.6 se muestran los resultados del factor de criticidad del Motor Detroit Diesel Serie 60. Este valor se obtiene multiplicando el valor asignado a cada renglón (F1, F2, F3,..., F6) por la respuesta de la pregunta estudiada (R1,R2 ó R3), luego la sumatoria de todos estos productos se multiplica por el valor del sector correspondiente. La suma de todos estos sectores determina el valor del factor de criticidad para el sistema estudiado. Los resultados de los demás equipos se muestran en el anexo B.

Tabla 4.6. Factor de Criticidad del Motor Detroit Diesel Serie 60 [Fuente: Propia]

Factor de Criticidad del Motor							
SECTORES	F1	F2	F3	F4	F5	F6	% Sector * \sum (%Factor * %Renglón)
Operaciones / Procesos	60	60	60	60	60	10	0,158
Protección Integral	60	60	30	10			0,066
Mantenimiento	60	10	60	60	60		0,121
Vigencia Tecnológica	10	10					0,033
Factor de Criticidad = \sum Sectores							0,378

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.

A continuación se presenta el diagrama de barras de la figura 4.2 donde muestra los valores de los factores de criticidad totales de los sistemas estudiados. De acuerdo a los resultados el sistema que resultó con mayor índice de criticidad es el Motor Detroit Diesel Serie 60 con un valor de 0.3775, seguidamente a este se encuentran el sistema de Aire y el de Combustible con 0.3415 y 0.3357 respectivamente, los otros cuatro (4) sistemas obtuvieron un índice de criticidad mucho menor y casi similares entre ellos; el de Lubricación con 0.3079, el de Enfriamiento con 0.3070, el eléctrico con 0.2924 y el de escape 0.2559. La tabla 4.7 muestra los sistemas críticos, semi-críticos y no críticos según los valores del factor de criticidad.

Tabla 4.7. Sistemas Críticos, no Críticos y Semi-Críticos [Fuente: Propia]

SISTEMAS	FACTOR DE CRITICIDAD	CRITICOS	SEMI-CRITICOS	NO CRITICOS
		($C > 0,37$)	$0,27 < C < 0,37$	($< 0,27$)
Motor	0,38	X		
Lubricación	0,31		X	
Combustible	0,34		X	
Escape	0,26			X
Eléctrico	0,29		X	
Aire	0,34		X	
Enfriamiento	0,31		X	

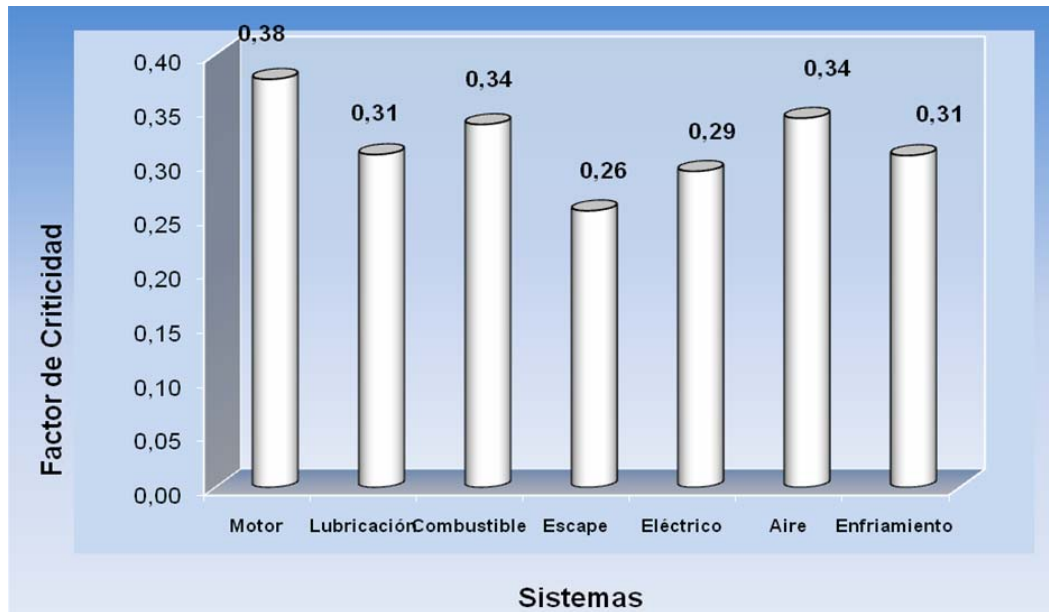


Fig. 4.2. Valores del Factor de Criticidad total por Sistema [Fuente: Propia]

4.3 Contexto Operacional de los Sistemas más Críticos de los Tractocamiones.

Partiendo del Motor Detroit Diesel como sistema más crítico, se planteo el contexto operacional de los sub-sistemas que conforman a este y como se explicó en el capítulo 3 se realizó una recopilación de toda la información recabada en las etapas anteriores y en conjunto con el equipo natural de trabajo se definió el contexto operacional.

El contexto operacional de los Motores Detroit Diesel, como sistema de los tractocamiones Freightliner Columbia CL120 se definió de la siguiente manera:

Propósito: Convertir la energía del combustible que se consume en potencia en el cilindro del motor. Este comprime aire en el cilindro, elevando su temperatura significativamente. Luego de comprimir el aire se rocía una carga media de combustible en el cilindro y la ignición se completa mediante el calor de la compresión.

Descripción: El motor está constituido por monobloque de cilindros y camisa de cilindro, cabeza de cilindro, mecanismo de operación de válvula e inyectores, válvulas, soporte de levantamiento del motor, cubierta de balancines, cigüeñal, sellos de aceites para cigüeñal, cojinetes principales del cigüeñal, cubierta de la caja de engranes, caja de engranes, amortiguador de vibración del cigüeñal, polea del cigüeñal, volante, corona, cubierta del volante, pistón, anillos de pistón, biela, camisa de cilindro, árbol de levas, cojinetes de árbol de levas y freno jake.

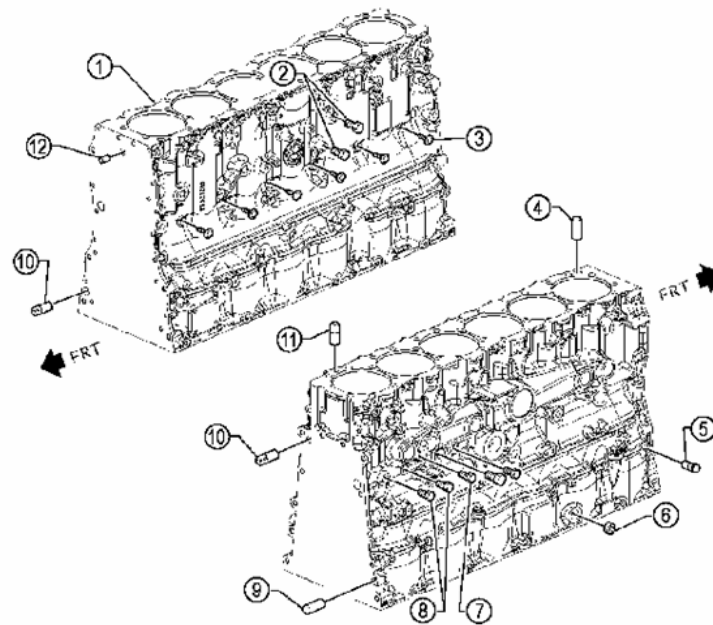


Fig. 4.3. Monobloque de Cilindros [8]

Proceso: El proceso del motor es un ciclo de cuatro tiempos. Utiliza un monobloque y una cabeza de cilindros que contiene un árbol de levas a la cabeza simple. El árbol de levas activa todas las válvulas (dos de admisión y dos de escape por cilindros) y opera a los inyectores. El tren de engranaje contiene engranes de

impulso para la bomba de aceite lubricante, cigüeñal, árbol de levas, compresor de aire, bomba de agua y accesorios del alternador.

Se suministra presión total de lubricación a todos los cojinetes principales, de biela de árbol de levas y de balancines y a otras partes móviles. Una bomba tipo engrane dirige el aceite desde el cárter a través de una malla y lo deposita en los filtros de aceite. Desde el filtro, una pequeña parte del aceite es dirigida directamente al turbocargador por una línea externa de aceite. El remanente fluye hacia el enfriador de aceite y entonces entra a la galería de aceite longitudinal del monobloque de cilindros, en donde el suministro se divide. Parte del aceite se dirige a la camisa de cilindros donde surte a los cojinetes del árbol de levas y ensamble de balancines. El remanente se dirige a los cojinetes principales y a los cojinetes de bielas por medio de conductos de aceite taladrados en el cigüeñal. Los conductos taladrados de las bielas alimentan aceite al perno de pistón de presión y a la superficie interna de la corona del mismo. Se circula refrigerante a través del motor mediante una bomba de agua de tipo centrífugo. el calor es eliminado del refrigerante por el radiador. El control de temperatura del motor se completa por termostato que regula el flujo de refrigerante en el sistema de enfriamiento. El combustible es dirigido desde el tanque de suministro hasta el filtro de combustible mediante la bomba de combustible y hacia la entrada de la cabeza y a los inyectores. Se suministra aire por el turbocargador al múltiple de admisión y hacia los cilindros del motor, un interenfriador enfría la carga de aire de admisión presurizada que viene desde el turbocargador antes de entrar al múltiple de admisión. El arranque del motor se da por medio de un motor eléctrico, energizado por una batería, un alternador con un regulador sirve para mantener la batería cargada. Todo el sistema es controlado electrónicamente a través del sistema electrónico Detroit Diesel (DDEC).

Componentes: Los componentes básicos del motor son:

Cabeza de cilindros: En ella se combina puertos de válvulas de admisión y escape y asientos de inyectores de combustible con camisas de agua para enfriar los puertos, inyectores y área de la cámara de combustión.

Válvulas: Están hechas de aleaciones con tratamiento térmico, con cabezas y vástagos rectificadas a precisión. Los extremos del vástago son endurecidos para minimizar el desgaste que da por el contacto con los botones de los balancines. Las válvulas se colocan y alinean con guías de válvulas reemplazables que presionan en la cabeza de cilindros. Los motores presentan cuatro válvulas por cilindros (dos de admisión y dos de escape).

Cubierta de balancines: Recubre completamente al mecanismo de operación de válvula e inyectores en la parte superior de la cabeza de cilindros, freno de motor y el árbol de levas a la cabeza.

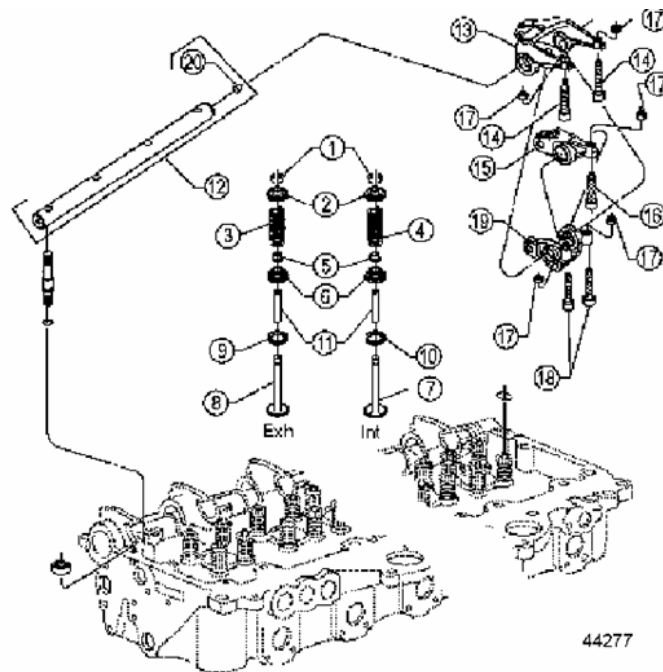


Fig. 4.4. Válvula e Inyectores [8]

Cigüeñal: Es una pieza forjada de acero con aleación de cromo, tratada térmicamente para asegurar resistencia y durabilidad. El cigüeñal consta esta balanceado estático y dinámicamente debido a que se han incorporado contrapesos al mismo. El juego longitudinal se controla con medias lunas de impulso que se encuentran en la tapa del cojinete principal.

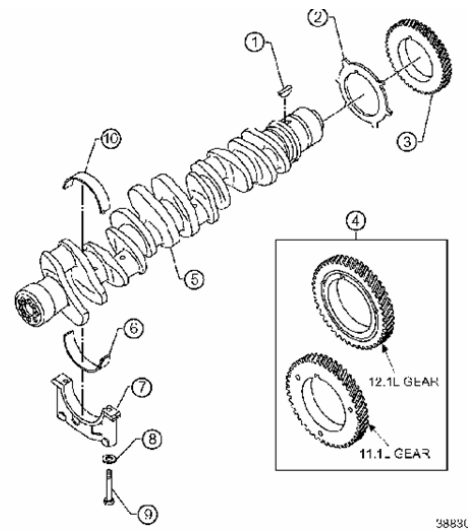


Fig. 4.5. Cigüeñal [8]

Cojinetes principales: Están hechos a precisión y son reemplazables sin necesidad de maquinarlos. Consisten de un metal de cojinetes superior asentado en cada soporte de cojinete principal del monobloque y de un metal de cojinete inferior asentado en cada tapa de cojinete principal

Caja de engranes: Está construida de hierro fundido, con superficies acopladas maquinadas y están atornilladas a la parte delantera del monobloque de cilindros. La caja de engrane y la cubierta de la caja de engrane se atornillan para crear así un compartimiento sellado para el tren de engrane del motor.

Amortiguador de vibración del cigüeñal: Se encuentra montado en el extremo delantero del cigüeñal para reducir las vibraciones torsionales a un valor seguro. Consiste en una cubierta externa sellada, un volante interno y una cantidad de fluido altamente viscoso.

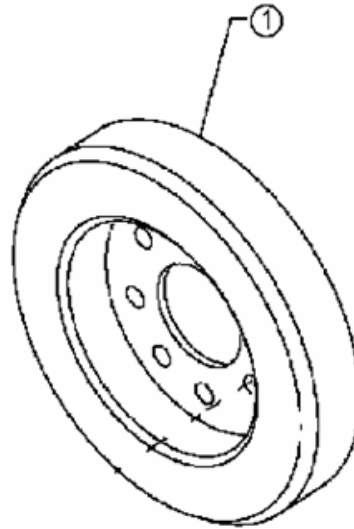


Fig. 4.6. Amortiguador de Oscilaciones [8]

Polea del cigüeñal: Está sujeta en el extremo del cigüeñal con seis tornillos especiales y roldadas endurecidas. El amortiguador de vibración está sujeta entre la polea del cigüeñal y el cigüeñal.

Volante: Está sujeta al extremo trasero del cigüeñal con doce tornillos. El volante no está alineado con el cigüeñal y puede instalarse en cualquier posición. Se utiliza una placa de fricción entre el volante y las cabezas de tornillos para evitar que estas últimas rayen la superficie del volante.

Cubierta del volante: Es una fundición de una pieza montada en contra de la pared trasera del monobloque de cilindros. Esta proporciona una cubierta para el volante y sirve a manera de soporte para el motor de arranque y la transmisión.

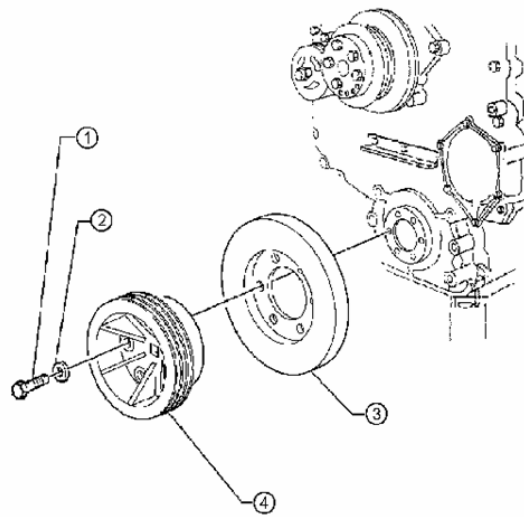


Fig. 4.7. Polea del Cigüeñal [8]

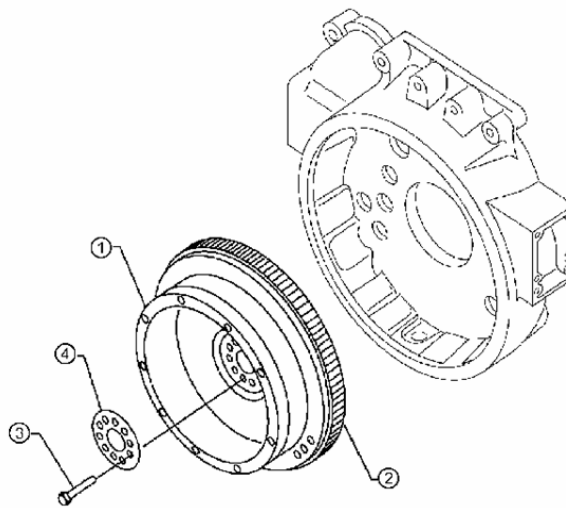


Fig. 4.8. Volante y Cubierta [8]

Pistón y anillos de pistón: Contiene dos piezas consistente en un domo y una falda. El domo y la falda se sujetan con el perno de pistón. Existen ranuras de anillos maquinadas en el domo de pistón.

Biela: Está forjada a una sección en “i” con un contorno abierto o de tipo de asiento en el extremo superior y una tapa de cojinete en el extremo inferior. La superficie de la biela es asegurada con un pasador para tener más resistencia.

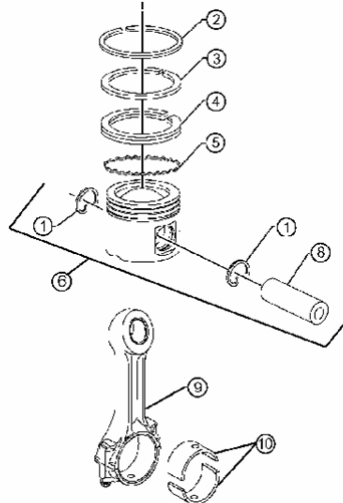


Fig. 4.9. Biela y Pistón [8]

Camisa de cilindros: Es de tipo húmedo reemplazable, hecho de una aleación de hierro fundido endurecido y se coloca en el monobloque de cilindros.

Herramientas de servicio: Las herramientas de servicio necesarias para dar servicio al motor se detallan a continuación:

- ✓ Herramientas de instalación de camisa de cilindros
- ✓ Herramienta de remoción de camisa de cilindros
- ✓ Removedor e instalador de cojinete principal
- ✓ Removedor de camisa de desgaste de sello de aceite del cigüeñal
- ✓ Herramienta de tiempo de inyector
- ✓ Herramienta para girar el motor
- ✓ Calibradores

Mantenimiento: El sistema de combustible posee un plan de mantenimiento preventivo de cada 300 horas (10.000 Km.) de funcionamiento del tractocamión. A continuación se indican las rutinas de mantenimiento:

- ✓ Cambio de aceite y chequear litros.
- ✓ Cambio de filtros de aceites.
- ✓ Revisar amortiguador de vibraciones.
- ✓ Revisar el sistema eléctrico, carga y encendido.
- ✓ Chequear fugas de aceite.
- ✓ Revisar lecturas de presión de aceite.
- ✓ Verificar RPM mínimas y máximas en vacío.
- ✓ Verificar y comprobar hermeticidad de la tubería de admisión de aire y del enfriador.
- ✓ Chequear algún ruido extraño del motor.

La inspección de partes es determinar cuales pueden utilizarse y cuales pueden reemplazarse. Esta debe tener criterio amplio, los factores que guían para determinar la capacidad de utilización de las partes desgastadas, es la holgura entre la paced acoplada y el rango de desgaste de cada una de ellas. Existen muchas partes de reemplazo en diferentes tamaños sobre y bajo medida, así como en tamaños estándar. En los motores a estudiar no existe un análisis completo de los métodos adecuados de medición precisa e inspección.

Operación: El motor tiene un funcionamiento diario de 12 horas aproximadamente, este puede variar dependiendo de la logística del transporte. Cabe destacar que el ambiente en el que trabaja es cementero, el cual requiere inspección en general de cada unos de los parámetros para motores Detroit Diesel serie 60. Los motores fueron diseñados para operaciones de muchas exigencias y son controlados mediante el lector de diagnostico PRO-LINK.

4.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Se decidió aplicar la metodología del MCC al Motor Detroit Diesel por ser el sub-sistema más crítico. Para el estudio, los motores presentan los mismos componentes, es decir que al aplicar la metodología a un motor equivale para cualquiera de ellos de la serie 60. Los componentes a estudiar se dividieron de la siguiente manera:

Motor:

- ✓ Cabeza de cilindros.
- ✓ Válvulas e inyectores
- ✓ Cubierta de balancines.
- ✓ Cigüeñal.
- ✓ Cojinetes principales.
- ✓ Caja de engranes.
- ✓ Amortiguador de vibración del cigüeñal.
- ✓ Polea del cigüeñal.
- ✓ Volante.
- ✓ Cubierta del volante.
- ✓ Pistón y anillos de pistón.
- ✓ Biela.
- ✓ Camisa de cilindros.

Con los componentes citados anteriormente y conjuntamente con el procedimiento postulados en el capítulo 3, se procedió a elaborar el AMEF de cada uno de ellos, cumpliendo con el llenado de la hoja de información. La tabla 4.8. muestra la primera hoja de información arrojada por el AMEF, el resto de las hojas se presenta en el anexo C.

Tabla 4.8. Hoja de Información del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) [Fuente: Propia]

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL <i>(Pérdida de Función)</i>		MODO DE FALLA <i>(Causa de la Falla)</i>		EFECTO DE LA FALLA <i>(Que sucede cuando ocurre la falla)</i>	
1	Lograr la combustión más eficiente para que el motor trabaje en excelentes condiciones. Diámetro de las válvulas de admisión (Max 46.15 mm, Min 46.12 mm), Profundidad de las válvulas de admisión (Max 11.76 mm, Min 11.46 mm). Diámetro de las válvulas de escape (Max 41.29 mm, Min 41.26 mm), Profundidad de las válvulas de escape (Max 11 mm, Min 10.70 mm).	A	No logra la combustión.	1	Válvulas incorrectamente ajustadas	Las válvulas no mantiene una buena condición de operación, evitando que los vástago de las válvulas funcionen libremente y suavemente dentro de las guías de las válvulas. No mantienen la holgura correcta de las válvulas. Presencia de humo en el escape.	
		B	Bajas temperaturas de operación	1	Periodos prolongados de ralentí o cargas ligeras del motor	Combustión incompleta, formación de excesiva de depósitos de carbón, presencia de laca de combustible en las válvulas y partes relacionadas y el aceite lubricante tiende a sedimentarse.	
		C	Combustión parcial de Combustibles (combustión anormal)	1	Depósitos de Carbón alrededor de los vástagos de válvulas	Protuberancia de válvulas ocasionando que se quemen y se pierda la compresión. Esta falla no se hará evidente bajo condiciones normales de operación. Difícil de identificar.	
				2	Muelle de válvula débil o roto.	Ruido en las válvulas, mínimo inestable, pequeño sonido en las válvulas.	
		D	Rayas en los vástagos	1	Material extraño en el aceite lubricante	Las válvulas se rompen debido a que se mantienen en posición abierta y son golpeadas por el pistón.	
				2	Fuga de anticongelantes en el aceite lubricante	Formación de carbón suave, pegajoso y engoma los vástagos de las válvulas y rompe las válvulas desgastadas.	

HOJA DE INFORMACIÓN
RCM II © 1999
ALADON LTD

ACTIVO
Tractocamión

COMPONENTE
Válvulas e inyectores

SISTEMA
Sistema Motor

REF.
Mecánica

Recopilado Por
Gustavo Moreno

Revisado Por

Fecha
nov-07

Fecha

Hoja
1

De
2



4.5 Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA).

Con el objeto de generar estrategias que alimenten a el Árbol Lógico de Decisión (ALD), conjuntamente con el AMEF se procedió a realizar el análisis FODA para desarrollar cuatro tipo de estrategias: Fortaleza y debilidades (FO), debilidades y oportunidades (DO), fortalezas y amenazas (FA) y estrategias de debilidades y amenaza (DA). Con ellas se aprovecharon las ventajas de oportunidades externas, se superaron debilidades internas aprovechando las oportunidades externas, se aprovecharon las fuerzas para evitar o disminuir las repercusiones de amenazas externas y disminuyeron las debilidades internas y evitaron las amenazas del entorno. Para la realización de la matriz FODA se siguieron los pasos que se describen a continuación:

- ✓ Se realizó unas listas de las oportunidades externas claves, amenazas externas claves, fortalezas internas claves y debilidades internas claves.
- ✓ Se adecuaron las fuerzas internas a las oportunidades externas y se registraron estrategias FO.
- ✓ Se organizaron las debilidades internas a las oportunidades externas y se registraron las estrategias DO.
- ✓ Se interpretaron las fuerzas internas a las amenazas externas y se registraron las estrategias FA.
- ✓ Se estudiaron las debilidades internas a las amenazas externas y se registraron a las estrategias Da.

Tabla 4.9. Matriz FODA [Fuente: Propia]

Fortalezas F		Debilidades D
<ul style="list-style-type: none"> • La distribución de las labores de Mantenimiento correctivos son analizadas por el nivel superior (Jefe de Mantenimiento). • Se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución del mantenimiento (lista de reparaciones). • Se disponen de formatos para llevar y comunicar la información entre los diferentes departamentos. • Tienen una orden de prioridad para la ejecución de las acciones de mantenimiento. • Se lleva una codificación secuencial de las facturas recibidas por servicio o compra de repuestos y materiales. • Dispone de un gran número de vehículos para la distribución del cemento. 		<ul style="list-style-type: none"> • No se realizan estudios estadísticos para determinar la frecuencia de revisiones y sustituciones de piezas claves. • Los tiempos de espera por identificación de fallas están presente en alto grado. • La supervisión es escasa o nula en el transcurso de las reparaciones y puesta en marcha del tractocamion. • No se cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación. • La información no es procesada ni analizada para futuras toma de decisiones. • No se tiene establecida una coordinación con el departamento de operaciones. • Desconocimiento en el manejo y cuidado de las unidades por parte de los choferes.
Oportunidades O	Estrategias FO	Estrategias DO
<ul style="list-style-type: none"> • Opciones de repuestos sustituto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar un plan de mantenimiento preventivo que garantice la entrega oportuna de los tractocamiones (F1, F2, F4, O2). 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar políticas para el desarrollo organizacional (D1, D3, O5).
<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de proveedores en la zona. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar y seleccionar a los proveedores (F2, F5, O2). 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquirir nuevas tecnologías para la detección de fallas (O4, D2).
<ul style="list-style-type: none"> • Inserción en el mercado de nuevos vehículos de cargas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar otras opciones de repuestos (F2, O1). 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar al personal (D4, O5).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Existencia de nuevos equipos para la detección de fallas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar indicadores de gestión (F1, O5) 	<ul style="list-style-type: none"> • Dotar de sistemas informáticos actualizados (D5, O6).

Tabla 4.9. Matriz FODA (Continuación) [Fuente: Propia]

Amenazas A	Estrategias FA	Estrategias DA
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de precios en los combustibles y lubricantes. ▪ Aumento de precio de repuestos para tractocamiones. ▪ Aumento de impuestos. ▪ Aumento de precio en póliza de seguros. ▪ Condiciones o mal estado de vías terrestres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer políticas de inventarios (A2, A3, F2). • Analizar ofertas de las aseguradoras (F6, A4). • Evaluar la posición económica del departamento considerando la estructura de los costos (A1, A2, A3 F2, F5). 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear campañas de concientización a los choferes para el adecuado uso de los tractocamiones (A1, A5, D7). • Aplicar programas de inspección (D3, A1, A2)

Para traducir las estrategias en programas y tácticas, diseñar los medios para lograr los fines deseados, y fijar las medidas para alcanzar los objetivos se realizaron las tareas o actividades (Planes de acción) que se tiene que realizar para el cumplimiento de estas estrategias.

Tabla 4.10. Plan de Acción [Fuente: Propia]

ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	DURACIÓN	RESPONSABLE
Implantar un plan de mantenimiento preventivo que garantice la entrega oportuna de los tractocamiones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudiar los registros de fallas (falla de cada función, modos de falla y efectos de fallas. 2. Elaborar la programación mensual de mantenimiento de los tractocamiones. 3. Analizar las tareas propuestas para identificar la necesidades de recursos, incluido la mano de obra, repuestos, etc. 	Trimestral	Jefe de Mantenimiento/ Planificador de Mantenimiento
Evaluar y seleccionar a los proveedores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar a los proveedores de acuerdo a su tiempo de entrega, condiciones de pago y garantía y calidad de la mercancía. 	Mensual	Coordinador de abastecimiento
Estudiar otras opciones de repuestos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar los registros de utilización de materiales y repuestos para determinar la adquisición de repuestos sustitutos. 	Mensual	Jefe de Mantenimiento/ Mecánicos
Implantar indicadores de gestión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Llevar ordenes de trabajo sobre las averías y mantenimiento realizados a los tractocamiones especificando detalladamente las acciones llevadas a cabo como el control de tiempo empleado, materiales utilizados, costo de repuesto, mano de obra y horas hombre consumidas. 	Mensual	Jefe de Mantenimiento/ Planificador de Mantenimiento

Tabla 4.10. Plan de Acción (Continuación) [Fuente: Propia]

ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	DURACIÓN	RESPONSABLE
Establecer políticas de inventarios	1. Actualizar y determinar niveles de inventarios que permitan llevar un control de los repuestos utilizados.	Trimestral	Jefe de Mantenimiento
Analizar ofertas de las aseguradoras	1. Evaluar las aseguradoras que ofrezcan mayor cobertura a precios considerables.	Mensual	Jefe de Operaciones
Evaluar la posición económica del departamento considerando la estructura de los costos	1. Analizar los costos generados por el departamento de Mantenimiento para la elaboración de un presupuesto ajustado a sus necesidades que sirva para distribuir adecuadamente los recursos aportados por la empresa	Semestral	Jefe de Operaciones/Jefe de Mantenimiento
Adoptar políticas para el desarrollo organizacional	1. Realizar charlas para el desarrollo de las actividades gerenciales y operativas. 2. Realizar estudios que permitan especificar las necesidades reales de mantenimiento. 3. Distribuir y coordinar las tareas entre los operarios de acuerdo al cargo que desempeñan y su especialización.	Mensual	Jefe de Mantenimiento

Tabla 4.10. Plan de Acción (Continuación) [Fuente: Propia]

ESTRATEGIA	ACTIVIDADES	DURACIÓN	RESPONSABLE
Incentivar al personal	1. Llevar programas de incentivo al personal a través de bonificaciones especiales por metas cumplidas.	Semestral	Jefe de Mantenimiento/ Planificador de Mantenimiento
Dotar de sistemas informáticos actualizados	1. Investigar y seleccionar en el mercado los sistemas informáticos que cumplan con los requerimientos del departamento y a su vez que permita actualizar los registros de mantenimiento de manera confiable y consistente.	Trimestral	Jefe de Operaciones/ Dpto. de Informática
Formar y capacitar al personal	1. Desarrollar programas de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y nuevas técnicas.	Semestral	Jefe de Operaciones/Dpto . RRHH
Crear campañas de concientización a los choferes para el adecuado uso de los tractocamiones	1. Educar a los choferes con respecto a las técnicas de inspección de las unidades y las buenas actitudes de conducción. 2. Dictar charla y dar asesoría a los conductores para el conocimiento de los planes y programas de mantenimiento.	Trimestral	Jefe de Operaciones/Jefe de Mantenimiento
Aplicar programas de inspección	1. Supervisar estrictamente el cumplimiento de actividades para evaluar el rendimiento y operatividad del departamento.	Semanal	Jefe de Mantenimiento/ Planificador de Mantenimiento.

4.6 Diseño del Plan de Mantenimiento de la Flota de Tractocamiones.

Una vez ejecutado el AMEF, se utilizó toda la información recabada para responder las tres últimas preguntas del MCC y seleccionar las actividades de mantenimiento mediante el árbol lógico de decisiones que se muestra en el anexo D. Con lo cual se pudieron llenar las tres primeras partes de las hojas de decisión, esto es: información de referencia, consecuencias de la evaluación y tareas que se deben realizar para prevenir los fallos. En este sentido se determinó que:

- ✓ Las tareas programadas en base a condición (Predictivas), se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallas no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo.
- ✓ Las tareas de reacondicionamiento, se refieren a las actividades periódicas que se llevan a cabo para restaurar un activo a su condición original.
- ✓ Las tareas de sustitución (reemplazo programado), esta orientado específicamente hacia el reemplazo de componentes o partes usadas de un activo, por uno nuevo, a un intervalo de tiempo menor al de su vida útil (antes que falle).
- ✓ Las tareas de búsquedas de fallas ocultas, consisten en acción de chequeo a los activos con funciones ocultas, a intervalos regulares de tiempo, con el fin de detectar si dichas funciones se encuentran en estado normal de operación o en estado de falla.
- ✓ El rediseño, realizan para minimizar o eliminar las consecuencias de los modos de fallas, esto en caso que no se consigan actividades de prevención que ayuden a reducir los modos de fallas que afecten a la seguridad o al ambiente a un nivel aceptable.

- ✓ Las actividades de mantenimiento no programado, se toma la decisión de esperar que ocurra la falla y actuar de forma correctiva, esto en el caso que no se consigan actividades de prevención económicamente mas barata que los posibles efectos que traerá consigo los modos de fallas con consecuencias operacionales o no operacionales.

Una vez seleccionadas las tareas, y sus respectivas frecuencias se presentaron los resultados ante el grupo multidisciplinario de trabajo para validar los mismos y asignar el personal encargado de realizarlo. La tabla 4.11. muestra la primera hoja de decisión del análisis MCC para el sistema de tractocamiones, el resto de las hojas de decisión se muestran en el anexo D.

Por otra parte, para contabilizar, totalizar y graficar la cantidad de funciones, modos de fallas etc, fue necesario transcribir tanto las hojas de decisión como de información al programa Excel, con el cual, se construyeron las tablas 4.12, 4.13, 4.14, así como las graficas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.4.

Tabla 4.11. Hoja de decisión del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) [Fuente: Propia]

Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"				Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
							S1	S2	S3	H4	H5	S4				
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3							
1	A	1	S	N	N	S	S						Revisar los inyectores utilizando el procedimiento de corte de inyector del lector DDEC y chequear si existen códigos activos. Remueva la cubierta de los balancines de válvulas y calibre las holguras de las válvulas de escape y de admisión y las alturas de los inyectores.	Anual	Mecánico especializado	
1	B	1	S	N	N	S	S						Realizar cambio de aceites en los intervalos máximos para los motores Detroit Diesel, adicionalmente reemplazar los filtros según los recomendados por el fabricante. Realizar limpieza del tanque de combustible periódicamente.	En Servicio Preventivo	Mecánico de segunda	
1	C	1	S	N	N	S	S						Revisión del tubo de succión del tanque de combustible, verificar el llenado del mismo. Realizar pruebas de llenado de combustible, verifique todas las líneas de combustible, asegúrese que todos los filtros de combustibles hayan sido instalados correctamente.	En Servicio Preventivo	Mecánico de Primera	
1	C	2	N				N	N	S				Revisión de la sincronización del tren de engrane, de no estar sincronizado existirá pérdida de potencia debido a que los inyectores y las válvulas están actuando en un tiempo erróneo en el ciclo de operación	Anual	Mecánico especializado	
1	D	1	S	N	N	S	S						Verifique el nivel del motor. Revise el aceite lubricante utilizado en relación al grado de viscosidad. Revise el enfriador de aceite, este se puede realizar mediante la temperatura de aceite alta.	Trimestral	Mecánico Especializado	



HOJA DE INFORMACIÓN RCM II © 1999 ALADON LTD

ACTIVO
Tractocamión

COMPONENTE
Válvula e Inyectores

SISTEMA
Sistema Motor

REF.
Mecánica

Recopilado Por
Gustavo Moreno

Revisado Por

Fecha

Fecha

Hoja
1

De
2

Tabla 4.12. Funciones, tipos y modos de fallas de los componentes [Fuente: Propia]

COMPONENTES	CANTIDAD DE FUNCIONES	TIPO DE FALLAS		MODO DE FALLA
		FALLA FUNCIONAL EVIDENTE	FALLA FUNCIONAL OCULTA	
Cabeza de Cilindros	1	6	0	6
Válvula e Inyectores	1	11	1	12
Cubierta de Balancines	1	3	0	3
Cigüeñal	1	1	5	6
Cojinetes Principales	1	2	2	4
Caja de Engranés	1	4	1	5
Amortiguador de vibración del cigüeñal	1	1	2	3
Polea del Cigüeñal	1	4	0	4
Volante	1	2	1	3
Cubierta del Volante	1	1	1	2
Pistón y anillos de pistón	1	10	0	10
Camisa de Cilindro	1	5	1	6
Biela	1	4	0	4
Total=	13	54	14	68

Tabla 4.13. Modos de fallas evidentes [Fuente: Propia]

COMPONENTES	MODOS DE FALLA OPERACIONALES	MODOS DE FALLA NO OPERACIONALES	MODOS DE FALLA QUE AFECTAN AL MEDIO AMBIENTE	
			MODOS DE FALLA QUE AFECTAN AL MEDIO AMBIENTE	MODOS DE FALLA QUE AFECTAN LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS
Cabeza de Cilindros	6	0	0	0
Válvula e Inyectores	10	0	1	0
Cubierta de Balancines	3	0	0	0
Cigüeñal	1	0	0	0
Cojinetes Principales	2	0	0	0
Caja de Engranajes	4	0	0	0
Amortiguador de vibración del cigüeñal	1	0	0	0
Polea del Cigüeñal	3	0	1	0
Volante	2	0	0	0
Cubierta del Volante	1	0	0	0
Pistón y anillos de pistón	10	0	0	0
Camisa de Cilindro	5	0	0	3
Biela	4	0	0	0
Total=	52	0	2	3

Tabla 4.14. Cantidad de tareas establecidas en el análisis [Fuente: Propia]

COMPONENTES	Tareas a Condición	recondicionamiento cíclico	Sustitución Cíclica	Búsqueda de Fallos	Combinación de Tareas	Ningún Mantenimiento	Rediseño
Cabeza de Cilindros	3	1	0	0	0	2	0
Válvula e Inyectores	10	1	1	0	0	0	0
Cubierta de Balancines	2	1	0	0	0	0	0
Cigüeñal	3	0	1	0	0	2	0
Cojinetes Principales	2	0	0	0	0	2	0
Caja de Engranajes	0	0	1	0	0	4	0
Amortiguador de vibración del cigüeñal	2	1	0	0	0	0	0
Polea del Cigüeñal	2	2	0	0	0	0	0
Volante	1	1	0	0	0	1	0
Cubierta del Volante	1	0	0	0	0	1	0
Pistón y anillos de pistón	8	1	0	0	0	1	0
Camisa de Cilindro	4	0	0	0	0	2	0
Biela	3	0	0	0	0	1	0
Total=	41	8	3	0	0	16	0

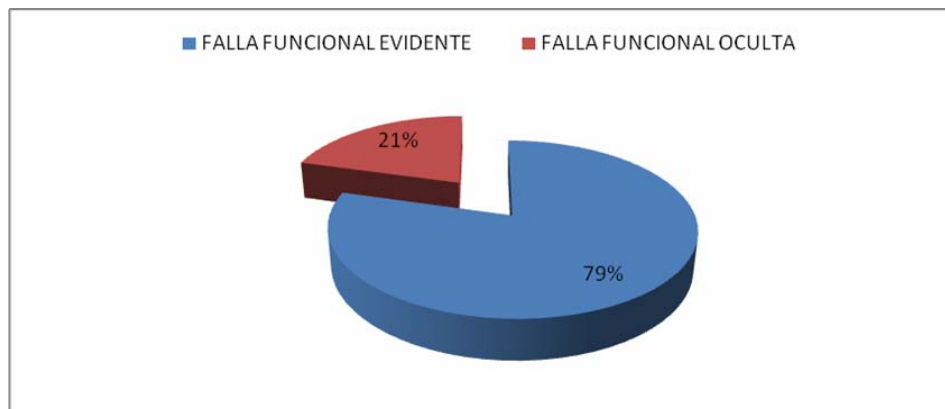


Fig. 4.10. Distribución porcentual de los tipos de fallas funcionales [Fuente: Propia]

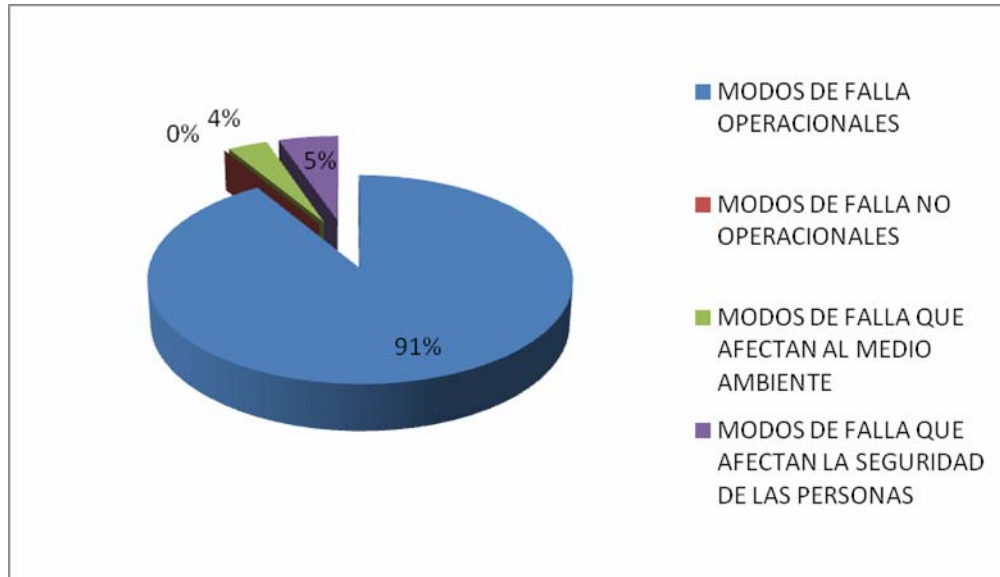


Fig. 4.11. Distribución porcentual de los modos de fallas evidentes [Fuente: Propia]

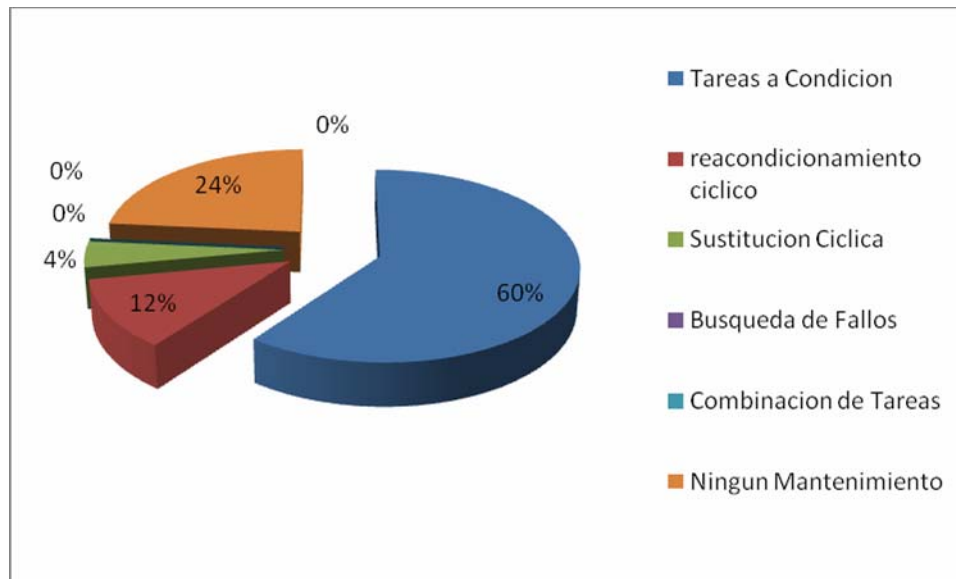


Fig. 4.12. Distribución porcentual de las tareas [Fuente: Propia]

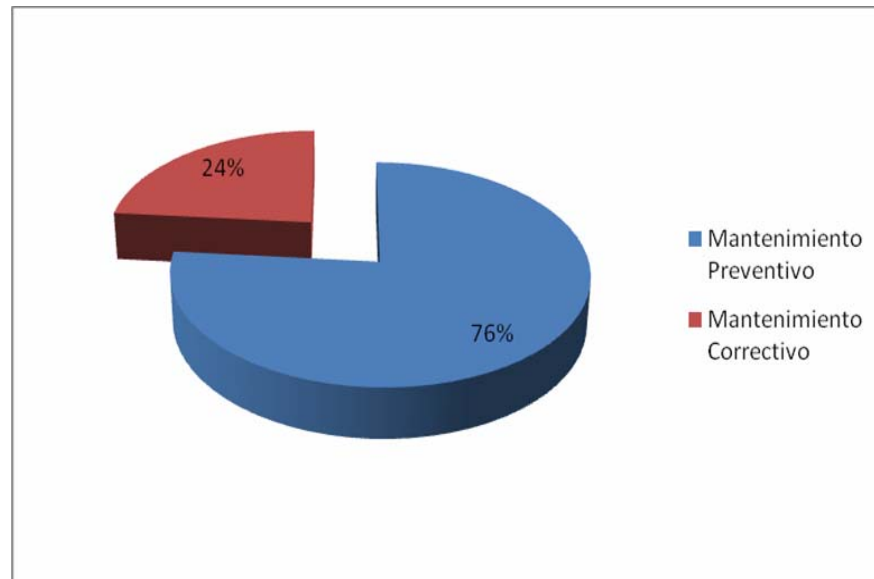


Fig 4.13. Distribución porcentual del tipo de mantenimiento a aplicar a los equipos críticos
[Fuente: Propia]

4.6.1 Programa de Mantenimiento.

Para la elaboración del programa de mantenimiento se tomo en cuenta las hojas de decisión generadas por el análisis del MCC. Se elaboró un programa considerando que la definición de la rutina de mantenimiento para una determinada tarea haya sido estipulada en las hojas de tareas del MCC a partir de reglas estándar. Estas reglas son las siguientes: La primera consiste en utilizar un formato estándar de tareas para todas las disciplinas; la segunda regla consiste en garantizar que haya consistencia entre las tareas ejecutadas a distintos intervalos sobre el mismo elemento y la tercera regla estipula que jamás deben redactarse tareas que prescriban la ejecución de una acción “Si es Necesario”, ya que ello implica una falta de especificación de los estándares que han de seguirse y permite además que el tiempo de ejecución de la tarea varíe. Sin embargo, las tareas de mantenimiento pueden ser modificadas al momento de incluirlas en los sistemas de mantenimiento.

Para diferenciar la aplicación de la tarea a realizar entre los sistemas de mantenimiento, se agregaron códigos que permitan identificar que tipo de tarea se va a ejecutar. Las nomenclaturas son las siguientes:

Revisión, Servicio, Corrección o reemplazo según lo necesite = 1

Reemplazo = R

Verificar según catálogos del fabricante = *

Tabla 4.15. Grupo de Tareas A con frecuencia diaria [Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAMA	RUTINA DE MANTENIMIENTO		
A	DIARIA	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS
SISTEMA MOTOR		Revisión del aceite lubricante	1
SISTEMA MOTOR		Bandas	1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Revisión del tanque de combustible, drenar separadores de agua del sistema	1
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Revisión de las líneas de combustible y mangueras flexibles	1
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Verificar nivel de refrigerante	1
SISTEMA DE AIRE		Revisión del Turbocargador	1
SISTEMA ELÉCTRICO		Códigos activos en el tablero	1
SISTEMA ELÉCTRICO		Baterías	1

Tabla 4.16. Grupo de Tareas B con frecuencia Mensual [Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAMA	RUTINA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS	H/H ESTIMADAS
B	300 Hrs ó 10.000 Km (Serv. Preventivo)			
SISTEMA MOTOR		Aceite Lubricante	R	1/2
SISTEMA MOTOR		Filtros de Aceite lubricante	R	3/4
SISTEMA DE AIRE		Filtro de Aire	R	1/4
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema de combustible	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Fusibles	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Nivel de agua en batería	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Bombillos direccionales, luz alta y baja	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Sensores de Temperatura y Presión	1	1/4
			Total H/H	4 1/4

Tabla 4.17. Grupo de Tareas C con frecuencia de dos (2) Meses [Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAMA	RUTINA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS	H/H ESTIMADAS
C	600 Hrs ó 20.000 Km (Serv. Preventivo)			
SISTEMA MOTOR		Aceite Lubricante	R	1/2
SISTEMA MOTOR		Filtros de Aceite lubricante	R	3/4
SISTEMA MOTOR		Bandas	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Presión del Carter	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Presión de Aceite	1	1/4
SISTEMA DE AIRE		Filtro de Aire	R	1/4
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Filtro de Combustible Primario y secundario	R	1/2
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema de combustible	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	1/4

Tabla 4.17. Grupo de Tareas C con frecuencia de dos (2) Meses (Continuación)

[Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAMA	RUTINA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS	H/H ESTIMADAS
C	600 Hrs ó 20.000 Km (Serv. Preventivo)			
SISTEMA ELÉCTRICO		Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Fusibles	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Nivel de agua en batería	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Bombillos direccionales, luz alta y baja	1	1/4
			Total H/H	5 1/4


Tabla 4.18. Grupo de Tareas D con frecuencia de tres (3) Meses [Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAM A	RUTINA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS	H/H ESTIMADAS
D	900 Hrs ó 30.000 Km (Serv. Preventivo)			
SISTEMA MOTOR		Aceite Lubricante	R	1/2
SISTEMA MOTOR		Filtros de Aceite lubricante	R	3/4
SISTEMA DE AIRE		Filtro de Aire	R	1/4
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema de combustible	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Fusibles	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Nivel de agua en batería	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Bombillos direccionales, luz alta y baja	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Sensores de Temperatura y Presión	1	1/4
			Total H/H	4 1/4

Tabla 4.19. Grupo de Tareas E con frecuencia de Cuatro (4) Meses [Fuente: Propia]

GRUPO DE PROGRAMA	RUTINA DE MANTENIMIENTO	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO	CODIGOS	H/H ESTIMADAS
E	1200 Hrs ó 40.000 Km (Serv. Preventivo)			
SISTEMA MOTOR		Aceite Lubricante	R	1/2
SISTEMA MOTOR		Filtros de Aceite lubricante	R	3/4
SISTEMA MOTOR		Sellos y Termostato	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Presión del Carter	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Presión de Aceite	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Bandas	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Respiradero del carter	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Soportes del Motor	1	1/4
SISTEMA MOTOR		Montaje Motor/Transmisión	1	1/4
SISTEMA DE AIRE		Filtro de Aire	R	1/4
SISTEMA DE AIRE		Compresor de Aire	1	1/4
SISTEMA DE AIRE		Turbocargador	1	1/4
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Filtro de Combustible Primario y secundario	R	1/2
SISTEMA DE COMBUSTIBLE		Drenar separadores de agua del sistema de combustible	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Radiador e Intercambiador de calor	1	1/4
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Medir concentración del sistema de enfriamiento	1	1/2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO		Nivel de refrigerante	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Alternador	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Limpiar y ajustar tuercas de baterías de tornillos	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Fusibles	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Nivel de agua en batería	1	1/2
SISTEMA ELÉCTRICO		Bombillos direccionales, luz alta y baja	1	1/4
SISTEMA ELÉCTRICO		Motor de arranque	*	1/2
SISTEMA ESCAPE		Tabo, Abrazaderas y Flexible	1	1/4
			Total H/H	8

Tabla 4.21. Formato de reporte de recorrida de inspección [Fuente: Propia]

	CEMEX VENEZUELA S.A.C.A. FRENTE DE TRANSPORTE ORIENTE DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE				
SOLICITUD DE SERVICIO					
Solicitado por: _____ Fecha: _____ _____ Equipo: _____ Código: _____ _____ Tipo de Mantenimiento: ___ Correctivo ___ Preventivo Ubicación: _____					
Descripción del Trabajo: _____ _____ _____ _____					
Realizado Por:	Fecha de inicio	Hora	Fecha de Culminación	Hora	Duración
Materiales Utilizados			Cantida d	Precio	Total
				Total General	
Aprobado por: _____			Supervisado por: _____		

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los datos presentados en la tabla 4.1, se puede decir que, que el sistema del tractocamion Freightliner Columbia CL120 está conformado por siete (7) sub-sistemas principales, de los cuales cada uno de ellos cuenta con componentes principales, que son de suma importancia para el funcionamiento y puesta en marcha de la unidad.

Continuando con la fase del diagnostico de la situación actual se recopilo en la tabla 4.3., los tiempos de operación, tiempo de estudio y cantidad de fallas por tractocamión, mostrando a las unidades 16M-GAZ (4942,88 Hrs) y 11M-GAZ (4939,55 Hrs) con mayor horas de operación. También se observó en la misma tabla que la unidad con mayor TFS fue la 39M-GAZ (339,80 Hrs). Igualmente se detalló el tractocamión con mayor cantidad de fallas, el cual arrojó a la 20M-GAZ y 12M-GAZ, ambas con la misma cantidad de fallas (11).

La tabla 4.4 representa las cantidades de fallas y se observa que la falla más considerable es la de baja carga del alternador o bien expresado como carga insuficiente (14 fallas). Esta falla ocurre bien sea porque las baterías han llegado a su vida útil o por desgaste en los carbones del alternador, otras causas posible podría ser falla en el regulador de voltaje del alternador. La causa de este evento se puede asociar con problemas eléctricos y/o mecánicos. Sin embargo observando detalladamente las fallas asociadas al motor, estas representan casi el 40% del total de las fallas en general, es decir una mayor cantidad que las mencionadas anteriormente, ya que se obtienen una cantidad de 64 fallas relacionadas con el motor. Esto coloca al sistema motor como el punto critico que debe ser tratado y estudiado.

En la figura 4.1 muestra la distribución de las fallas entre el periodo Jun 07 y Dic 07, el cual fue el lapso del estudio. Observando la figura, los meses mas críticos están representados por Ago, Sep y Oct con 27, 28 y 27 fallas respectivamente. A pesar de que el mes de Sep tiene menos días de operación en el calendario que los otros dos (2), estos meses de operación para el transporte de cemento son los mas operativos del año en horas, para cada tractocamión.

Para el análisis de criticidad se utilizo la metodología EQUICRIT, la cual habla de factores ponderados para establecer los sistemas y equipos críticos de una instalación industrial calificada por sistemas, sub-sistemas y equipos, tomando en cuenta que la ponderación es una función del objetivo del estudio. Para la puesta en marcha de este método se realizaron los siguientes pasos: Establecimiento del cuestionario de evaluación, ponderación del cuestionario, evaluación de los sistemas en base al cuestionario establecido, aplicación del programa EQUICRIP y la emisión de resultados y discusión. En la tabla 4.6 se muestra el valor de criticidad que arrojo mayor porcentaje de todos los sistemas estudiados, el cual fue el Motor Detroit Diesel, el cual se venia prediciendo desde el diagnostico de la situación actual de los tractocamiones. Adicionalmente este sistema también arrojo mayor porcentaje en cada uno de los sectores estudiados en el EQUICRIP.

Luego de implementar el análisis de criticidad, se procedió a realizar el contexto operacional de los sistemas más críticos del sistema motor. El contexto operacional permite delimitar el estudio de MCC y establecer las funciones de los componentes de los tractocamiones en cuanto a los Motores Detroit Diesel, así como determinar que componentes van a ser analizados y cuales no. La elaboración del contexto operacional fue realizada con la ayuda conjunta de mecánicos, electricistas e instrumentistas, que son las personas encargadas de realizar las labores de mantenimiento y tienen un conocimiento amplio de las características de los Motores y de sus componentes.

Con la elaboración del contexto operacional se elaboraron las hojas de información, estas permitieron determinar las funciones de cada componente del motor Detroit Diesel Serie 60. Adicionalmente permitió clasificar las fallas funcionales y modos de fallas. También permitió representar los efectos que el modo de falla provoca.

Otra herramienta para alimentar la creación de las hojas de decisiones fue la matriz FODA, la cual se realizó para generar estrategias prioritarias viables, alineando factores internos y externos claves. Esta matriz fue de gran ayuda porque desarrolló cuatro tipos de estrategias como son: Fortaleza y Debilidades, Debilidades y Oportunidades, Fortaleza y Amenazas, y Debilidades y Amenazas, como se observan en la tabla 4.9. Ya teniendo la matriz FODA se programó la secuencia de las actividades o tareas para el cumplimiento de las estrategias, como fue el plan de acción ilustrado en la tabla 4.10.

Cada modo de fallo generado en la hoja de información fue estudiado a través del Árbol Lógico de Decisión (ALD), lo que permitió generar las actividades de mantenimiento a realizar para eliminar o reducir las posibles ocurrencias del modo de falla. Una vez generadas todas estas actividades, con sus respectivas frecuencias se procedió a reunir toda esa información y elaborar el plan de mantenimiento. Todas las decisiones tomadas en el ALD fueron estudiadas con el objeto de reducir el riesgo, en busca de la mejor confiabilidad de los equipos.

En la tabla 4.12 se observa un resumen de las funciones, fallas funcionales y modos de fallas estudiados de cada componente del sistema Motor Detroit Diesel, para un tractocamion Freightliner Columbia CL120. Se determinaron 13 funciones y 68 modos de fallas, de las cuales 54 (79%) eran evidentes y 14 (21%) eran ocultos, como se muestra en la grafica 4.1. La tabla 4.13 muestra la clasificación de todos los modos de fallas evidentes, donde el 91% (52) son operacionales, un 4% (2) son de

consecuencias asociadas a la seguridad, higiene y ambiente, y un 5% (3) son de consecuencias que afectan a las personas, también lo podemos apreciar en la grafica 4.2.

La tabla 4.14, muestra la cantidad de tareas generadas en el estudio, de las cuales 41 son a condición (60%), 8 son de reacondicionamiento cíclico (12%), 3 es de sustitución cíclica (4%) y 16 representan ningún mantenimiento programado (24%). Aquí la mayor parte de las tareas seleccionadas son a condición. La grafica 4.4 muestra la distribución del tipo de mantenimiento a realizar. De allí se observa que el 76% de las actividades a realizar son preventivas y el resto (24%) son correctivas.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) demostró ser una herramienta que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permiten garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de transporte. Entre los beneficios que se pueden obtener con el MCC tenemos:

- ✓ Crear un espíritu altamente crítico en todo el personal frente a condiciones de fallas y averías.
- ✓ Lograr importantes reducciones de costo del mantenimiento.
- ✓ Mejorar la confiabilidad operacional, maximizar la disponibilidad y/o mejorar la mantenibilidad de los transportes de carga pesada y sus activos.
- ✓ Integrar las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- ✓ Fomentar el trabajo en grupo.
- ✓ Incrementar la seguridad operacional y la protección ambiental.
- ✓ Mejorar la aplicación de las actividades de mantenimiento tomando en cuenta la criticidad e importancia de los activos dentro del contexto operacional.

- ✓ Establecer un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- ✓ Involucrar a todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización.
- ✓ Desarrollar un sistema efectivo de registro y manejo de data.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) se diseñó un plan de mantenimiento para los Tractocamiones Freightliner Columbia CL120, perteneciente al Frente de Transporte Oriente Cemex Venezuela S.A.C.A.
2. El sistema de Motor de los Tractocamiones es el mayor causante de fallas en los mismos y acumula el 40% de las fallas totales en el período de estudio
3. Los Motores Detroit Diesel Serie 60 son las más críticas de acuerdo con los resultados del análisis de criticidad.
4. La matriz FODA generó 14 estrategias, de las cuales una de las más resaltante fue: “Implantar un plan de mantenimiento preventivo que garantice la entrega oportuna de los tractocamiones”.
5. Por medio del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (A.M.E.F), se puso identificar cada una de las funciones de los sistemas con sus correspondientes fallas de función, modos de fallas y efecto de falla, permitiendo posteriormente el análisis de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas de mantenimiento.
6. El análisis de MCC a los sistemas críticos de los motores Detroit Diesel de los Tractocamiones Freightliner Columbia CL120 permitió que las actividades no planificadas bajo las cuales se realizaban los trabajos de mantenimiento, pasaran a ser actividades planificadas con un 76 % de actividades preventivas y un 24 % de actividades correctivas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Aplicar el plan de mantenimiento propuesto en el desarrollo del presente trabajo.
- ✓ Instruir al personal en la aplicación de MCC con la finalidad de mejorar la cultura de mantenimiento dentro del Frente de Transporte Oriente.
- ✓ Elaborar las prácticas operativas con la finalidad de que el personal de ejecución se adiestre en los procedimientos para realizar las actividades de mantenimiento.
- ✓ Implementar programas de evaluación de criticidad en estudios posteriores dentro del Frente de Transporte Oriente, para unidades Freightliner CL120 u otros activos que se encuentren dentro de las instalaciones.
- ✓ Aplicar periódicamente indicadores de gestión del mantenimiento como disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, y el cumplimiento del programa de mantenimiento, para evaluar la gestión de mantenimiento.
- ✓ Ejecutar análisis mensuales de costos de mantenimiento para determinar el valor promedio de la hora hombre del personal que labora en el Frente de Transporte Oriente.
- ✓ Aplicar el análisis del MCC a cada uno del resto de los sub-sistemas que integran los Tractocamiones Freightliner Columbia CL120.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- [1] BRAVO, L., **“Guía teórico practica (Fundamentos de mantenimiento)”**, UDO, Barcelona, Venezuela (2005).

- [2] ORTIZ, F., **“Proceso de Fabricación del Cemento”**, Manual del curso, dictado por la Dirección de Adiestramiento de Cemex, Venezuela, (2006)

- [3] BASANTES, J. L., **“Diseño de un Plan de Mantenimiento para los sistemas de Aguas Blancas de PDVSA Gas Distrito Anaco, utilizando la técnica de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)”**, Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, UDO, Puerto La Cruz, Venezuela (2004).

- [4] MOUBRAY, J., **“El RCMII – Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)”**, Aladon LTD, EE.UU (1999).

- [5] QUERALES, G., YARY, V., **“Planificación de las Operaciones del Taller de Reparación de Vehículos de una Empresa Distribuidora de Gas”**, Tesis de Grado, Departamento de Computación y Sistemas, UDO, Puerto la Cruz, Venezuela (2000).

- [6] SOTILLO, G. **“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 (2000).

- [7] CONTRERAS, A., **“Programa de control y análisis de fallas de los sistemas rotativos y equipos auxiliares”**, Tesis de Grado, Coordinación de Ingeniería Mecánica, USB, Sartenejas, Venezuela (2001).
- [8] DETROIT DIESEL CORPORATION, **“Manual de Servicios secciones 1-15”**, EE.UU (1991)
- [9] PARRA, C., **“Mantenimiento centrado en confiabilidad”**, Taller de mantenimiento centrado en confiabilidad / PDVSA-Inteved, Valencia Edo. Carabobo (2005).
- [10] BALDA, A., **“Metodología de Selección de Equipos Críticos Equicrit”**, Presentación al curso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad dictado por el CIED. PDVSA-Inteved, Venezuela, (1998)
- [11] Marshall, E., **“Propuesta para el mejoramiento de la confiabilidad operacional de los turbocompresores de la planta Amaná ubicada en Punta de Mata- Estado Monagas mediante la evaluación de indicadores de la gestión de mantenimiento”**, Venezuela (2006).
- [12] Bueno, L., **“Evaluación de los indicadores de la gestión de mantenimiento asociada a un sistema de sopladores centrífugos para el diseño de programas de mantenimiento”**, Venezuela (2006).
- [13] García. F., **“Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades Turbo-Generadoras de una planta de electricidad”**, Venezuela (2005).

- [14] Máiz. Y., **“Mejoras de los planes de mantenimiento preventivos de los equipos críticos utilizados en el mantenimiento de vías férreas”**, Venezuela (2005).

BIBLIOGRAFIA ADICIONAL

✓ FREIGHTLINER LLC 4747 N, **“Manual de Mantenimiento Columbia”**, Portland, EE.UU (2005)

✓ SUÁREZ, D., **“Guía teórico práctica (Mantenimiento Mecánico)”**, UDO, Puerto La Cruz, Venezuela (1999).

✓ BALDA, A., **“Metodología de Selección de Equipos Críticos Equicrit”**, Presentación al curso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad dictado por el CIED. PDVSA-Inteved, Venezuela, (1998)

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y
ASCENSO:**

TÍTULO	DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES EN BASE A LOS REQUERIMIENTOS EN SU CONTEXTO OPERACIONAL
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Moreno R. Gustavo A.	CVLAC: 15417273 EMAIL: Moreno_Gustavo060381@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Tractocamión, Mantenimiento, Contexto, Fallas, Criticidad

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Cs. Aplicadas	Ingeniería Mecánica
	Ingeniería de Automóviles

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo principal de este trabajo es diseñar las estrategias de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones bajo los requerimientos en su contexto operacional. Para lograr este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de los tractocamiones, verificando su estado y comportamiento durante su operación. Luego se aplicó la técnica del Análisis de Criticidad bajo la metodología EQUICRIT, determinando el sub-sistema del tractocamión más crítico. Seguidamente se aplicó la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad junto con el análisis FODA, para crear un plan estratégico de mantenimiento aplicable al sub-sistema más crítico. Finalmente se realizó un análisis de los resultados obtenidos, y con ellos conclusiones y recomendaciones, para mejorar las condiciones actuales del sub-sistema. El análisis de MCC al sub-sistema mas crítico de los tractocamiones permitió que las actividades no planificadas bajos las cuales se realizaban las labores de mantenimiento, pasaran a ser actividades totalmente planificadas con un 76 por ciento de actividades preventivas y un 24 por ciento de actividades correctivas. El beneficio que aportó el siguiente trabajo fue eliminar las actividades preventivas innecesarias que se venían realizando en el frente de

Transporte Oriente e implementar el nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología del MCC.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Bravo, Luis E.	ROL	CA	AS: <input checked="" type="checkbox"/>	TU	JU
	CVLAC:	1.811.447			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Griffith G. Luis R.	ROL	CA	AS	TU	JU: <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:	5.194.070			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Villarroel, Delia	ROL	CA	AS	TU	JU: <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC:	5.189.938			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Olivares, Pedro	ROL	CA: <input checked="" type="checkbox"/>	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

<u>2009.</u> AÑO	<u>02.</u> MES	<u>03.</u> DÍA
---------------------	-------------------	-------------------

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
<u>TESIS: Diseño de un Plan de Mantenimiento</u>	application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H
I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u
v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: Metodología del MCC (OPCIONAL)

TEMPORAL: Seis Meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Mecánico.

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado.

POR LA SUBCOMISION DE TESIS