



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA
TRANSPORTES PACO**

Luis Fernando Francisco Reyes Andrade

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA
TRANSPORTES PACO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS FERNANDO REYES ANDRADE

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno a.i.
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA TRANSPORTES PACO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 15 de mayo de 2014.



Luis Fernando Francisco Reyes Andrade



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.EIM.107.2017

Guatemala, 14 de marzo de 2017

Ingeniero
Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Ing. Guzmán:

Por este medio le informo que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA TRANSPORTES PACO** realizado por el estudiante **Luis Fernando Francisco Reyes Andrade, CUI 1818-95773-0101 Reg. Académico No 200722540** considerando que cumple con el contenido y objetivos propuestos en el protocolo aprobado por la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Atentamente,

Id y Enseñad a Todos

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Colegiado No. 6965

Ma. Ing. Carlos E. Chicol C.
COL. No. 6965

CEC/aej
c. Archivo



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.126.2017

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA TRANSPORTES PACO**, desarrollado por el estudiante **Luis Fernando Francisco Reyes Andrade**, CUI **1818-95773-0101**, Registro Académico **200722540** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, marzo 2017



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala


Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.210.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA TRANSPORTES PACO**, del estudiante **Luis Fernando Francisco Reyes Andrade, CUI 1818957730101, Registro Académico 200722540** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, agosto de 2017

/aej

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.334.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS CAMIONES DE LA EMPRESA TRANSPORTES PACO**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Fernando Francisco Reyes Andrade**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por brindarme una gran familia y darme la sabiduría para culminar una etapa de mi vida.
Mis padres	Rigoberto Reyes y Graciela Andrade de Reyes, por todos los esfuerzos realizados, confianza brindada, amor, apoyo, valores y ejemplo de vida, para poder alcanzar las metas de mi vida.
Mi hermano	Erick Reyes Andrade, por sus consejos y apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.
Mis sobrinas	Ana Sofía Reyes y Belén Aurora Reyes, por todo su cariño.
Mi tía	Marta Julia Reyes de Samayoa, por todo su cariño, cooperación y apoyo incondicional.
Mis tías	Dolores Reyes, Gloria Andrade, Juana Andrade, Julia Andrade, Lidia Andrade (QEPD), Virginia Andrade (QEPD), por sus palabras de aliento y su cariño.
Mis primos	Por los buenos momentos vividos y su apoyo.
Mi cuñada	Amy de Reyes, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que fue la fuente de conocimiento, desarrollo intelectual y profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desempeñarme como profesional.
Empresa Transportes Paco	Francisco Juárez propietario de la empresa, por brindarme información y permitirme desarrollar este tema de trabajo de graduación.
Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera	Por su apoyo, confianza y consejos brindados durante mi carrera universitaria y durante el desarrollo de este trabajo de graduación.
Mis amigos y compañeros de la facultad	Amaury Villatoro, Brian Chicol, Carlos Chicol, Darlineth Alonzo, Emanuel Fernández, Jeniffer Reyes, Manolo Morán, Manuel Tobar, Luis Alfaro, Luis Palencia Ricardo Montepeque, Roberto Ramírez, Roberto Way, Samuel Ortiz, por su apoyo en todo momento y por los buenos momentos vividos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del proyecto	1
1.2.1. Objetivos.....	1
1.2.2. Preguntas	2
1.2.3. Justificación	2
1.2.4. Viabilidad	2
1.3. Metodología de investigación y contenido del proyecto	3
1.4. Análisis de la empresa Transportes Paco	3
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Definición de mantenimiento	9
2.1.1. Tipos de mantenimiento	9
2.1.1.1. Mantenimiento preventivo.....	9
2.1.1.2. Mantenimiento correctivo.....	10
2.1.1.3. Mantenimiento predictivo	10
2.2. Descripción de la maquinaria	11
2.2.1. Camiones International.....	11

2.2.2.	Camiones Freightliner	15
2.3.	Motores de combustión interna	16
2.3.1.	Sistema de lubricación	20
2.3.2.	Sistema de refrigeración.....	24
2.3.3.	Funcionamiento del sistema de frenos.....	27
2.3.4.	Funcionamiento del sistema de suspensión.....	28
2.3.5.	Transmisiones	28
2.3.5.1.	Eje cardán	29
2.3.5.2.	Uniones universales	30
2.3.6.	Sistema eléctrico	30
2.3.7.	Sistema de combustible	35
2.3.8.	Chasis	37
2.3.9.	Llantas.....	37
2.3.9.1.	Características de las llantas.....	38
2.3.9.2.	Causas de daños en las llantas.....	41
2.4.	Repuestos	42
2.4.1.	Lubricantes.....	42
2.4.2.	Filtros.....	48
2.4.3.	Refrigerantes.....	50
3.	SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE FLOTA	53
3.1.	Estado actual de la flota	53
3.2.	Plan de mantenimiento.....	53
3.2.1.	Periodos de mantenimiento.....	53
3.2.2.	Servicio menor	54
3.2.3.	Servicio mayor.....	66
3.2.4.	Mantenimiento de chasis y componentes.....	72
3.2.5.	Mantenimiento de sistema eléctrico	80
3.3.	Mantenimiento de llantas	84

3.3.1.	Presión de las llantas.....	87
3.4.	Diseño de cronograma de aplicación de mantenimiento	87
3.5.	Diseño de bitácora de control para los equipos.....	90
CONCLUSIONES		95
RECOMENDACIONES.....		97
BIBLIOGRAFÍA.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	7
2.	Diagrama de Pareto	8
3.	Dimensiones modelo Prostar	12
4.	Modelo Prostar	12
5.	Dimensiones modelo Transtar	14
6.	Modelo Transtar	14
7.	Freightliner M2	16
8.	Culata	18
9.	Bloque de cilindros.....	18
10.	Punto de contacto	20
11.	Comparación de índices de viscosidad monogrado y multigrado	22
12.	Tipos de lubricación	24
13.	Degradación de inhibidores.....	26
14.	Caja de fusibles.....	33
15.	Esquema de inyector de combustible.....	37
16.	Nomenclatura de un neumático	40
17.	Designación de tamaños de neumáticos para camiones medianos y pesados.....	41
18.	Desgaste de las llantas	42
19.	Ensamble del soporte trasero de motor, FLA, FLB y FLD.....	55
20.	Grasadera del collarín.....	59
21.	Tubos telescópicos del control de cambios montado en el túnel del FLA y FLB	60

22.	Cilindro del seguro del control de cambios	61
23.	Rótulas de la barra de selección y de la barra de pivote	62
24.	Ubicación y componentes de los filtros de la transmisión.....	64
25.	Respiradero de la transmisión	66
26.	Acople de banda en V y manguera flexible.....	68
27.	Abrazadera de escape Donaldson Seal Clamp de banda ancha.....	68
28.	Junta universal superior de la barra de dirección.....	69
29.	Lubricación del yugo deslizante y de la junta universal.....	70
30.	Lubricación del pasador de muñón Freightliner	71
31.	Quinta rueda Fontaine, Serie 5092 (modelo con liberación por el lado izquierdo ilustrado).....	74
32.	Quinta rueda Holland.....	75
33.	Inspección general del mecanismo de control ASF Touchloc.....	78
34.	Lubricación del mecanismo de control.....	79
35.	Placa de montaje del sistema eléctrico.....	81
36.	Bloque de unión del sistema eléctrico.....	81
37.	Placa de montaje del sistema eléctrico.....	82
38.	Conector de 40 vías, FLC (volante a la izquierda)	83
39.	Secuencia de apretado de las tuercas de las ruedas y de los aros	84
40.	Espaciador de canal no corrugado	86
41.	Espaciadores corrugados	86

TABLAS

I.	Tabla de frecuencia	7
II.	Tabla de frecuencia ordenada	8
III.	Modelo Prostar.....	11
IV.	Modelo Transtar.....	13
V.	Freightliner M2.....	15

VI.	Especificaciones aceite 15w-40	45
VII.	Especificaciones aceite 5w-30	46
VIII.	Especificaciones aceite 5w-40	47
IX.	Especificaciones del refrigerante	52
X.	Especificaciones de torsión para las tuercas de las ruedas	85
XI.	Tabla de servicio de mantenimiento	87
XII.	Operación de mantenimiento	89
XIII.	Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio I	91
XIV.	Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio II	91
XV.	Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio III	92
XVI.	Control de gasto de combustible	92
XVII.	Control de desgaste de neumáticos	93
XVIII.	Hoja de control de inspección previo a iniciar labores	93

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ah	Amperio-hora
gal	Galón
hp	Caballo de fuerza, <i>horse power</i>
lb	Libra
lt	Litro
lbf	Libra-fuerza
km	Kilómetro
m	Metro
mi	Milla
mm	Milímetro
N	Newton
plg	Pulgada
R	Radio
V	Voltio
A	Amperio
kPa	Kilopascal
ft	Pie
psi	Libra por pulgada cuadrada

GLOSARIO

Aceite	Un líquido grasoso, untuoso, de origen animal, vegetal, mineral o sintético.
Alternador	Aparato que convierte la energía mecánica a energía eléctrica, en forma de corriente alterna.
Análisis	Separación de las partes de un todo, hasta conocer los principios o elementos de que se forma.
Falla	Defecto material que en un momento determinado ocasiona la interrupción de un componente.
Freno	Mecanismo que sirve en las máquinas y carruajes para moderar o detener el movimiento.
Lubricante	Sustancia que se coloca entre dos piezas móviles, no se degrada, forma una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento.
Mantenimiento	Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.
Motor	Máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía.

RESUMEN

El mantenimiento es necesario actualmente para lograr un eficiente desempeño de la maquinaria, se espera lograr su máximo desempeño y, al mismo tiempo, prolongar su vida útil.

Se divide en tres tipos: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento predictivo. Cada uno será desarrollado a detalle más adelante con sus principales ventajas.

El trabajo de graduación consiste en la elaboración de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte. Se analizarán y listarán las unidades y su situación actual con la finalidad de tener una base sólida sobre la cual trabajará el programa de mantenimiento preventivo.

Se determina el programa de mantenimiento preventivo para lograr su optimización a partir de su mejoramiento o el estudio de una nueva propuesta. Uno de los objetivos fundamentales en el desarrollo de este programa es poder hacer eficiente la operación de las unidades para lograr una mejor rentabilidad y prolongar el tiempo de operación de cada unidad.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de mantenimiento para los camiones de la empresa de transporte Paco.

Específicos

1. Conocer qué es un plan de mantenimiento e indicar los elementos esenciales que componen dicho plan.
2. Determinar cuál es la secuencia correcta a seguir para desarrollar un mantenimiento preventivo que reduzca los costos.
3. Dar a conocer la viabilidad del plan de mantenimiento y los beneficios e importancia de realizar dicho plan.

INTRODUCCIÓN

La utilización del transporte de mercadería en Guatemala ha incrementado con el pasar de los años debido a la exportación e importación de productos; las empresas requieren un servicio de transporte en toda la república que genera empleo de forma directa e indirecta en beneficio de la población.

En ingeniería mecánica se abarcan distintas ramas ingenieriles; el presente proyecto se encuadra en el área de mantenimiento de equipo: en la implementación de un plan de mantenimiento para mantener la flota de cabezales y camiones en óptimas condiciones.

Para realizar el plan de mantenimiento de esta flota de transporte se deben considerar diversos factores como el requerimiento de cada equipo de forma individual ya que con este tipo de vehículos existen diversas marcas y modelos por lo que se vuelve complejo y necesario un mantenimiento de sus piezas.

La implementación de este plan de mantenimiento se requiere ya que la forma de trabajo actual no considera un plan preventivo, predictivo y correctivo en sus vehículos; pero la empresa requiere incrementar la fiabilidad y durabilidad de sus vehículos para cumplir las exigencias de sus clientes.

1. ANTECEDENTES

1.1. Introducción

La empresa en estudio tiene como mercado el traslado de mercadería de café de sus bodegas ubicadas en Villa Nueva para los puertos de exportación; cuenta con diez años de experiencia y con una amplia flota de transporte pesado.

1.2. Planteamiento del proyecto

Proponer un plan de mantenimiento para los camiones de la empresa de transporte Paco.

1.2.1. Objetivos

Los objetivos del tema en estudio son los siguientes:

- Analizar el estado actual de la flota para su mejoramiento.
- Elaborar los planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para los vehículos.
- Desarrollar el proceso de mantenimiento diario para la preservación del equipo.
- Diseñar un proceso para mantener los sistemas de los camiones.

1.2.2. Preguntas

Las preguntas del estudio se basan en los objetivos específicos para determinar la factibilidad de la propuesta.

- ¿Cuál es el estado actual de la flota, qué problemas ha presentado en el último trimestre?
- ¿Cuáles son los planes de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para los camiones?
- ¿Cuáles son pasos para mantener los sistemas de los camiones?

1.2.3. Justificación

El plan de mantenimiento que se solicita es necesario ya que con el tiempo que ha transcurrido en operaciones la empresa se han incrementado las necesidades de mantener la flota en óptimas condiciones, organizados los trabajos que se les deben realizar y las inspecciones necesarias para optimizar los costos de mantenimiento, extendiendo el tiempo de vida útil de los vehículos y poder brindar un servicio eficiente y eficaz a sus clientes.

1.2.4. Viabilidad

La viabilidad de la propuesta cuenta con el apoyo de la gerencia general dado que buscan tener un plan de mantenimiento de la flota de transporte pesado ya que se ha incrementado el costo de operación en el último trimestre de julio-agosto-septiembre de 2016 por demoras por fallas mecánicas.

1.3. Metodología de investigación y contenido del proyecto

La información expuesta en el siguiente trabajo de investigación se obtuvo en manuales del fabricante, catálogos, enciclopedias, libros de mantenimiento de equipo, internet, conocimientos propios e información brindada según la experiencia del personal de mantenimiento de la empresa

1.4. Análisis de la empresa Transportes Paco

Una breve descripción, de las funciones que realiza el personal de la empresa de transporte terrestre se muestra a continuación:

- Gerente general: es la persona con representación legal que dirige la empresa. Es el encargado de realizar la labor de cuidar, supervisar, controlar, planificar las labores del personal a su cargo.

- Gerente de operaciones
 - Tiene a su cargo toda la operación de la empresa.
 - Da instrucciones al personal de despacho.
 - Solicita al taller la reparación y el mantenimiento de los cabezales necesarios para la prestación del servicio.
 - Coordina con compras la adquisición de repuestos nuevos y usados que necesite el taller.
 - Mantiene constante comunicación con el cliente para la coordinación de carga en la importación en la exportación.

- Encargado de tráfico
 - Supervisar el despacho general de viajes.
 - Controlar y asignar camiones y pilotos para las distintas operaciones de transportes.
 - Supervisar al personal a su cargo.

- Despachadores de tráfico
 - Elaborar envíos y recepción de papelería de viajes realizados.
 - Control de pilotos que van y vienen en ruta.
 - Coordinar cargas y descargas de contenedores en las distintas empresas dentro del país y Centro América.
 - Elaborar vales de combustible de acuerdo a los galones que sean necesarios para realizar un viaje para que sean entregados al despachador de diésel.
 - Conducir al lugar asignado, según instrucciones escritas o verbales, sin cambiar la ruta indicada.
 - Asegurar en un lugar adecuado los lubricantes, diésel y otros equipos de las unidades.

- Encargado de taller
 - Darle atribuciones al personal a su cargo.
 - Planificar y organizar la gestión cotidiana del taller.
 - Realizar órdenes de trabajo para que el personal del taller lleve a cabo los trabajos necesarios para el mantenimiento y reparación de los camiones.

- Velar por el buen funcionamiento de camiones, maquinaria y equipo de arrastre comercial y particular de la empresa.
- Supervisor de talleres
 - Darle atribuciones al personal a su cargo.
 - Supervisar el trabajo asignado al personal.
 - Verificar la necesidad en reparación de camiones y equipo de arrastre.
 - Recibir los cabezales y equipo de arrastre que ingresan al taller.
- Mecánicos
 - Realizar las atribuciones que le sean asignadas por el jefe de mecánicos.
 - Reparar los camiones y brindar servicios preventivos.
- Soldadores
 - Realizar reparaciones de soldadura al equipo solicitado por el jefe de mecánicos.
- Electricistas
 - Revisar y reparar cualquier desperfecto en el sistema eléctrico de todo vehículo propiedad de la empresa.
 - Poseer en bodega un *stock* de alternadores y *starters* en buen estado.

- Pintores
 - Realizar las distintas tareas asignadas por el jefe de mecánicos como enderezar y pintar los camiones indicados.

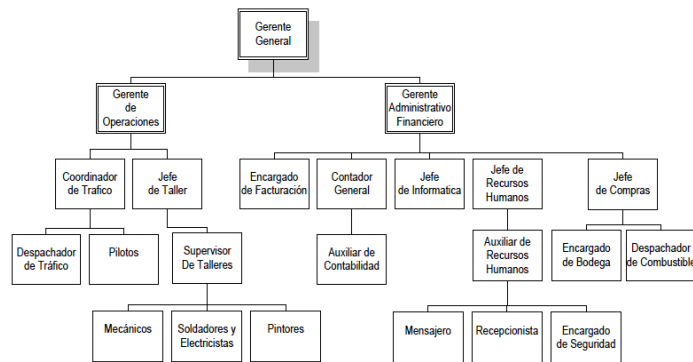
- Bodeguero
 - Llevar el inventario de repuestos y llantas al día.
 - Llevar de forma pre numerada las salidas de bodega con firma de recibido.
 - Revisar las entradas a bodega que se encuentren en perfectas condiciones.

- Despachador de combustible
 - Recibir vales de combustible elaborados por el despachador de tráfico.
 - Verificar la autenticidad de los vales de diésel.
 - Despachar los galones de combustible consignados en el vale.
 - Mantener un inventario del diésel comprado, entregado y en existencia.
 - Hacer requisición de diésel.
 - Recibir el diésel comprado.
 - Medir tanques de combustible de camiones propios y del transporte por compras realizadas.

- Encargado de compras y suministros
 - Elaborar órdenes de compra
 - Cotizar repuestos y suministros

- Elaborar pedidos
- Autorizar las facturas para contraseñas de pago
- Contactar nuevos proveedores

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

Para determinar la situación de la empresa se realizó un análisis de Pareto para identificar los problemas existentes la demora de las operaciones logísticas se debe a las fallas mecánicas. Por lo cual surge la necesidad de tener un plan de mantenimiento para la flota de transporte.

Tabla I. Tabla de frecuencia

CAUSAS	Frecuencia	Frecuencia normaliza
Fallas mecánicas	35	37 %
Producto dañado	25	26 %
Falta de espacio	10	11 %
Codificación de productos	10	11 %
Seguimiento de quejas	5	5 %
Personal no presta atención	5	5 %

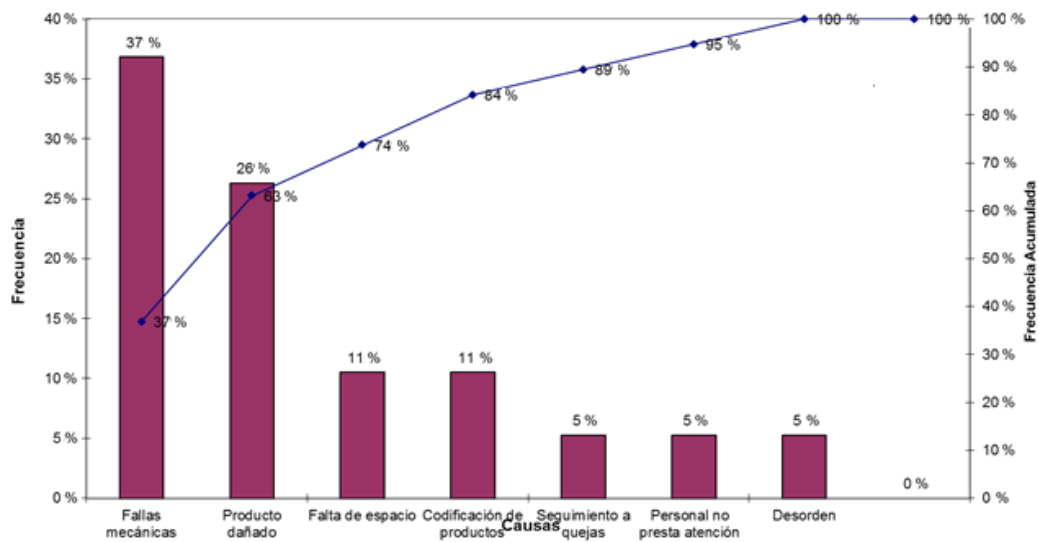
Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Tabla de frecuencia ordenada**

CAUSAS	Frecuencia	Frecuencia normaliza	Frecuencia acumulada
Fallas mecánicas	35	37 %	37 %
Producto dañado	25	26 %	63 %
Falta de espacio	10	11 %	74 %
Codificación de productos	10	11 %	84 %
Seguimiento de quejas	5	5 %	89 %
Personal no presta atención	5	5 %	95 %
Desorden	5	5 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Diagrama de Pareto**



Fuente: elaboración propia utilizando Microsoft Excel 2010.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Definición de mantenimiento

Mantenimiento es la serie de trabajos a ejecutar en algún equipo, planta o método para conservarlo y según su diseño o el objetivo de la empresa, ya que para muchas de estas el objetivo del mantenimiento es la conservación del servicio que están suministrando los equipos que pueden ser cruciales para la continuación de ciertos procesos industriales.

2.1.1. Tipos de mantenimiento

Conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan, lo que aumenta la frecuencia de falla y, en consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. El mantenimiento se divide en:

2.1.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la conservación planeada; tiene como función conocer sistemáticamente el estado de las máquinas e instalaciones para programar, en los momentos más oportunos y de menor impacto en la producción, las acciones que tratarán de eliminar las averías que originan las interrupciones; su finalidad es reducirlos al mínimo y una depreciación excesiva de los equipos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno.

2.1.1.2. Mantenimiento correctivo

Se denomina mantenimiento correctivo a aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones; es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

2.1.1.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es aquel que se aplica para predecir una falla de los equipos, generalmente, en el uso de algún tipo de instrumento de medición o análisis de laboratorio para poder determinar el estado del equipo aun cuando este no presenta ninguna falla a simple vista. Tiene la particularidad de que puede tener un costo muy elevado ya que los análisis pueden ser muy costosos.

En un paro general de planta por mantenimiento se debe determinar la factibilidad de aplicar las técnicas disponibles del mantenimiento predictivo al equipo (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y alineación con rayos láser) para que sea este el que determine su mantenimiento y no con base en una fecha determinada.

2.2. Descripción de la maquinaria

La flotilla de transporte pesado utiliza varias marcas comerciales disponibles en Latinoamérica: International y Freightliner que se describen a continuación.

2.2.1. Camiones International

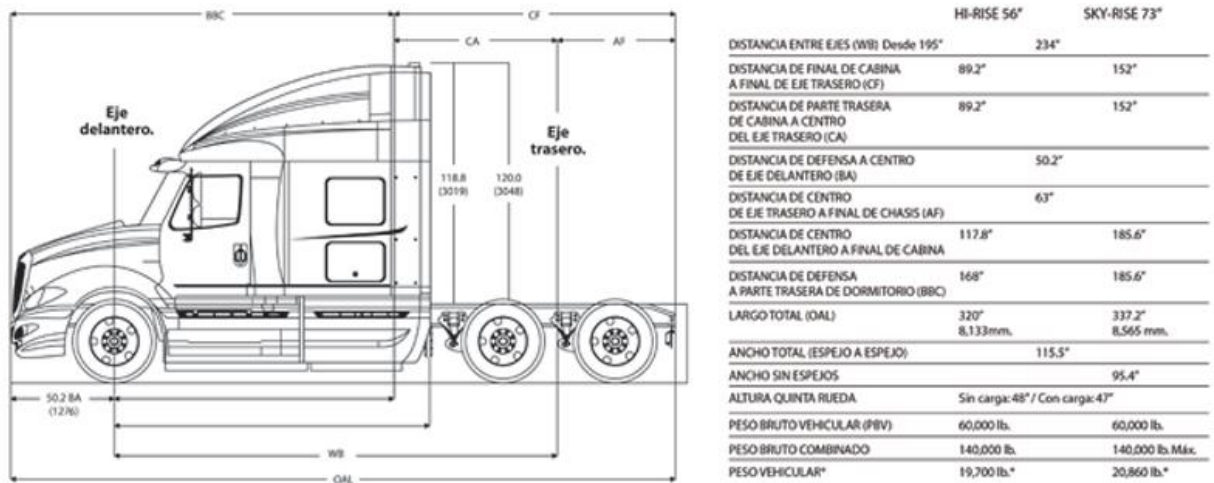
De la marca de camiones International existe variedad en el mercado; se describen los más utilizados por la empresa ya que son los más comerciales.

Tabla III. Modelo Prostar

<ul style="list-style-type: none"> • Motor <ul style="list-style-type: none"> ○ Cummins ISX EPA04. ○ Potencia: 450 / 485 / 500 hp. ○ Torque: 1 650 / 1 850 lb ft. @1 200 rpm. • Embrague <ul style="list-style-type: none"> ○ TEaton Fuller Solo Advantage. ○ Tasistido hidráulicamente libre de ajustes. • Transmisión <ul style="list-style-type: none"> ○ TManual 10 / 13 / 18 velocidades. ○ TOpcional: Ultrashift plus. • Eje delantero <ul style="list-style-type: none"> ○ TArvin Meritor / Dana 14 000 lb. ○ TOpcional: 12,000 lb. ○ Eje trasero. ○ T46 000 lb. Tándem. ○ TOpcional: 40 000 lb. Tándem. ○ TBomba de lubricación. ○ TArvin Meritor / Dana Eaton. • Suspensión delantera • TMecánica 14 000 lb. <ul style="list-style-type: none"> ○ TOpcional: ○ TMecánica / Neumática 12 000 lb. • Suspensión trasera <ul style="list-style-type: none"> ○ TNeumática 46 000 lb. ○ TOpcional: Neumática 40 000 lb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rines <ul style="list-style-type: none"> ○ Acero 24.5" con masas de aluminio. ○ Opcional: acero. ○ 22.5" / Aluminio 22.5" / 24.5". • Llantas <ul style="list-style-type: none"> ○ 11R24.5/22.5 • Flecha cardán <ul style="list-style-type: none"> ○ SPLX 250 principal. ○ SPLX 170XL interjes. • Chasis <ul style="list-style-type: none"> ○ Acero termo-tratado (120 000 PSI). ○ 10.125" x 3.58" x 0.312". ○ Refuerzo chasis. ○ parcial en "C" (80 000 PSI). • Columna de dirección <ul style="list-style-type: none"> ○ De posiciones. ○ Ajuste de altura y profundidad. ○ Telescópico. • Combustible <ul style="list-style-type: none"> ○ Dos tanques de aluminio 150 y 125 gal. ○ Capacidad total: 275 gal. (1 040 lt). ○ Opcional: tanque de 50 gal. • Defensa <ul style="list-style-type: none"> ○ Abatible. multipiezas (3).
---	---

Fuente: Ficha Transtar. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/transtar.html> Consulta: 5 de julio de 2014.

Figura 3. Dimensiones modelo Prostar



Fuente: Ficha prostar es. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/prostar> Consulta: 5 de julio de 2014.

Figura 4. Modelo Prostar



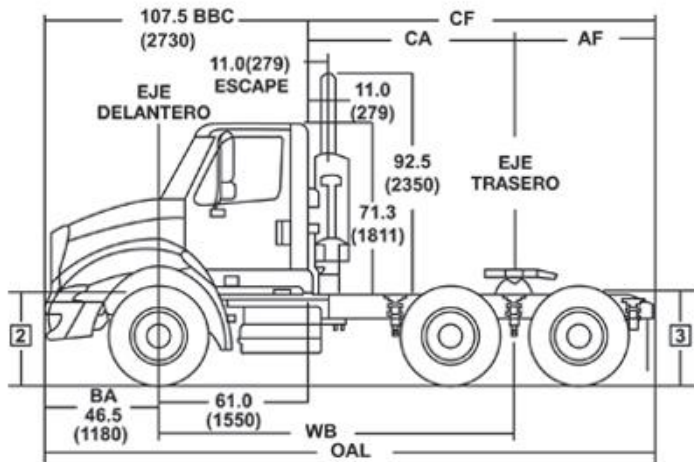
Fuente: Ficha prostar es. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/prostar> Consulta: 5 de julio de 2014.

Tabla IV. **Modelo Transtar**

<ul style="list-style-type: none"> • Exterior de cabina <ul style="list-style-type: none"> ○ Acero con doble galvanizado con ○ Anticorrosivo por inmersión. ○ Pintura: capa transparente ○ A base de uretano. ○ Garantía de 5 años contra corrosión. ○ Espejos de concha, convexos. ○ Eléctricos y cromados. ○ Faros con micas de lexan. ○ Disminuyen la posibilidad de roturas. • Sistema de combustible <ul style="list-style-type: none"> ○ Tanque: (2) de aluminio. ○ Capacidad total: 605 lts. (80 gal.) C/u. ○ Con separador de agua-combustible. ○ Opcional: tanque (2) de aluminio. ○ (100 gal.) C/u. • Rines <ul style="list-style-type: none"> ○ Acero 24.5" con masas. ○ De aluminio. ○ Dimensiones: ○ 22.5" / aluminio 22.5" / 24.5". • Llantas <ul style="list-style-type: none"> ○ 11r24.5 / 22.5 • Sistema de escape <ul style="list-style-type: none"> ○ Vertical, cromado. • Frenos <ul style="list-style-type: none"> ○ Neumáticos. ○ Abs. • Transmisión <ul style="list-style-type: none"> ○ Manual de 10 y 13 vel. ○ AutoShift RTO 10 vel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Columna de dirección <ul style="list-style-type: none"> ○ Ajuste de altura: posiciones y telescópica. ○ Controles crucero en volante y corneta neumática. • Sistema eléctrico <ul style="list-style-type: none"> ○ Alternador 160 - 165 amp. ○ Baterías (3): 2 700 cca. ○ Preparación para radio (cableado y bocinas). ○ Opcional: radio am / fm / cd. • Diamond logic <ul style="list-style-type: none"> ○ Sistema multiplex, transmite. ○ Señales únicas que controlan el equipo electrónico de la unidad. • Cabina <ul style="list-style-type: none"> ○ 33 % menos ruido. ○ Escalones de acceso desfasados. ○ Opcional: cabina extendida. ○ Asientos con respaldos altos en las 3 posiciones, fijos en tela. ○ Suspensión de cabina: neumática. • Motor <ul style="list-style-type: none"> ○ Cummins ism. ○ 320 hp – 1 150 lbs.-ft. ○ 370 hp – 1 450 lbs.-ft. ○ 430 hp – 1 550 lbs.-ft. • Embrague <ul style="list-style-type: none"> ○ Eaton Fuller Easy-Pedal Advantage. ○ 1 450 lbs.-ft. / 1 700 lbs.-ft. • Eje delantero <ul style="list-style-type: none"> ○ Arvin Meritor / Dana. ○ Estándar (Wide track). ○ Capacidad: 12 000 lbs. hasta 14 000 lbs.
--	---

Fuente: Ficha transtar. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/transtar.html> Consulta: 5 de julio de 2014.

Figura 5. Dimensiones modelo Transtar



DIMENSIONES Y CAPACIDADES:

	plg.	mm.
Distancia entre ejes (WB)	167	1,796
Cabina a eje trasero (CA)	106	1,140
Cabina a fin de chasis (CF)	159	1,710
Volado trasero (AF)	53	570
Largo total (OAL)	266.5	2,866
	lbs.	kg.
Peso bruto vehicular (PBV)	52,000	23,400
Capacidad delantera	12,000	5,400
Capacidad trasera	40,000	18,000

Fuente: Ficha transtar. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/transtar.html> Consulta: 5 de julio de 2014.

Figura 6. Modelo Transtar



Fuente: Ficha transtar. <http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/transtar.html> Consulta: 5 de julio de 2014.

2.2.2. Camiones Freightliner

A continuación se presentan los modelos de camiones Freightliner con los que se cuenta para el servicio.

Tabla V. **Freightliner M2**

<ul style="list-style-type: none">• Capacidad: clase 6 - peso bruto vehicular de 25 000 lb (11 339 Kg).• Embrague: cerámico amortiguado Sachs 365 mm tipo empuje.• Sistema de enfriamiento: radiador de 805 in². Embrague de ventilador viscoso Eaton.• Dirección: TRW THP-45 <i>power steering</i>.• Filtro de aire: Donaldson montado en la pared de fuego.• Transmisión: Mercedes-Benz Modelo MBT520S-6D de (6) velocidades. Opcional: Eaton Fuller y Allison.• Eje delantero: propietario DA-F-8.0-2 de 8 000 lb (3 629 Kg).• Eje trasero: propietario DA-RS-17.5-2 de 17 500 lb (7 938 Kg).• Frenos delanteros: Detroit AF-8.0-3 8 000 lb (3 628 Kg). Relación 4.31:1 Opcional: Meritor.• Frenos traseros: Detroit ARS-17.5-2 17,500 lb (7 937 Kg). Relación 4.31:1. Opcional: Meritor.• Suspensión delantera: 8 000 lbs/3 636 Kg. Freightliner tipo Taperleaf con amortiguadores telescópicos.• Suspensión trasera: 18 000/8,182 Kg. lbs tipo Multileaf Spring Suspensión 52 " con muelle auxiliar.• Distancia entre ejes: 192 plg (4 877 mm).• Tanque de combustible: tanque de aluminio de 30 galones (113 litros). Montado al lado derecho. Sistema de combustible equiplo.• Llantas delanteras: Michelin XZE 255/80R 22.5 14 capas Opcional: Goodyear.• Llantas traseras: Michelin XZE 255/80R 22.5 14 capas Opcional: Goodyear.• Bastidor: largueros tipo "C" 9/32" x 3-7/16" x 10-1/16" (7.14 mm x 87.3 mm x 255.58 mm). Esfuerzo de cedencia de 80 KPSI. Resistencia a la flexión (RBM) de 1'006,000 lb-in.• Escape: silenciador horizontal individual (simple) con tubo de escape posterior horizontal, instalado en el lado derecho. • Motor: especificaciones<ul style="list-style-type: none">○ MBE924 de 4.8L EPA 04:○ Potencia desde 190hp @2,200 RPM○ Torque desde 520lb-pie @1,200 RPM
--

Fuente: Productos. <http://www.freightliner.com.mx/productos/m2/> Consulta: 12 de julio de 2014.

Figura 7. **Freightliner M2**



Fuente: Productos. <http://www.freightliner.com.mx/productos/m2/> Consulta: 12 de julio de 2014.

2.3. Motores de combustión interna

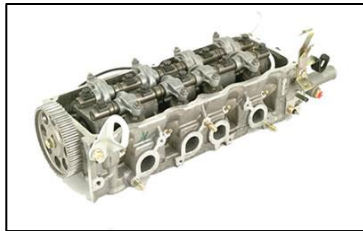
Es una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Se utilizan motores de combustión interna de dos tipos: el motor cíclico Otto y el Diesel.

El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica.

El motor Diésel, llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los Diésel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

- Partes del motor de combustión interna
 - Culata: parte del motor que cierra los cilindros por su lado superior y en correspondencia con la cual suelen ir colocadas las válvulas de admisión y de escape; la forma y las características de la culata siempre han ido ligadas a la evolución de los motores y han venido condicionadas por el tipo de distribución y por la forma de la cámara de combustión, que tiene conductos de refrigeración y de lubricación para absorber el calor de la combustión y lubricar los elementos móviles. Las culatas se construyen tanto de fundición de hierro como de aleación de aluminio. En los motores más modernos se prefieren generalmente las aleaciones ligeras, debido a la notable ventaja en términos de reducción de peso y a las inmejorables características de fusibilidad y disipación del calor. Los soportes de la distribución se obtienen mediante fusión a presión que permiten realizar piezas con acabados óptimos y de paredes delgadas. La parte inferior de la culata se realiza mediante colada en coquilla o, algunas veces, en arena.

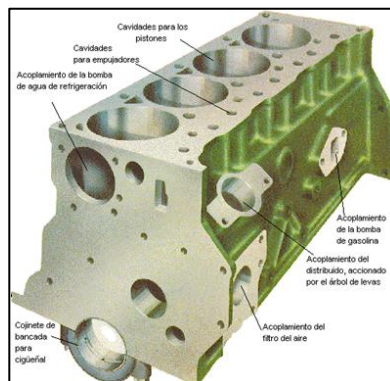
Figura 8. **Culata**



Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones*. p. 455.

- Eje de levas: es el elemento encargado de abrir y cerrar las válvulas, según el tiempo del motor en cada pistón. Es también llamado árbol de levas.
- Bloque de cilindros: es el conjunto de los cilindros que se mantienen fijos. En este bloque se encuentran los ductos de refrigeración y de lubricación; este elemento es la parte básica de todo el motor de combustión interna porque aquí van acoplados todos los elementos del motor.

Figura 9. **Bloque de cilindros**



Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión Interna, análisis y aplicaciones*. p. 457.

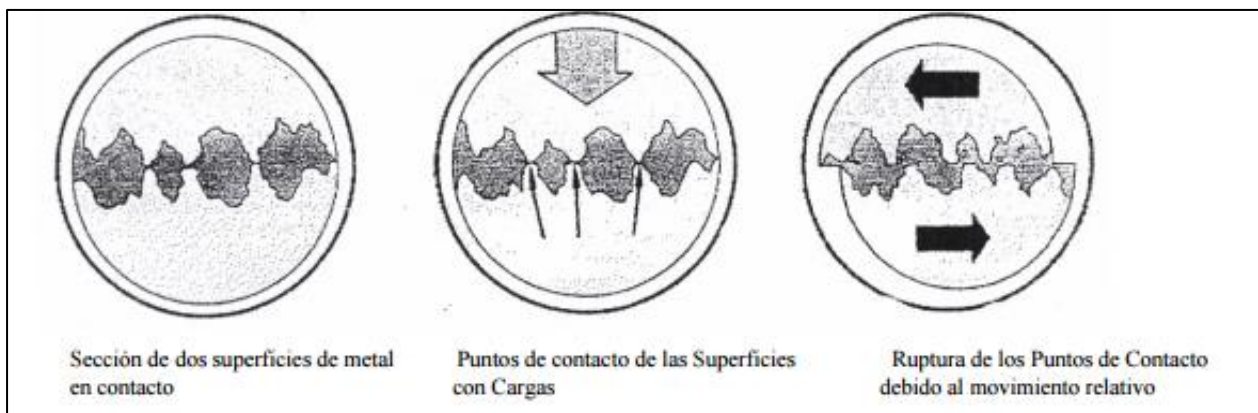
- Pistón: su función principal es transmitir a la biela la fuerza originada en el proceso de combustión.
- Anillos: son los encargados de sellar; por lo general están los anillos de compresión que no permiten que haya fugas de compresión y el anillo inferior, el controlador del aceite.
- Biela: su función es transmitir el movimiento al eje cigüeñal por medio de los bulones o pasadores del pistón.
- Pasador o bulón: es un eje de acero con el centro hueco que sirve de unión entre la biela y el pistón; el bulón, además, puede ser: flotante, semiflotante y fijo.
- El cigüeñal: es un eje que a través de la biela recibe la fuerza que actúa sobre el pistón. Las partes del cigüeñal son:
 - Muñones principales: se apoyan y giran sobre los cojinetes de bancada.
 - Muñones de biela: son los que sujetan las bielas y oscilan en un movimiento circular.
 - Contrapesas: equilibran el cigüeñal y están ubicados de acuerdo al número de muñones de biela.
 - Brida: sujeta el volante del motor.

- Cojinetes: su función es mantener en su lugar la pieza que está girando, el eje cigüeñal y las bielas, a la vez lubricar los muñones.

2.3.1. Sistema de lubricación

La fricción es la resistencia ofrecida al movimiento siempre que dos cuerpos se deslizen o ruedan uno sobre el otro. Aparentemente, las superficies son planas y lisas, pero esto es otra cosa que nunca se consiguió, empleando los métodos más modernos de pulimento. La superficie realmente está formada por una serie de montañas y valles como se observa en la figura.

Figura 10. **Punto de contacto**



Fuente: Texaco. *Módulo de capacitación de lubricantes Texaco*. p. 64.

Después de definir que es fricción, se indica lo que un aceite o lubricante de motor debe realizar; la eficiente operación de un motor depende del aceite:

- Permite el arranque fácil

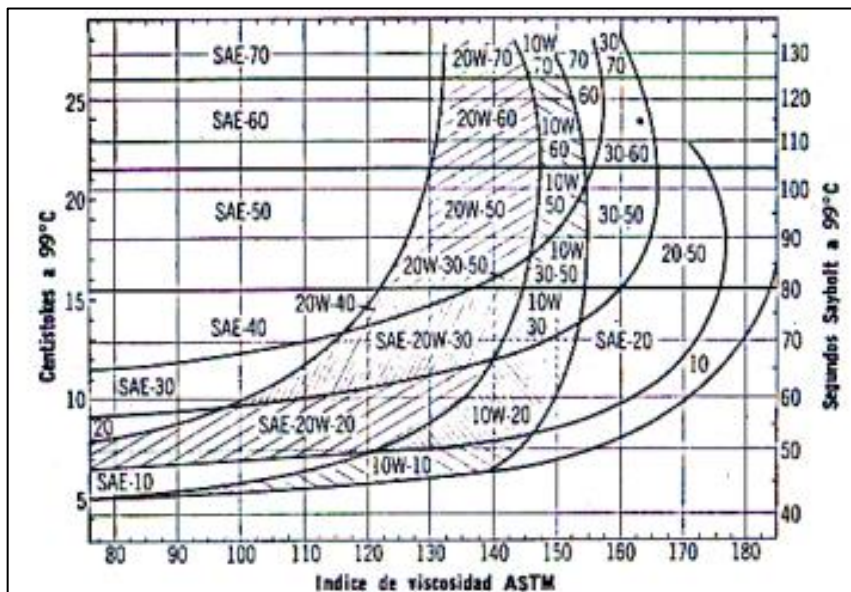
- Lubrica y enfría piezas del motor y previene el desgaste
- Reduce la fricción
- Protege las piezas del motor contra el herrumbre y la corrosión
- Mantiene limpias las piezas del motor
- Proporciona aislamiento al motor contra presiones de combustión
- No permite la formación de espumas

Este sistema posee 5 componentes principales:

- **Cárter:** o caja de aceite atornillado en la parte inferior del bloque de motor.
- **Bomba de aceite:** hace circular el aceite, la entrada de la bomba es equipada con una tela fina para filtrar el aceite antes que entre en la bomba. La bomba puede ser de engranes o rotores.
- **Filtro de aceite:** el aceite entra al filtro por una serie de orificios; circula alrededor del papel, pasa a través de este, y regresa al motor por el tubo central.
- **Sistema de distribución:** la red de pasajes, tubos, surcos y orificios a través de los cuales el aceite es bombeado a presión y en gran cantidad para los cojinetes principales a ser lubricados y enfriados.

- Lubricante: los lubricantes utilizados para los motores de combustión interna van del SAE 5 o SAE 5W (invierno) para climas muy fríos al SAE 50 para usarse en condiciones de temperatura muy alta. A continuación se muestra la figura de la viscosidad de los lubricantes multigrado

Figura 11. **Comparación de índices de viscosidad monogrado y multigrado**



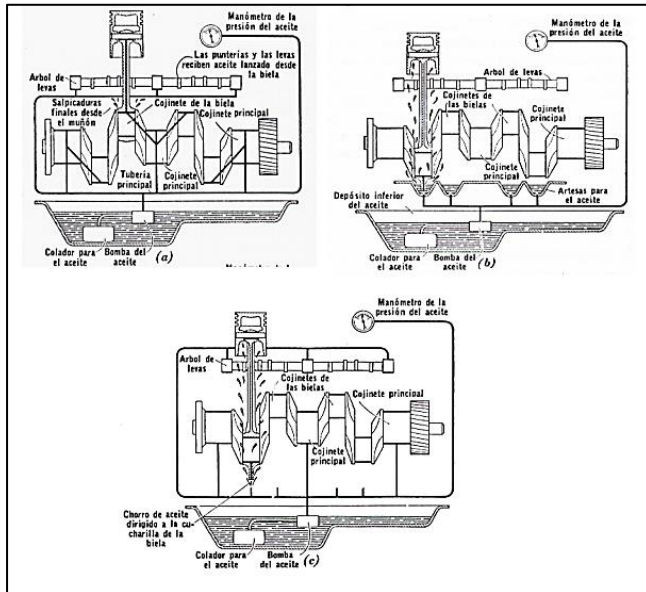
Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna*. p. 680.

Los lubricantes cuando se calientan disminuyen su viscosidad, un lubricante con baja viscosidad tiende a fluir fácilmente entre las partes, lo cual puede proporcionar una excelente lubricación cuando se pone en marcha un motor que está frío. Cuando el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento, el lubricante puede resultar demasiado delgado y permitir un desgaste excesivo; para operaciones más elevadas puede ser ideal un lubricante con viscosidad más elevada, pero no fluye con tanta facilidad entre las partes cuando el motor está frío, que permite un desgaste excesivo al poner

en marcha el motor. Para proporcionar una lubricación adecuada en un amplio rango de temperatura se produjeron los aceites multigrados o de viscosidad múltiple. Ejemplo: un lubricante SAE 10W-30 fluye como un aceite SAE 10W cuando está frío pero se comporta como un aceite SAE 30 cuando está caliente. Los lubricantes de viscosidad variable se producen agregándoles los mejoradores de índices de viscosidad. De un modo general, se puede decir que la lubricación de un motor ocurre de 2 formas:

- Lubricación forzada: es la principal, una bomba normalmente de engranajes accionada por el propio motor, bombea el lubricante del cárter a las partes móviles del motor.
- Lubricación por salpicadura: es el principal responsable por la lubricación entre pistones y cilindros.

Figura 12. Tipos de lubricación



Vistas diagramáticas del sistema de lubricación a) sistema de presión total; b) sistema de salpicadura; c) sistema de salpicadura modificado.

Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna*. p. 696.

2.3.2. Sistema de refrigeración

La temperatura es un parámetro que afecta el funcionamiento de los motores de combustión interna. En algunas partes del motor hay temperaturas mayores de 1 000 °C.

Algunas partes del motor que se deben enfriar constantemente son:

- Cámara de combustión
- Parte alta del cilindro
- Cabeza del pistón
- Válvulas de escape y de admisión

- Cilindro

Los sistemas de enfriamiento están diseñados para mantener una temperatura homogénea entre 82 °C y 113 °C. Por lo cual las prioridades del sistema de enfriamiento son:

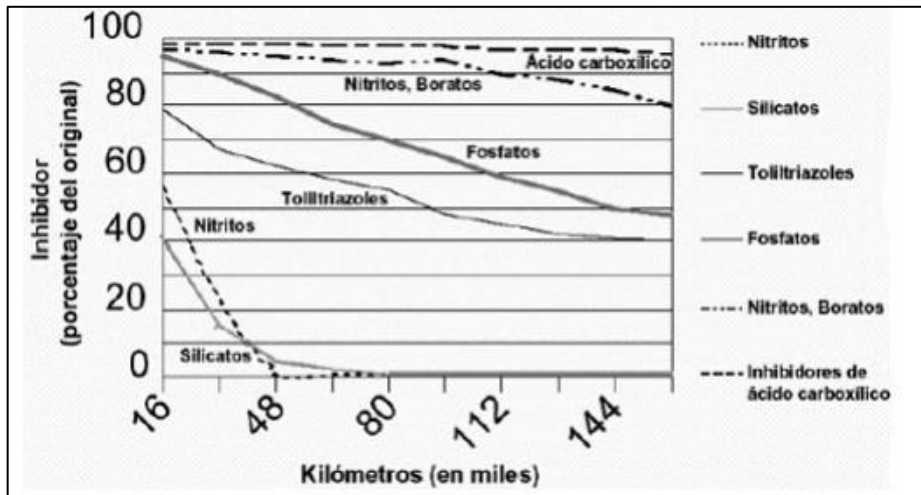
- Reducir la temperatura dentro de rangos seguros de operación para los diferentes componentes exteriores e interiores del motor.
- Disminuir el desgaste de las partes.
- Reducir el calentamiento de los elementos de la máquina que se mueven unos con respecto a otros.
- Mantener una temperatura óptima para obtener el mejor desempeño del motor.

Para cumplir, con estos el sistema cuenta con el refrigerante encargado de transferir el calor hacia el aire del medio ambiente con las siguientes características:

- Mantener el refrigerante en estado líquido evitando su evaporación. Esto se logra al cambiar el punto de evaporación de la sustancia refrigerante.
- Mantener el refrigerante en estado líquido.
- Evitar la corrosión.

Los productos químicos con un buen anticongelante mejoran las propiedades del agua y la convierten en un excelente fluido de enfriamiento. La base de casi todos los anticongelantes es el etilenglicol o el propilenglicol. Casi todos los fabricantes recomiendan una mezcla de 50 % de anticongelante y de agua. Existe otro anticongelante y refrigerante que es más eficaz el cual se compara con los demás en la siguiente figura.

Figura 13. Degradación de inhibidores



Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna*. p. 696.

Los nuevos refrigerantes anticongelantes y anticorrosivos (normalmente rojo o anaranjado) a base de etilenglicol con ácido carboxilato y tolitriazol, reaccionan con los metales para protegerlos solamente donde hay acción corrosiva. No forman una capa total de aislante. Esto resulta en 8 % más transferencia de calor que los productos de formulación tradicional. Sus compuestos se mantienen por mayor tiempo, evitando el costo de reemplazarlo y el riesgo de operar después de acabada la protección. Compatible con anticongelantes convencionales.

La dilución con un anticongelante convencional reducirá los beneficios de extensión de la vida útil. Chevron recomienda no diluir este producto en más de un 10 % con refrigerantes convencionales.

Se trata de una formulación sin nitratos, boratos, fosfatos, silicatos y aminas, que utiliza la tecnología patentada de carboxilatos de Chevron para

proporcionar una máxima protección de las seis aleaciones metálicas básicas encontradas en la mayoría de los sistemas de transferencia de calor. Dado que el refrigerante no contiene fosfatos o silicatos, se reducen los depósitos de agua dura en el sistema refrigerante. Se reduce el desgaste del sello de la bomba de agua como resultado de menor cantidad de sólidos abrasivos disueltos en *Delo Extended Life Coolant* que produce una vida útil mejorada del sello de la bomba de agua. Protección eficaz a largo plazo contra la corrosión para aluminio, latón, hierro fundido, acero, estaño soldadura y cobre. Este cumple con:

- ASTM D 3306 para servicio en automóviles
- ASTM D 4985 para servicio diésel en condiciones de servicio pesado

2.3.3. Funcionamiento del sistema de frenos

El sistema de frenos funciona cuando el conductor pisa el pedal del freno, con lo cual ejerce presión en el sistema que acciona los elementos de fricción, bandas y campanas o pastillas y discos, y limita o anula el efecto de giro de las llantas, que lleva finalmente a la detención del vehículo. Aunque no hacen parte del sistema de frenos, las llantas juegan un papel fundamental en la detención del vehículo. Las llantas deben estar en muy buenas condiciones, pues de lo contrario el sistema no funcionará adecuadamente. Si las llantas están lisas o en mal estado, el camión no podrá frenar en forma correcta, situación que puede ser aún más crítica dependiendo de las condiciones de la vía (piso mojado, por ejemplo).

El adecuado funcionamiento del sistema de frenos depende, en buena medida, de que los componentes de fricción retornen a su posición original después de su funcionamiento. Si algo impide su retorno se incrementará la

fricción, haciendo más difícil la circulación del camión y aumentando el consumo de combustible.

El tipo de frenos que utilizan estos camiones son los frenos mixtos de aire hidráulico, ya que utilizan aire y fluido de frenos; para que funcionen se debe mantener una presión en el depósito de aire dentro de un rango de aproximadamente 2 a 3 Kg. /cm³ (de 28 a 43 lb. /pulg²). Si la presión del aire baja de este nivel, se deberá encender el motor y esperar que la presión del aire quede dentro de este rango.

2.3.4. Funcionamiento del sistema de suspensión

La suspensión en un automóvil, camión o motocicleta, es el conjunto de elementos que absorben las irregularidades del terreno por el que se circula para aumentar la comodidad y el control del vehículo. El sistema de suspensión actúa entre el chasis y las ruedas, las cuales reciben de forma directa las irregularidades de la superficie transitada.

2.3.5. Transmisiones

El sistema de transmisión es el conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices.

Con este sistema también se consigue variar la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas. Esta relación varía en función de las circunstancias del momento (carga transportada y el trazado de la calzada). Según como intervenga la relación de transmisión, el eje de salida de la caja de velocidades (eje secundario) puede girar a las mismas revoluciones, a más o a menos que el cigüeñal.

El cigüeñal es una de las partes básicas del motor de un coche. A través de este se puede convertir el movimiento lineal de los émbolos en uno rotativo, lo que supone algo muy importante para desarrollar la tracción final a base de ruedas; además de recibir todos los impulsos irregulares que proporcionan los pistones para después convertirlos en un giro que ya es regular y equilibrado, unificando toda la energía mecánica que se acumulan en cada una de las combustiones.

Si el árbol de transmisión gira más despacio que el cigüeñal, se dice que se ha producido una desmultiplicación o reducción y en caso contrario una multiplicación o súper marcha.

2.3.5.1. Eje cardán

Es un componente mecánico, su objetivo es transmitir el movimiento de rotación de un eje al otro a pesar de la no colinealidad. En los camiones de motor se suele utilizar como parte del árbol de transmisión, que lleva la fuerza desde el motor situado en la parte delantera del camión hacia las ruedas traseras. El principal problema que genera el cardán es que, por su configuración, el eje al que se le transmite el movimiento no gira a una velocidad angular constante. No obstante, si se colocan dos en serie y el principio y el final del árbol total se encuentran paralelos (como es el caso general de los vehículos de tracción trasera), estas diferencias se anulan.

En la actualidad, la configuración más común en los automóviles es el motor delantero transversal con tracción delantera. En esta configuración, así como en otras en que el motor se ubica cerca de las ruedas motrices, no se utiliza el cardán. En estos casos la fuerza se transmite típicamente mediante semiejes y juntas homocinéticas.

El cardán es fácilmente observable en camiones por su tamaño abultado, en los que el árbol de transmisión se observa como una larga pieza de metal que rota sobre sí misma cuando el vehículo está en marcha. Está ubicada longitudinalmente entre el motor y el tren trasero donde están montadas las ruedas, se puede observar un cardán típicamente en el acople con el diferencial o a la salida de la caja de cambios.

El cardán se compone de tres partes principales: los rodillos, las horquillas y la cruceta.

2.3.5.2. Uniones universales

La unión universal es necesaria para dar flexibilidad a las maniobras de manejo; la característica de funcionamiento de esta transmisión es el agarre del camión contra el suelo, eliminando el deslizamiento.

2.3.6. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico automotriz se encarga del encendido del motor, de su control y monitoreo para un funcionamiento óptimo, carga de la batería del camión durante el funcionamiento del motor, luces frontales y posteriores, luces de maniobras, generación de alto voltaje para producir chispas en las bujías, control de inyección del combustible al motor.

- Generador o alternador

Cuando el motor del camión se enciende, parte de la energía mecánica del motor se transfiere al generador o alternador mediante una correa trapezoidal para generar electricidad.

La electricidad generada es usada para cargar la batería y para el funcionamiento del sistema eléctrico automotriz.

El voltaje generado es alterno trifásico, luego se rectifica y se entrega a un regulador de voltaje que estabiliza el voltaje en unos 13,8 V para cargar la batería.

Cuando la correa se rompe entonces la batería proporciona por un par de horas máximo toda la energía eléctrica que hace funcionar el camión, luego de eso la carga se agota y el motor termina deteniéndose.

Un generador eléctrico típico entrega 13,8V con una corriente máxima de unos 70A hasta 100A dependiendo de los requerimientos del camión.

- Computadora, ECM o ECU

La computadora del camión se conoce también como ECM: *electronic control module* o módulo de control electrónico, ECU: *electronic control unit* o unidad de control electrónico.

La computadora/ECM/ECU se encuentra dentro de una caja metálica de aluminio que se ubica muchas veces bajo el tablero de instrumentos del conductor, en el compartimiento del motor o en la pared que queda entre el compartimiento del motor y la cabina de pasajeros.

Normalmente está sujeta mecánicamente con pernos y abrazaderas al chasis del camión; posee uno o varios conectores de gran tamaño de donde salen grupos de cables hacia las diferentes partes del camión.

Posee varios puntos de conexión de tierra a más de la conexión directa al chasis con los pernos y abrazaderas de sujeción; el voltaje de alimentación de 12V se hace por medio de uno o dos fusibles externos que están alojados en la caja de fusibles del motor.

No está demás decir que la computadora/ECM/ECU controla todas las funciones de encendido y funcionamiento del motor y que cuando la computadora falla no se encenderá el motor de ninguna manera, aunque las fallas de la computadora se pueden deber más bien a fallas de conectores y cableado pues la computadora se construye de manera muy robusta.

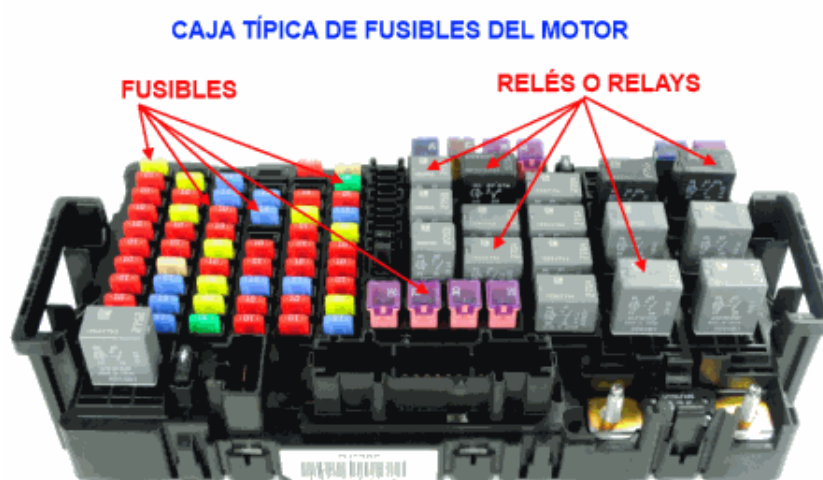
La computadora/ECM/ECU tiene básicamente dos programas de funcionamiento: el principal que monitorea y controla el motor y demás periféricos en circunstancias normales de operación, mientras que el programa secundario entra en ejecución cuando algún sensor o actuador del motor falla, la función del programa secundario es mantener encendido el motor dentro de lo posible.

El motor de un camión tiene una serie de sensores que brindan información que es enviada a la computadora/ECM/ECU que toma decisiones para cambiar los parámetros de operación del motor en función de los requerimientos de carga, velocidad y potencia

- Cajas de fusibles y relés

Los circuitos eléctricos del automóvil deben estar protegidos para cortocircuitos y sobrecorrientes por medio de fusibles que se hallan distribuidos en dos cajas: una de ellas está dentro de la cabina de pasajeros bajo el panel de instrumentos o en un costado; la segunda caja está localizada en el compartimiento del motor.

Figura 14. **Caja de fusibles**



Fuente: Diagramas eléctricos. <http://www.autodaewoospark.com/imagenes/diagramas-electricos/caja-fusibles-tipica-motor.png> Consulta: 3 de septiembre de 2014.

- Cada caja de fusibles tiene una tapa en la que se están etiquetados el nombre del circuito que protegen, el valor de corriente y la ubicación dentro de la caja.

La caja de fusibles del motor también aloja una serie de relés o relays, cuya función es controlar una serie de elementos del vehículo: encendido general, luces delanteras y posteriores, bomba de combustible, circuito de

ignición, ventilador del sistema de aire acondicionado-calefacción, aire acondicionado, motor de arranque entre los principales.

Unos relés son controlados por la computadora del camión - bomba de gasolina, por ejemplo; mientras que otros son controlados indirectamente por el usuario: motor de arranque y luces, por ejemplo.

Toda caja de fusibles tiene un par de fusibles de repuesto y una pequeña pinza plástica que es usada para el reemplazo de los fusibles dañados.

Cuando un fusible se daña debe reemplazarse por uno de iguales características que el original para evitar daño en los equipos y evitar posibles cortocircuitos que ocasionen incendio eléctrico.

- La batería

Proporciona la energía eléctrica inicial para poner en marcha el sistema eléctrico, la computadora, el motor de arranque y el motor de combustión.

Al encenderse el motor el generador o alternador genera voltaje y corriente para cargar la batería y mantenerla cargada.

Generalmente las baterías para automóviles son de 12 voltios (V), una capacidad de corriente expresada en amperios-hora (Ah) que varía según los requerimientos del motor y los accesorios y una corriente de arranque de corta duración, usada principalmente para el encendido del motor de arranque.

Capacidades típicas de corriente de una batería van desde unos 30 Ah para automóviles pequeños y sin más que un pequeño radio como accesorios

hasta capacidades de unos 100 Ah para automóviles más grandes con varios accesorios: aire acondicionado, luces antiniebla, amplificadores de audio de alta potencia y otros accesorios.

La corriente de arranque de una batería también es muy importante a la hora de encender el automóvil, pues un motor de arranque requiere picos de corriente de corta duración de cientos de amperios, por lo que una batería típica debe tener los siguientes parámetros para un automóvil mediano equipado con aire acondicionado:

- Voltaje: 12 V
- Capacidad de corriente: 80 Ah
- Corriente de arranque: 600 A

2.3.7. Sistema de combustible

El sistema de combustible lo alimenta una bomba de inyección capaz de elevar la presión del combustible hasta un nivel lo bastante elevado para que al ser inyectado en el motor esté lo suficientemente pulverizado.

La bomba de inyección recibe el movimiento desde el motor generalmente a través de un accionamiento como el eje de levas. Este no tiene circuito eléctrico por lo que la presión se regula mediante un tornillo; internamente tiene un émbolo ajustado normalmente a 2 micras con dos movimientos simultáneos: axial para comprimir el combustible y rotativo para distribuir. El sistema de combustible consta de:

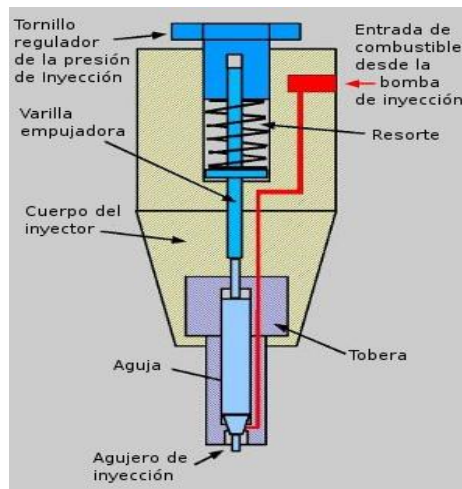
- El depósito de combustible
- El filtro de combustible

- Tubería de conducción de combustible
- Bomba de inyección de combustible
- Tubería de alta presión
- Inyectores de combustible

Sistema de inyección de combustible: la bomba de inyección bombea el combustible por medio de la tubería de alta presión hacia los inyectores. Cada inyector se alimenta por un orificio de entrada, el combustible se conduce dentro del inyector a través de conductos perforados en el cuerpo del inyector hasta llegar a una aguja en la parte inferior que obstruye el orificio de salida en la tobera. Un resorte se encarga de presionar la aguja a través de una varilla para mantener cerrado el agujero de inyección. Cuando la presión enviada por la bomba de inyección crece lo suficiente es capaz de vencer la fuerza del resorte y levanta la aguja, de esta forma se abre el ducto de acceso a la cámara de combustión y el combustible sale pulverizado por el extremo inferior. La inyección corre a cargo de los inyectores de alta presión que consta de:

- Entrada de combustible
- Tornillo regulador de presión
- Resorte
- Cuerpo del inyector
- Tobera
- Aguja
- Agujero de inyección

Figura 15. **Esquema de inyector de combustible**



Fuente: OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones*. p. 470.

2.3.8. Chasis

El chasis o chasis, que no se debe confundir con la carrocería, consiste en una estructura interna que sostiene y aporta rigidez y forma a un vehículo u objeto en su construcción y uso. Para el caso de un vehículo, consta de un armazón que integra entre sí y sujeta los componentes mecánicos, como el grupo motopropulsor y la suspensión de las ruedas y el motor, incluyendo la carrocería.

2.3.9. Llantas

Las llantas constituyen un elemento fundamental del camión, por lo cual es importante que se usen las adecuadas. Al ser responsables de la tracción del camión, juegan un papel fundamental en el frenado y, por consiguiente, en la seguridad.

Existen diferentes tipos de llantas; destacan las radiales y las convencionales. Las llantas radiales son las más avanzadas y normalmente las que ofrecen menor resistencia a la rodadura que genera un menor consumo de combustible y ofrece mejores condiciones de maniobrabilidad.

Un factor que incide directamente sobre el consumo de combustible es la resistencia que se genera entre el vehículo, a través de sus llantas, y la vía. En la medida en que esta resistencia sea mayor, el camión debe hacer un mayor esfuerzo y, por consiguiente, consumir más combustible. Algunos de los factores que inciden directamente en la resistencia a la rodadura son los siguientes:

- Llantas desinfladas (se debe mantener la presión indicada por los fabricantes).
- Camión desalineado.
- Condiciones de la vía (pavimentada, afirmada, destapada).
- Estado de las llantas.
- Falta de alineación del eje trasero.

2.3.9.1. Características de las llantas

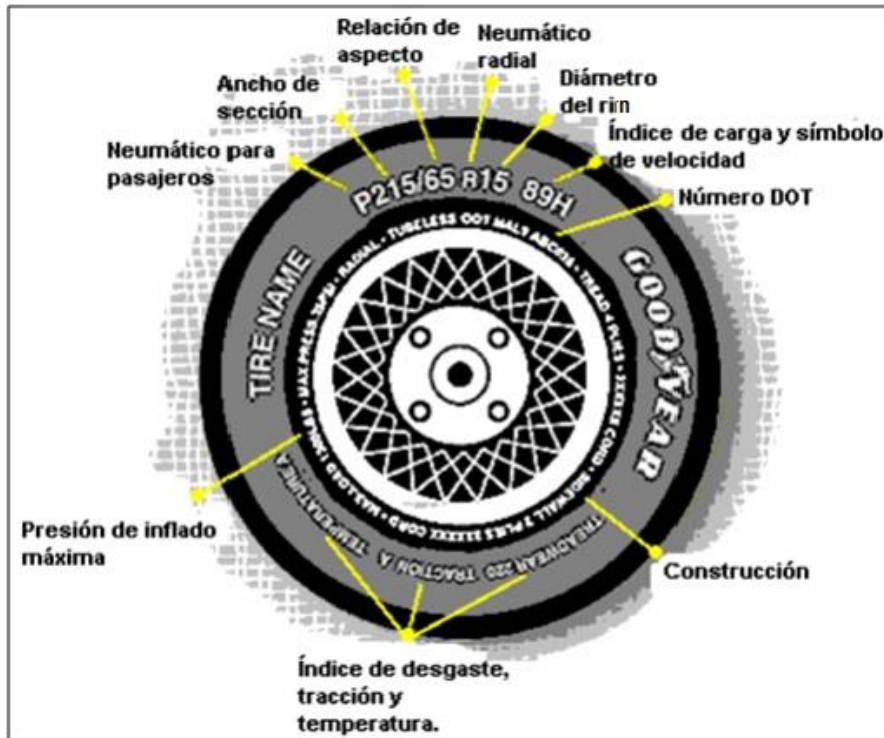
Existen varios tipos de neumáticos para cada estación del año. De igual manera, en el caso de neumáticos para camiones, estos presentan diseños de acuerdo a la posición que ocuparán en el vehículo.

A continuación se describen de manera general las características de dichos neumáticos.

- Neumáticos para autopistas: también llamados neumáticos para verano, están diseñadas para proporcionar la tracción adecuada al vehículo en caminos tanto lluviosos como secos.
- Neumáticos para nieve: proveen máxima tracción en condiciones donde el camino es cubierto por una capa de hielo. La banda rodante está diseñada para proporcionar el máximo agarre en estas condiciones; además, está construida de un material especial que le permite trabajar en climas helados.
- Neumáticos para toda temporada: están diseñados para ser operados en condiciones lluviosas así como de nevadas. Proporcionan una buena manejabilidad y ofrecen los beneficios de los neumáticos para autopistas.

Nomenclatura: a pesar de su aspecto misterioso, las letras y símbolos que aparecen moldeados en el costado del neumático proporcionan información muy útil que se deberá conocer. Estos códigos proporcionan información del tamaño y dimensión del neumático como es el ancho de sección, relación de aspecto, tipo de construcción, diámetro del rin, presión máxima de inflado, avisos importantes de seguridad e información adicional.

Figura 16. Nomenclatura de un neumático



215: representa la anchura máxima entre costados de la llanta en milímetros.

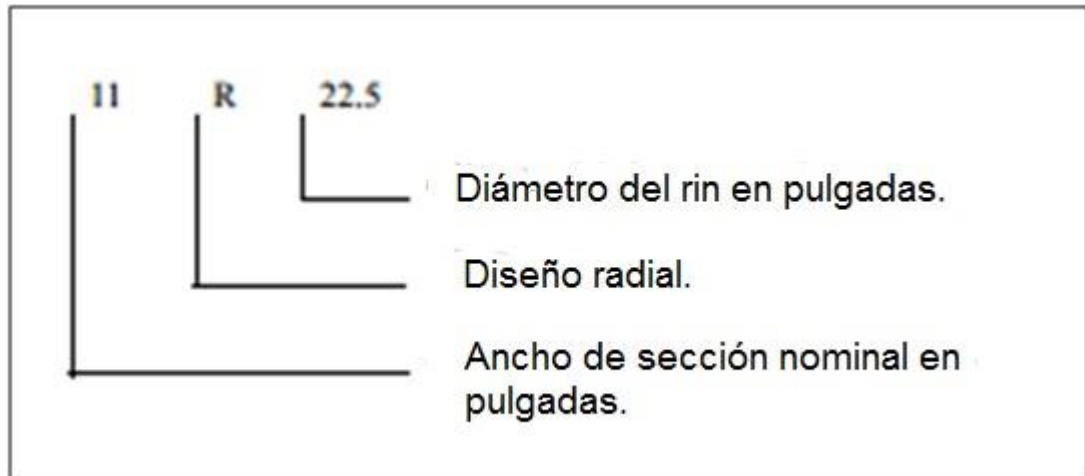
65: rs la relación entre la altura y la anchura de la llanta y se le llama relación de aspecto. R: significa la construcción radial del neumático.

15: es el diámetro del rin en pulgadas.

P: indica el uso para automóviles de pasajeros.

Fuente: Tire learn. http://www.goodyear.cl/tire_know/tire_learn/ .Consulta: 2 de agosto de 2014.

Figura 17. **Designación de tamaños de neumáticos para camiones medianos y pesados**



Fuente: Firestone. *Manual de información técnica para llantas de camión*. p. 28.

2.3.9.2. Causas de daños en las llantas

- Para mantener en condiciones óptimas las llantas se debe realizar una alineación, un servicio indispensable para mantener la estabilidad y durabilidad del neumático. Debe hacerse aproximadamente cada 10 000 km. Una mala alineación suele ser la mayor causa de desgastes irregulares, sobre todo si el neumático presenta ángulos de convergencia y divergencia, según el caso. Si la dirección tiende a irse de un lado a otro o el volante tiene demasiado movimiento y no regresa a su posición original después de un giro, con seguridad los neumáticos delanteros están desalineados.
- Balanceo: las llantas fuera de balanceo pueden perder miles de kilómetros de vida útil. Para lograr el mejor desempeño de una llanta es necesario que el peso del conjunto llanta-rin esté distribuido

uniformemente. Una parte pesada en la llanta y el ensamble (conjunto llanta-rin) deberá ser balanceada con precisión. Este es un procedimiento en el cual se ajustan los pesos de la llanta y del rin para mantener un equilibrio correcto entre ambos. Existen dos tipos de balanceo: el primero es el estático: se colocan pequeños pesos en el rin para contrarrestar este desequilibrio; el otro tipo es el dinámico: toma en cuenta la distribución del peso que debe añadirse a la rueda para lograr estabilidad. Si las ruedas no están balanceadas sufrirán desgaste prematuro, además, de producir vibraciones e incomodidad al conducir

Figura 18. **Desgaste de las llantas**



Fuente: Firestone. *Manual de información técnica para llantas de camión.* p.62

2.4. Repuestos

Los repuestos representan una parte fundamental en la vida de los motores ya que cada pieza tiene su tiempo de vida útil con base en sus funcionamiento, desgaste, exposición a calor, humedad, esfuerzo.

2.4.1. Lubricantes

Los aceites empleados para la lubricación de los motores pueden ser tanto minerales sintéticos. Las principales condiciones o propiedades del aceite

usado para la lubricación de motores son: resistencia al calor, resistencia a las altas presiones, anticorrosivo, antioxidante y detergente. Por su densidad: espesos, extradensos, densos, semidensos, semifluidos, fluidos y muy fluidos. Por sus propiedades, los aceites se clasifican en: aceite normal, aceite de primera, aceite detergente y aceite multigrado (puede emplearse en cualquier tiempo), permitiendo un arranque fácil a cualquier temperatura.

Los aceites sintéticos tienen la propiedad detergente y multigrada.

Existen en el mercado unos aditivos que suelen añadirse al aceite para mejorarlo o darle determinadas propiedades. El fin de estos aditivos es que el polvo de estos productos se adhiera a las partículas en contacto, haciéndolas resbaladizas. Los puntos principales a engrasar en un motor son:

- Paredes de cilindro y pistón
- Bancadas del cigüeñal
- Pié de biela
- Árbol de levas
- Eje de balancines
- Engranajes de la distribución
- Características del aceite

Una de las funciones básicas que debe tener toda sustancia que se emplee como lubricante es la de reducir la fricción sólida y, por tanto, el desgaste a los valores más bajos posibles.

El rozamiento metal sobre metal (frotamiento en seco) conduce rápidamente al gripaje (soldadura de la asperezas de las superficies en contacto). Para evitarlo se debe establecer una película de aceite entre las

superficies metálicas que se desplazan una sobre la otra (lubricación hidrodinámica). Esta película de aceite debe ser lo suficientemente fluida en frío para no producir un aumento de las resistencias, pero lo suficientemente viscosa a alta temperatura para conservar el espesor requerido para funcionar en caliente. Esta función está determinada por el grado de viscosidad.

El aceite debe controlar los depósitos sobre las partes calientes en el motor que se producen por efecto de los productos de la combustión así como por la descomposición (volatilidad) del mismo; es esta la característica detergente.

En el aceite se deben mantener en dispersión coloidal las partículas sólidas provenientes de la combustión, desgastes y partículas introducidas en el aire de admisión, para evitar el taponado de los conductos. Es la característica dispersante.

El aceite debe neutralizar los productos ácidos que provienen de la combustión o de la oxidación (anhídrido sulfuroso, agua condensada en las partes frías). Es la característica alcalinidad.

Debe tener la característica de inhibidor de la corrosión para evitar la creación de pares galvánicos que producen desgastes corrosivos. A continuación se presentan los aceites utilizados en el transporte pesado.

- Aceite SAE 15W-40: es recomendado para motores a diésel naturalmente aspirados, turbo cargados y a gasolina de cuatro tiempos en el que la categoría de servicio API CJ-4, API CI-4 PLUS o API CI-4 y el grado de viscosidad SAE 15W-40 son recomendados. Es un aceite para motores de gran potencia, específicamente formulado para

aplicaciones dentro/fuera de carretera utilizando diésel con alto o bajo nivel de azufre, que también proporciona protección para los motores que tienen reducción catalítica selectiva (SCR), filtro de partículas diésel (DPF) y recirculación de gases del escape (EGR). Es completamente compatible con modelos de motores anteriores y categorías previas de servicios de aceite del API.

Tabla VI. **Especificaciones aceite 15w-40**

Densidad a 15 °C, kg/L	0,8806
Viscosidad, cinemática cSt a 40 °C cSt a 100 °C	111,8 14,7
Viscosidad, arranque en Frío, °C/cP	-20/6400
Viscosidad, MRV, °C/cP	-25/26.400
Índice de viscosidad	135
Punto de inflamación, °C(°F), mínimo punto de inflamación, °C(°F), mínimo	> 204(399)
Punto de escurrimiento, °C(°F)	-33(-27)
Ceniza sulfatada, wt %	1
Número base, mgKOH/g, ASTM D2896	9,9
Fósforo, wt %	0,12
Azufre, wt %	0,32
Zinc, wt %	0,13

Fuente: PDSDetailPage.

<https://cglapps.chevron.com/msdspds/PDSDetailPage.aspx?docDataId=331236&docFormat=P>

DF Consulta: 10 de agosto de 2014.

- El aceite SAE 5W-30: se recomienda para motores de flotas mixtas para motores diésel de cuatro tiempos, atmosféricos y turboalimentados, y motores de gasolina de cuatro tiempos, en los cuales se recomiendan categorías de servicio API CJ-4 o API SN, y un grado de viscosidad SAE 5W-30. Está formulado para motores que funcionan en servicios

exigentes, para los cuales se especifica un aceite SAE 5W-30. Es excelente para utilizarlos en motores avanzados, desarrollados para cumplir con las nuevas normativas de confiabilidad y emisiones, en motores equipados con características como superalimentación, turboalimentación, inyección directa, densidad de mayor potencia, intercooler, control electrónico total de sistemas de combustibles y emisiones, reducción catalítica selectiva de emisiones, recirculación de gases de escape y filtros de partículas de salida.

Tabla VII. **Especificaciones aceite 5w-30**

Densidad a 15 °C, kg/L	0,85
Viscosidad, cinemática mm ² /s a 100 °C	11,9
Viscosidad, arranque en frío, °C/mPa.s	-30/5800
Índice de viscosidad	165
Punto de inflamación, °C(°F)	226(439)
Punto de escurrimiento, °C(°F)	-51(-60)
Ceniza sulfatada, masa %	1
Número base, mgKOH/g, ASTM D2896	9,8
Fósforo, masa %	0,07
Azufre, masa %	0,27
Zinc, masa %	0,082

Fuente: PDSDetailPage.

<https://cglapps.chevron.com/msdspds/PDSDetailPage.aspx?docDataId=331236&docFormat=P>

DF. Consulta: 10 de agosto de 2014.

- El aceite SAE 5W-40: es un aceite para motores de flotillas mixtas recomendado para motores de cuatro tiempos a diésel naturalmente aspirados o turbo cargados y motores de cuatro tiempos a gasolina en los que se recomiendan las categorías de servicio API CJ-4 o API SN y

los grado de viscosidad SAE 5W-40. Está formulado para motores operando bajo condiciones de servicio severo y un amplio rango de condiciones climáticas. Es excelente para el uso en nuevos motores avanzados desarrollados para satisfacer los estándares de emisiones 2010 y en motores equipados con características como: cabezas de cuatro válvulas, súper cargados, turbo cargados, inyección directa, coronas de pistón más cortas, densidad de poder más alta, interenfriamiento, administración electrónica completa de los sistemas de combustible y emisiones, recirculación de gases del escape y filtros de partículas del escape. Está formulado para un desempeño excepcional con muchos combustibles, incluyendo combustibles diésel bajos en azufre y diésel ultra bajos en azufre.

Tabla VIII. **Especificaciones aceite 5w-40**

Densidad a 15°C, kg/L	0,858
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	90,0 14,6
Viscosidad, Arranque en Frío, °C/cP	-30/6100
Viscosidad, MRV, °C/cP	-25/26.400
Índice de Viscosidad	169
Punto de Inflamación, °C(°F)	222(432)
Punto de Esgurrimiento, °C(°F)	-47(-53)
Ceniza Sulfatada, wt %	1
Número Base, mgKOH/g, ASTM D2896	10,5
Fósforo, masa %	0,116
Zinc, masa %	0,127

Fuente: PDSDetailPage.

<https://cglapps.chevron.com/msdspds/PDSDetailPage.aspx?docDataId=331236&docFormat=P>

DF. Consulta: 10 de agosto de 2014.

2.4.2. Filtros

Todos los filtros, independientemente, del sistema en el cual se montan, tienen la misma función: impedir el paso de las impurezas y retener dichas partículas.

En el ambiente existen partículas de contaminación que dañan los motores en movimiento y estacionarios, las cuales se encuentran en el polvo, humo negro (smog) y en la humedad.

- El polvo: es un abrasivo (lija) muy dañino que dentro del motor desgasta guías de válvulas, anillos, pistones y block.
- El smog: es un contaminante que tapa con mayor rapidez los filtros para aire.
- La humedad: contamina el aceite (provoca oxidación).

Para motores de combustión interna existen tres tipos de filtración, necesarios e indispensables en cada motor:

- Aire: los motores de combustión interna requieren de suficiente oxígeno para trabajar de manera adecuada; el oxígeno lo toman del aire, sin embargo, el filtro debe tener la capacidad de retener las partículas dañinas (polvo y humo negro) para evitar que se introduzcan en el motor y le cause daño; además, debe permitir que el flujo de aire sea suficiente para el perfecto funcionamiento del motor. La vida del filtro para aire depende directamente del ambiente de trabajo, sin embargo, en condiciones como las nuestras es recomendable reemplazarlo cada 5 000 kilómetros. Debe observarse que los indicadores que a

continuación se anotara, son los parámetros que señalan que el filtro para aire debe ser reemplazado:

- Exceso en el consumo de combustible (gasolina o diésel)
 - Pérdida de fuerza (su desplazamiento es lento)
 - Recalentamiento del motor
 - Arranque dificultoso
 - Humo negro por el escape (en motores diésel)
-
- Aceite: el filtro para aceite debe retener partículas mayores de 17 micrones para poder purificar el aceite del motor y garantizar un mínimo desgaste en especial al cigüeñal y sus cojinetes. El aceite dentro del motor es expuesto a altas temperaturas y esfuerzos de corte provocando degradación térmica en el mismo, y se contamina principalmente por las impurezas que llegan de la cámara de combustión, a través de un filtro para aire de mala calidad; por eso se le da mucha importancia al filtro para aire porque al llegar aire limpio al motor la contaminación es menor. El filtro para aceite debe capturar todas las impurezas que permite que el aceite dentro del motor se mantenga limpio y evitar el desgaste en el motor. el reemplazo de un filtro para aceite debe hacerse cada 5 000 kilómetros en vehículos de uso normal.

 - Combustible: los combustibles no están libres de impurezas ya que pueden ser contaminados durante el proceso de transporte, almacenaje o dentro del mismo tanque de combustible del vehículo. Los sistemas de inyección actuales funcionan mediante válvulas solenoides (inyectores) de aperturas muy pequeñas que pueden ser obstruidas por las impurezas que afectan el buen funcionamiento del vehículo. Por estas razones el combustible debe ser filtrado antes de ser enviado al sistema

de combustión del motor, manteniendo con esto limpio el sistema del combustible, aumentando la vida y la eficiencia del motor.

2.4.3. Refrigerantes

El refrigerante entra en contacto con las superficies metálicas calientes en el interior del motor y las enfría, calentándose al hacerlo. Fluye luego al radiador donde entrega el calor que extrajo, quedando entonces listo para volver al motor a seguir extrayendo el calor.

El refrigerante para uso en motores de gas natural de tareas pesadas que requieren mejor rendimiento de transferencia de calor y protección de larga vida útil para el sistema de enfriamiento en una amplia gama de condiciones de funcionamiento.

Al utilizar un refrigerante con una fórmula libre de silicatos proporciona mejor transferencia de calor en comparación con los refrigerantes de motores de gas estacionario tradicionales que generalmente contienen silicatos. En comparación con refrigerantes tradicionales de motores de gas estacionario 50/50 tradicionales hay, un rendimiento de transferencia de calor aún mejor.

Las ensambladoras no recomiendan usar agua en el sistema de refrigeración de los camiones, dado que las aleaciones de los metales que conforman los motores son más livianos; el grado de corrosión que causa el agua con el tiempo llevará a daños severos en el motor de los camiones.

Para esa razón, es necesario utilizar un líquido diferente que no produzca corrosión en el sistema.

Al adquirir el refrigerante es importante verificar que sea de una marca reconocida y que tenga las normas internacionales de calidad, ya que el refrigerante contiene aguas tratadas que garantizan su calidad y efectividad en el camión.

Para mantener el sistema de enfriamiento del motor en óptimas condiciones es conveniente realizar un procedimiento adecuado siguiendo los siguientes pasos:

- Hacer una prueba hidrostática: aplicar las libras de presión que tiene la tapa original del camión en el sistema de enfriamiento para saber dónde hay fugas y corregirlas.
- Realizar un enjuague: limpiar completamente el sistema para quitar el óxido que se ha acumulado por el uso de agua.
- Aplicar inhibidor de corrosión: recomendado utilizarlo solo durante una semana con el fin de acabar de limpiar el sistema.
- Usar el refrigerante: después de realizar el anterior proceso, aplicar el refrigerante adecuado para el camión.
- Utilizar la tapa del radiador original o que haya sido fabricada para las libras de presión que se generan en su camión.

Tabla IX. **Especificaciones del refrigerante**

Apariencia	Rojo
Gravedad específica 15/15 °C	1,06
Punto de congelación, °F/°C, ASTM D1177	-12/-24
Protección contra ebullición, °F/°C (usando una tapa de presión de 15 lb)	262/128
pH, ASTM D1287	8,3
Alcalinidad de reserva ASTM D1121	6,0

Fuente: PDSDetailPage.

<https://cglapps.chevron.com/msdspds/PDSDetailPage.aspx?docDataId=331236&docFormat=P>

DF. Consulta 27 de marzo de 2015.

3. SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE FLOTA

3.1. Estado actual de la flota

Actualmente, la flota no cuenta con un programa de mantenimiento dado que las inspecciones no son periódicas; las revisiones de estado mecánico son efectuadas por el personal operativo.

3.2. Plan de mantenimiento

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento de servicio de la flota de operaciones de la empresa en estudio.

El mantenimiento regular de la flota de cabezales Freightliner ayudará a garantizar que el vehículo dé un servicio fiable y seguro, un funcionamiento óptimo durante muchos años. No seguir un régimen de mantenimiento regular puede dar lugar a un funcionamiento ineficaz y períodos no programados de paralización.

3.2.1. Periodos de mantenimiento

El periodo de mantenimiento se basa en las especificaciones técnicas del fabricante quien determinar el tiempo en kilómetros y/o millas para realizar los servicios.

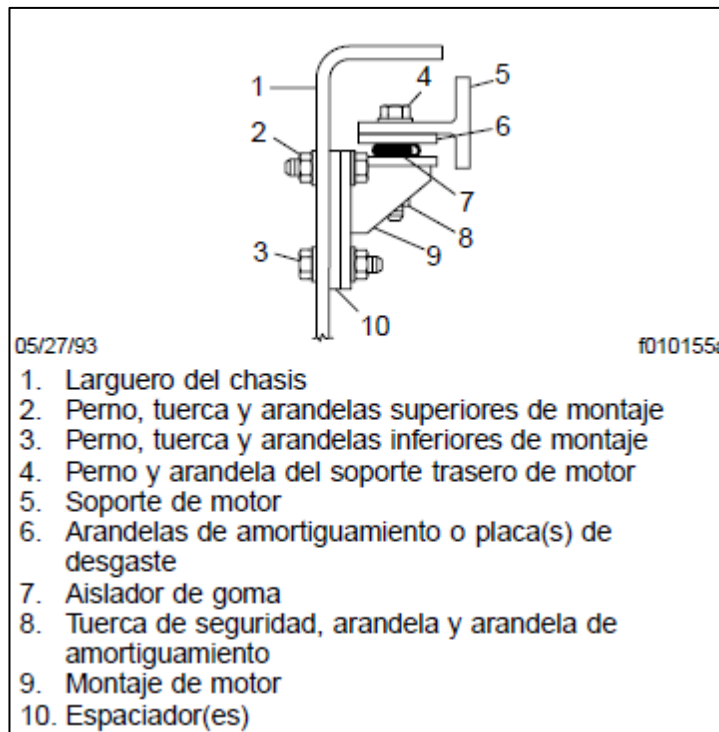
- Categoría de servicio I (servicio severo): se aplica a aquellos vehículos que recorren menos de 6 000 millas (10 000 kilómetros) al año o que operan en condiciones extremas. Algunos ejemplos de servicio severo correspondientes a la categoría I incluyen: operación en caminos en muy mal estado o donde hay gran acumulación de polvo; exposición constante al calor o al frío extremados o aire salobre u otros tipos de clima extremado; recorridos frecuentes de corta distancia; operación en zonas de construcción: operación en ciudad y operación agrícola.
- Categoría de servicio II (rutas de corta distancia): se aplica a aquellos vehículos que recorren menos de 60 000 millas (100 000 kilómetros) al año y que operan en condiciones normales. Algunos ejemplos de usos que corresponden a la categoría II son: operación principalmente en ciudades y áreas densamente pobladas; transporte local con pocos viajes por autopista; un porcentaje alto de viajes con paradas frecuentes.
- Categoría de servicio III (rutas de larga distancia): corresponde a aquellos vehículos que recorren más de 60 000 millas (100 000 kilómetros) al año con un mínimo de operación en ciudad o en rutas con paradas frecuentes. Algunos ejemplos de usos que corresponden a la Categoría III son: entregas regionales con la mayoría del kilometraje por autopista; transporte entre un estado y otro; o cualquier uso en carretera que dé por resultado un kilometraje anual elevado.

3.2.2. Servicio menor

A continuación se presentan los servicios a realizar con base en las especificaciones del fabricante.

- Revisión del ensamble del soporte trasero del motor.
 - Revisar visualmente los aisladores de goma para ver si tienen grietas, cortes u otros daños. Reemplazarlos si están dañados. Además, los aisladores deben reemplazarse en cada reparación general del motor y cada vez que se retire el motor del vehículo.
 - Revisar los sujetadores de los soportes traseros de motor para ver si están bien apretados.

Figura 19. **Ensamble del soporte trasero de motor, FLA, FLB y FLD**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*. p. 49.

- Inspección de los paneles amortiguadores de ruido del motor (control anti ruido).

Si así está equipado, revisar los paneles amortiguadores de ruido del motor para ver si están rotos. Si están rotos los paneles, reemplazarlos con unos nuevos; referirse al manual de servicio del vehículo para los procedimientos. Los motores Cummins M11 y N14, y los de las Series 55 y 60 de Detroit Diesel no tienen paneles amortiguadores de ruido del motor.

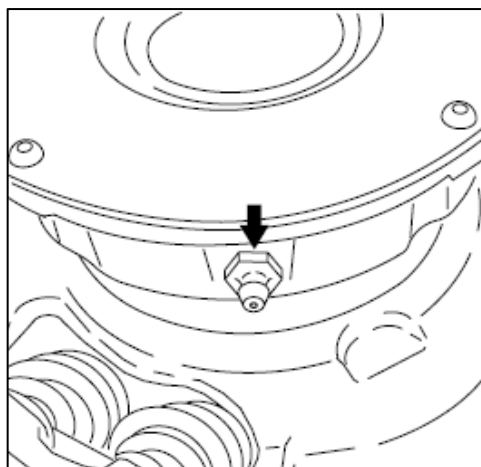
- Revisión del alternador, de las baterías y del arrancador.
 - Revisar la torsión de los sujetadores del soporte del alternador; apretar los sujetadores según sea necesario.
 - Revisar la tensión de la banda de impulsión del alternador. Utilizar un medidor de tensión en la distancia más larga entre poleas de dicha banda y ajustarla si es necesario. Revisar ambas bandas para ver si la tensión es la correcta. Los motores equipados con una banda serpentina o en "V" múltiples tienen tensores de banda automáticos y no requieren revisión de la tensión de banda.
 - Revisar todas las conexiones eléctricas en el alternador y en el arrancador para ver si están limpias. Limpiar y apretar todas las conexiones eléctricas del sistema de carga según sea necesario.
 - Inspeccionar los cables de las baterías para ver si están gastados y reemplazar según sea necesario.

- Limpiar los terminales de los conectores de los cables con un cepillo de alambre.
- Limpiar y sujetar el cable, terminal y las abrazaderas de la conexión a tierra de las baterías.
- Revisar el ensamble retenedor (o los dispositivos de anclaje de las baterías) y la caja de las baterías. Reemplazar las piezas gastadas o dañadas. Quitar cualquier corrosión con un cepillo de alambre lavar el ensamble con una solución diluida de bicarbonato sódico con agua. Enjuagar con agua limpia y secarlo. Pintar el ensamble retenedor, si es necesario, para evitar su oxidación.
- Asegurarse de quitar cualquier objeto extraño de la caja de las baterías tal como piedras, tornillos y tuercas.
- Después de haber limpiado el ensamble, conectar los cables a las baterías y apretarlos al valor de torsión indicado en la batería, generalmente de 10 a 15 lbf_ft (14 a 20 N_m).
- Pulverizar esmalte rojo dieléctrico sobre cada una de las conexiones y cubrir los terminales de las baterías con grasa dieléctrica.
- Enfriamiento del motor-radiador.
 - Utilizar un medidor de prueba para revisar la tapa del radiador para ver si mantiene una presión de por lo menos 9 psi (62 kPa); si no es así, reemplazar la tapa.

- Hay una segunda válvula en la tapa del radiador que se abre cuando baja la presión interna y se crea un vacío. Esto evita que colapsen las mangueras y otras piezas que no tienen soporte interno cuando el sistema se enfría. Revisar la válvula relevadora del vacío para asegurarse de que no esté atascada.
- Asegurar de que la tapa haga un buen sellado en el asiento del cuello de llenado del radiador y que la junta de la tapa del radiador no está dañada. Reemplazar la tapa si la junta se ve deteriorada o dañada.
- Enjuagar a presión el radiador y cambiar el líquido refrigerante.
 - Si es necesario, retirar la cubierta aerodinámica del parachoques delantero.
 - Drenar el radiador de la siguiente manera:
 - Para un sistema de enfriamiento de flujo bajo, desconectar las mangueras de entrada y de salida del tanque inferior del radiador, apretar la tapa de radiador. Conectar la boquilla de la pistola de enjuague a la manguera de salida.
 - Para un sistema de enfriamiento de flujo alto, desconectar las mangueras superior e inferior del radiador y apretar la tapa del radiador. Conectar la boquilla de la pistola de enjuague a la manguera inferior.

- Lubricación del collarín del embrague.
 - Para un embrague con collarín sellado, este se lubrica a la hora de su fabricación y no requiere grasa adicional durante su vida útil. Este tipo de collarín no está equipado con una grasera.
 - Si el collarín no está equipado con una extensión de la grasera que sobresalga de la cubierta de campana, lubricar el collarín con el motor parado. Si está equipado con una extensión de la grasera que sobresalga de la cubierta de campana, lubrique el collarín con el motor en funcionamiento.
 - Utilizar una pistola de presión y solamente grasa para altas temperaturas para lubricar el collarín por la grasera hasta que la grasa empiece a salir del acople.

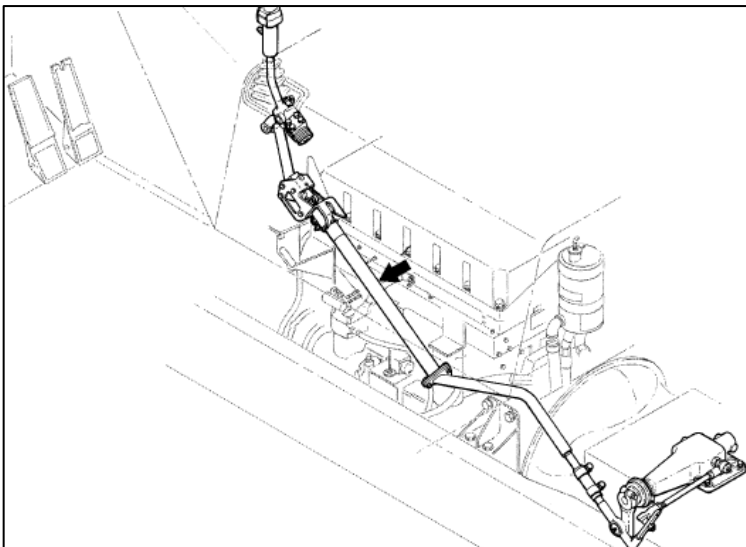
Figura 20. **Grasadera del collarín**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*. p. 72.

- Transmisión
 - Lubricación e inspección de los tubos telescópicos del control de cambios, FLA y FLB.
 - Poner los frenos de estacionamiento y bloquear los neumáticos.
 - Inclinar la cabina hasta la posición completamente inclinada.
 - Limpiar los tubos telescópicos con un paño limpio.

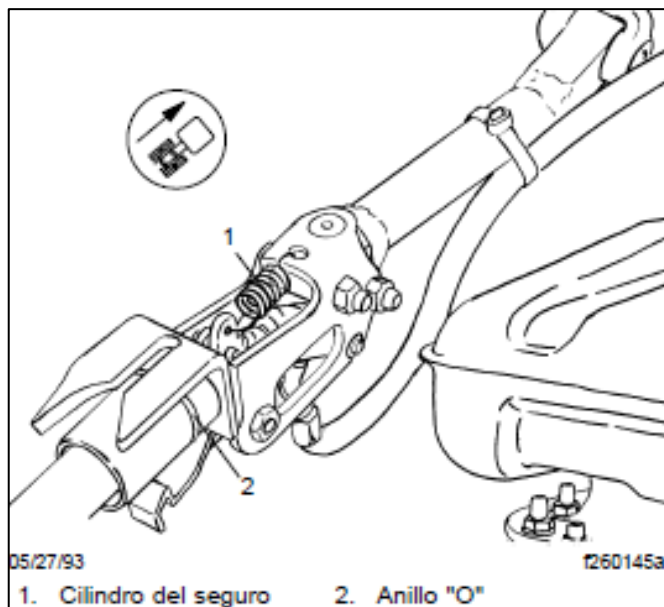
Figura 21. **Tubos telescópicos del control de cambios montado en el túnel del FLA y FLB**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 77.

- Revisar los tubos telescópicos para ver si están desgastados o dañados. Si lo están, reemplazarlos con tubos nuevos.
- Revisar el anillo "O" ubicado cerca de la parte superior de los tubos telescópicos. Si está gastado o dañado el anillo "O", instalar uno nuevo.

Figura 22. **Cilindro del seguro del control de cambios**

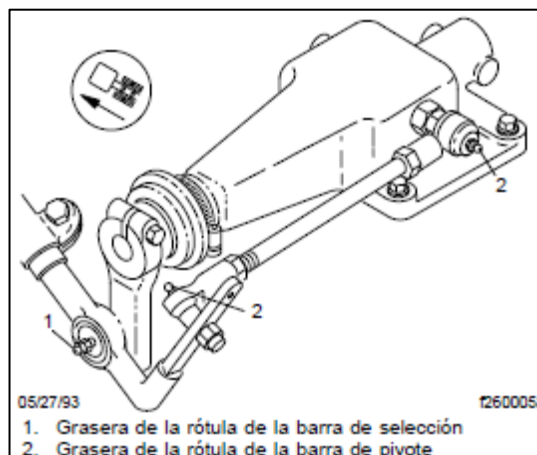


Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p.78.

- Aplicar una capa ligera de grasa multiuso para chasis a la superficie de los tubos telescópicos.
- Regresar la cabina a la posición vertical y asegurar que esté anclada.

- Quitar los bloques de los neumáticos.
- Lubricación de las rótulas de la barra de selección y de la barra de pivote
 - Limpiar las graseras de las rótulas de la barra de selección y de la barra de pivote.
 - Aplicar grasa multiuso para chasis a cada acople con una pistola de presión hasta que la grasa nueva aparezca en los sellos.

Figura 23. **Rótulas de la barra de selección y de la barra de pivote**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 79.

- Cambio del fluido y de los filtros de la transmisión

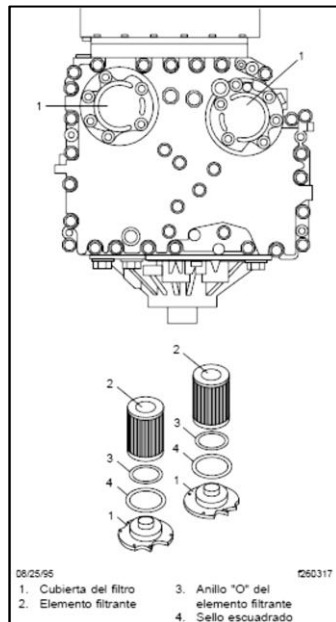
Al drenar el fluido de la transmisión, revisar para ver si hay indicios de contaminación por suciedad o por agua. Una cantidad pequeña de condensación aparecerá en el fluido durante el funcionamiento.

La contaminación por agua normalmente se caracteriza por la decoloración y el aspecto turbio del fluido de la transmisión. Si hay claros indicios de contaminación del fluido de la transmisión por agua, esto indica una fuga en el enfriador de la transmisión entre la sección del agua y la del fluido de la transmisión. Examinar el enfriador y hacerle una prueba de presión para confirmar que hay una fuga; reemplazar el enfriador de la transmisión si tiene una fuga.

- Estacionar el vehículo en una superficie nivelada.
- Poner los frenos de estacionamiento y bloquear los neumáticos.
- Hacer funcionar el vehículo hasta que la transmisión alcance su temperatura de funcionamiento normal: de 160 °F a 200 °F (71 °C a 93 °C).
- Limpiar el área alrededor del tapón de drenaje y del colector del fluido de la transmisión. Colocar una cubeta de drenaje debajo de la transmisión y quitar el tapón de drenaje. Examinar el fluido mientras sale. Si solamente se reemplaza el filtro no hay que drenar el fluido.
- Quitar los 12 tornillos de montaje (seis en cada una) de las dos cubiertas de los filtros.
- Quitar de la transmisión las cubiertas de los filtros, los anillos "O" y los dos sellos escuadrados.
- Quitar los filtros de la parte inferior del módulo de control.

- Lubricar los anillos "O" nuevos con el fluido de la transmisión e instalarlos en los ensambles de cubierta.
- Instalar un sello escuadrado nuevo en cada ensamble de cubierta e instalar los elementos filtrantes del fluido en los ensambles de cubierta.
- Instalar cada ensamble de filtro y de cubierta en su respectivo compartimento de filtro.
- Alinear cada ensamble de cubierta con los orificios del cárter de la placa de canal y empujar con la mano los ensambles de cubierta hacia adentro para asentar los sellos.

Figura 24. **Ubicación y componentes de los filtros de la transmisión**

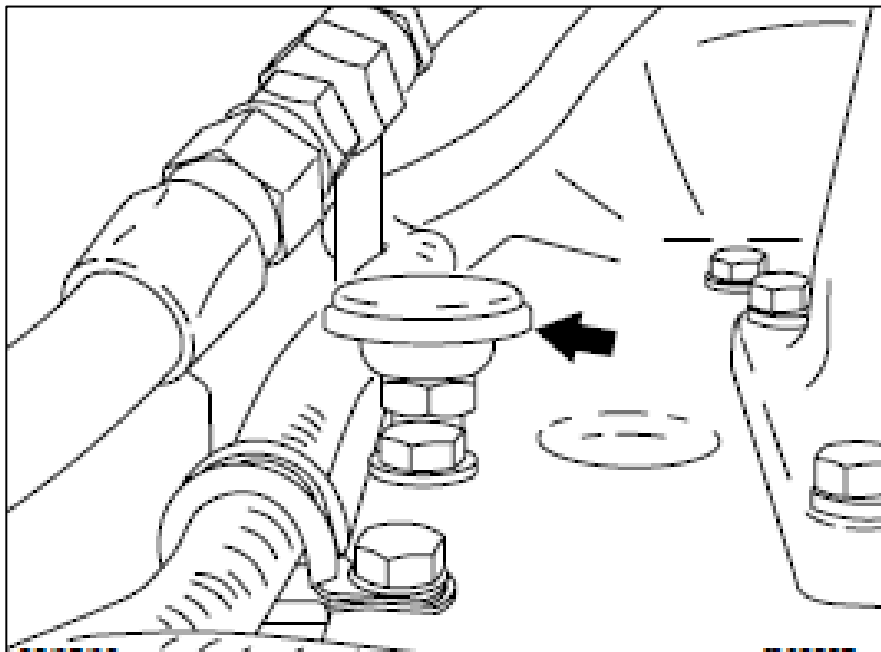


Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 80.

- Limpieza de los tapones magnéticos, cambio de aceite y reemplazo del elemento filtrante de aceite de la transmisión manual.
 - Con el vehículo estacionado en un terreno nivelado, poner los frenos de estacionamiento y bloquear los neumáticos. Colocar una cubeta de drenaje debajo de la transmisión.
 - Limpiar el área alrededor del tapón de llenado y quitar el tapón del costado de la caja. Quitar cada uno de los tapones de drenaje de la parte inferior de la caja de la transmisión. Drenar el aceite mientras la transmisión esté algo caliente.
 - Limpiar los tapones de llenado y de drenaje. Para los tapones magnéticos, utilizar un trozo de metal como para llaves o cualquier otro trozo de acero conveniente para hacer un cortocircuito entre los dos polos magnéticos y cambiar la orientación del campo magnético.
 - Instalar y apretar cada uno de los tapones de drenaje a 50 lbf_{ft} (68 N_m).
 - Los respiraderos de la caja de la transmisión deben estar despejados. Un respiradero tapado podría dar por resultado una acumulación de presión que podría causar una fuga de aceite. Si el respiradero está obstruido, limpiarlo o reemplazarlo. Revisar más a menudo si el camión funciona en condiciones donde hay mucho polvo.

- Agregar aceite hasta que esté al nivel del borde inferior del orificio de llenado. Si la transmisión tiene dos orificios de llenado, agregar aceite hasta el nivel de los dos orificios.

Figura 25. **Respiradero de la transmisión**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 81.

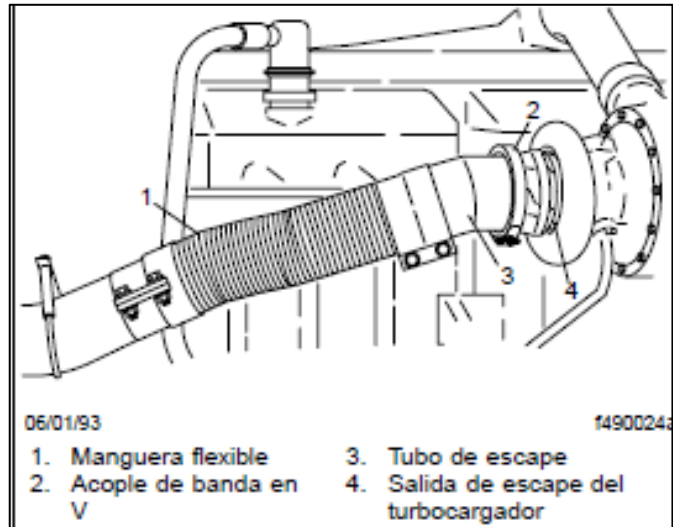
3.2.3. **Servicio mayor**

Se describen las acciones a realizar en el servicio de mantenimiento de la flota de transporte.

- Inspección de escape

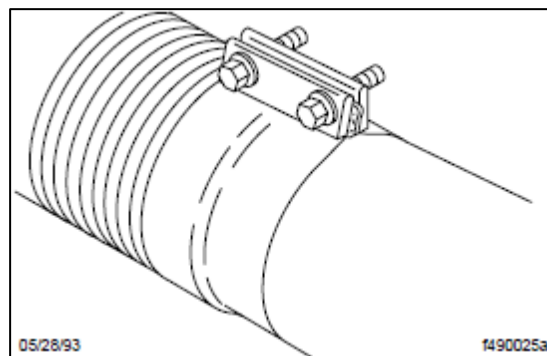
- En todos los vehículos, se debe revisar la condición del cuerpo del silenciador, de la extensión superior o del silenciador de esta y de la envoltura del silenciador. Revisar los tubos de entrada y salida para ver si hay alguna fuga, abolladura o corrosión, y para ver si hay agujeros en el silenciador.
- Reemplazar las piezas según sea necesario.
- Utilizar piezas nuevas, equivalentes a las piezas instaladas originalmente en el vehículo.
- Revisar la manguera flexible del escape para ver si hay alguna fuga o si está desgastada o dañada. Si es necesario reemplazar alguna pieza, se deben utilizar piezas nuevas.
- Revisar para ver si hay alguna fuga en el acople de banda en V, que une el tubo de escape a la salida de escape del turbo cargador.
- Revisar el tubo de salida del turbo cargador y reemplazarlo según sea necesario.
- Revisar las abrazaderas de tornillo U para ver si están apretadas y apretarlas según sea necesario.
- Revisar todas las abrazaderas de banda ancha del escape para ver si hay alguna fuga.

Figura 26. **Acople de banda en V y manguera flexible**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 170.

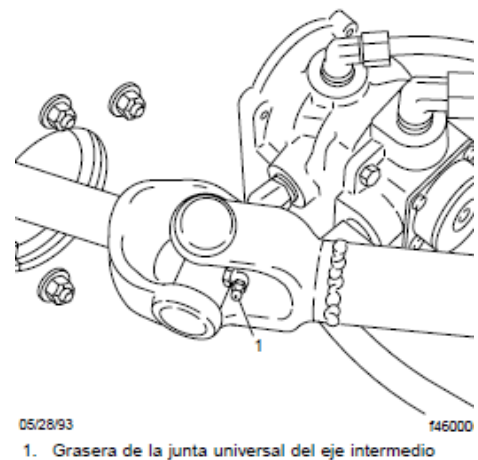
Figura 27. **Abrazadera de escape *Donaldson Seal Clamp* de banda ancha**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 178.

- Dirección
 - Lubricación de la barra de dirección
 - Limpiar las graseras de la barra de dirección.
 - Con una pistola de presión, aplicar poca cantidad de grasa multiuso para chasis a las juntas universales y a las estrías del yugo deslizable. Para el FLA o el FLB, las estrías del yugo deslizable solo se deben lubricar con la cabina en la posición de funcionamiento; girar las ruedas delanteras hacia la izquierda para facilitar el acceso a la barra de dirección.

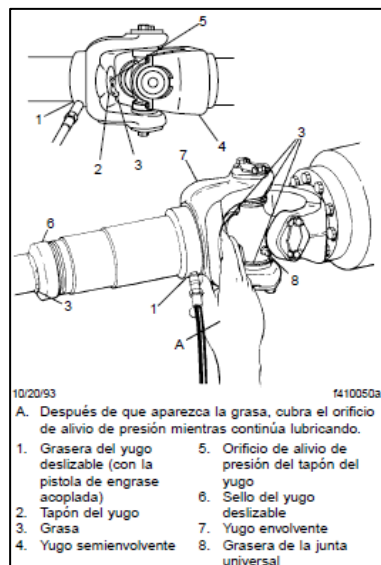
Figura 28. **Junta universal superior de la barra de dirección**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 160

- Lubricación de la junta universal
 - Limpiar toda la grasa vieja y la suciedad de cada una de las graseras de la junta universal.
 - Utilizar una pistola de engrase manual, o una de alta presión con un adaptador de baja presión para lubricar las juntas universales. Si no se emplea un adaptador de baja presión al utilizar una pistola de alta presión, es posible que no llegue suficiente grasa a las juntas universales.
 - Utilizar grasa de 12-hidroxiestearato de litio (grado 1 o 2, con aditivos EP (de extrema presión) para lubricar hasta que se pueda ver grasa fresca en los cuatro sellos de la junta universal.

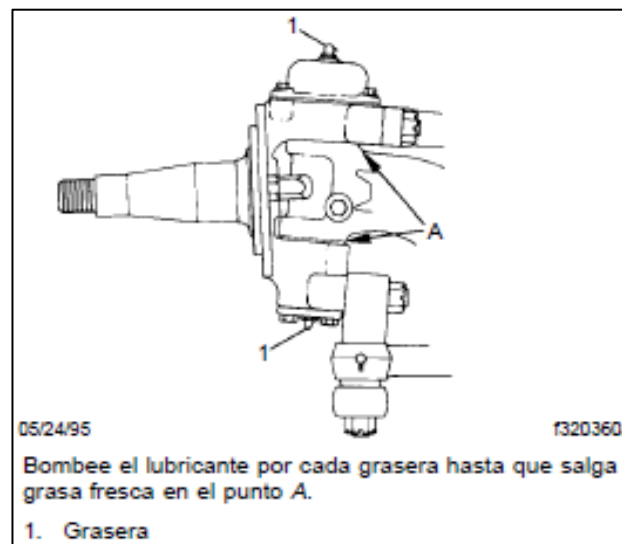
Figura 29. **Lubricación del yugo deslizable y de la junta universal**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 137.

- Eje delantero
 - Al lubricar los ensambles de muñón superiores inferiores, no levantar el eje delantero. Limpiar las graseras y aplicar grasa multiuso para chasis de grado 1 (grasa del 6 % 12-hidroxiestearato de litio) o de grado 2 (grasa del 8 % 12-hidroxiestearato de litio) hasta que salga grasa fresca por las juntas de la viga del eje y de los nudillos.

Figura 30. **Lubricación del pasador de muñón Freightliner**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 116.

- Alternador y arrancador
 - Revisar la torsión de los sujetadores del soporte del alternador; apretar los sujetadores según sea necesario, para consultar los valores de torsión.

- Revisar la tensión de la banda de impulsión del alternador. Utilizar un medidor de tensión en la distancia más larga entre poleas de dicha banda y ajustarla si es necesario.
- Revisar todas las conexiones eléctricas en el alternador y en el arrancador para ver si están limpias. Limpiar y apretar todas las conexiones eléctricas del sistema de carga según sea necesario.
- Inspeccionar los cables de las baterías para ver si están gastados y reemplazarlos según sea necesario.
- Limpiar los terminales de los conectores de los cables con un cepillo de alambre.

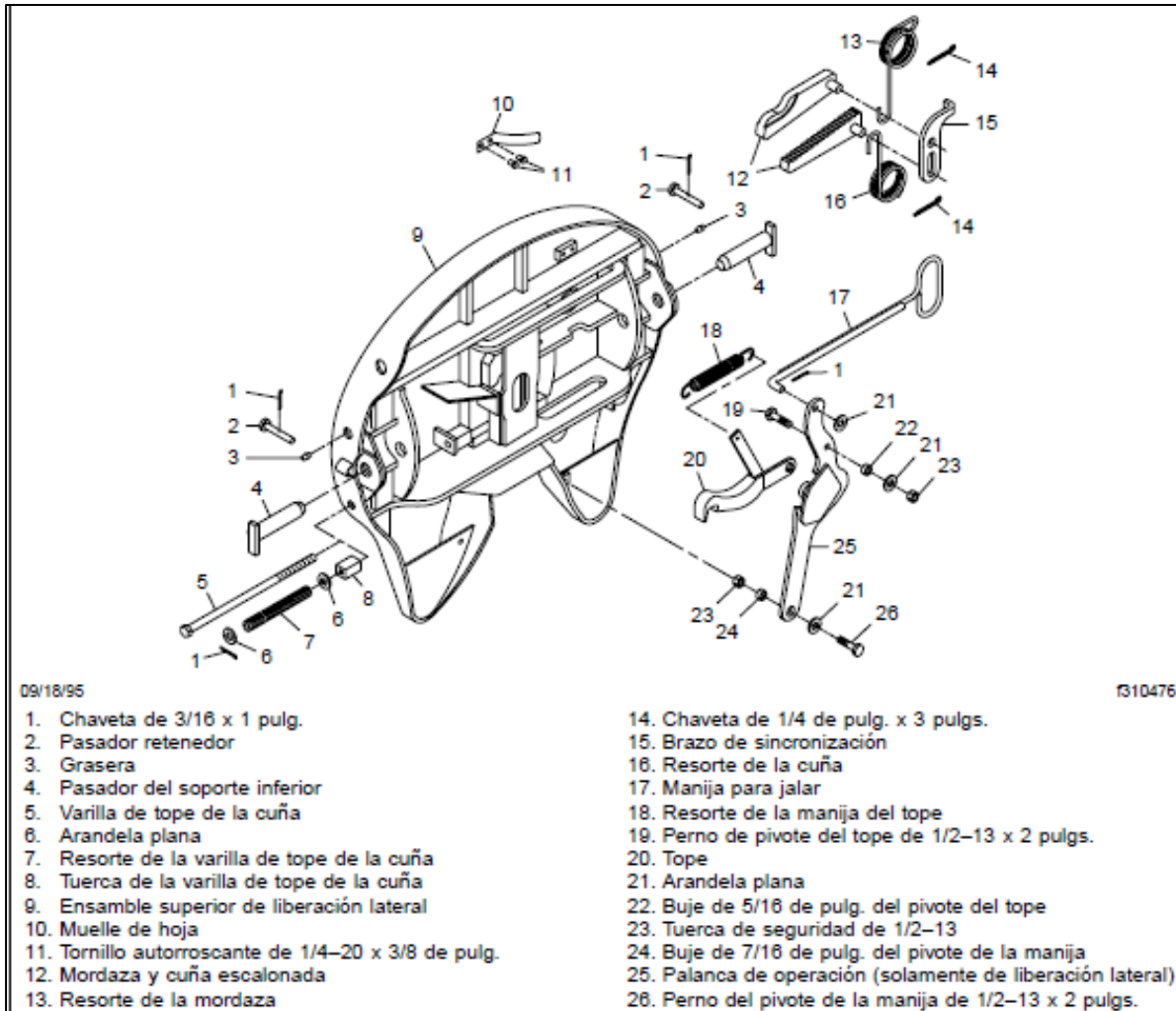
3.2.4. Mantenimiento de chasis y componentes

A continuación se presenta las operaciones de mantenimiento a realizar al chasis y sus componentes.

- Inspección quinta rueda
 - Desenganchar el remolque.
 - Limpiar la quinta rueda a fondo con vapor.
 - Revisar el ensamble de la quinta rueda, los soportes de montaje y las piezas de montaje para ver si hay alguna grieta.

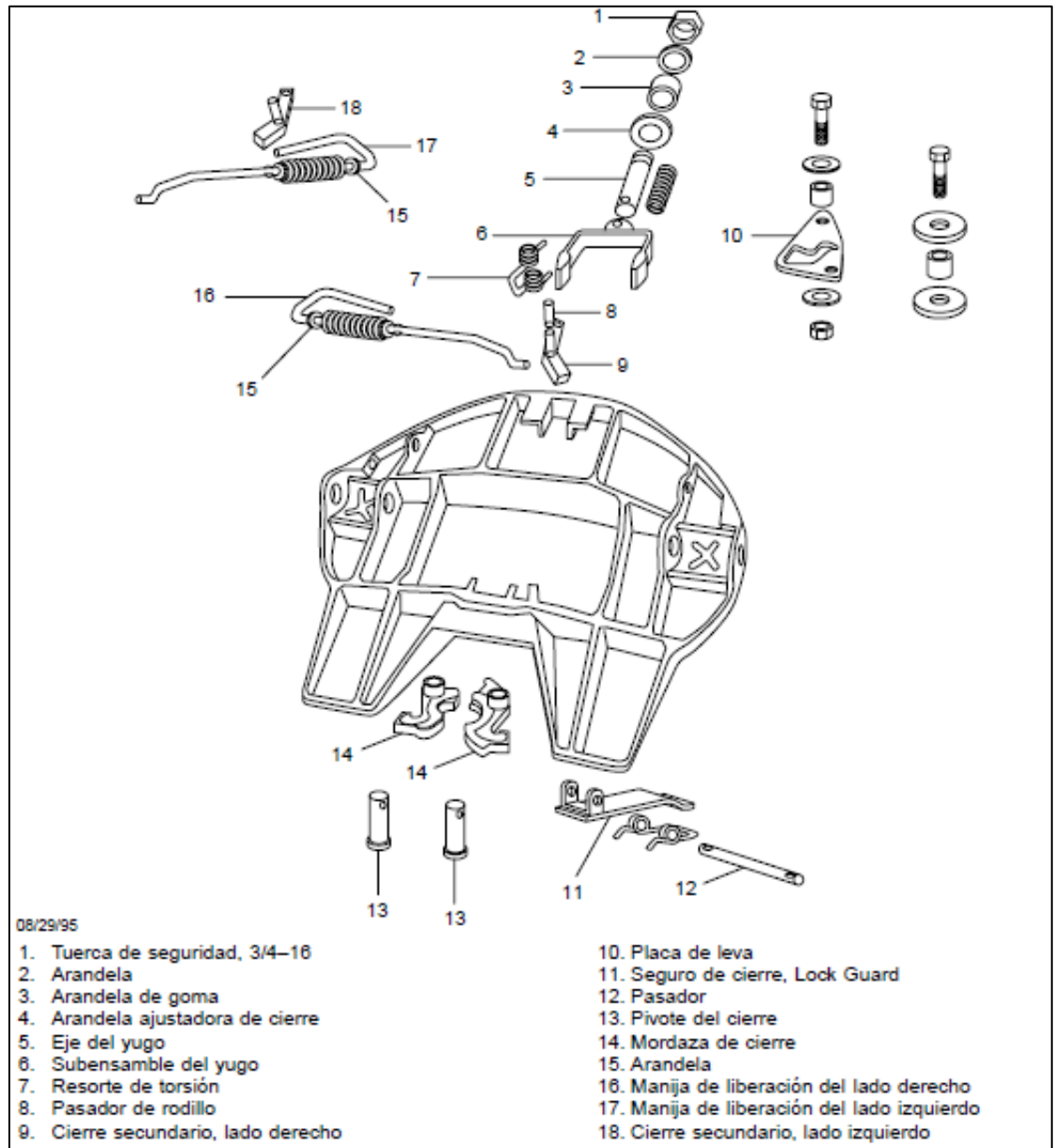
- Revisar la mordaza y la mordaza fija para ver si hay desgaste deformador y para asegurar que las muescas de la mordaza y de la cuña estén en buenas condiciones.
- Probar el cierre de seguridad para ver si funciona libremente.
- Revisar para ver si los pernos de montaje está desgastados o agrietados.
- Revisar visualmente el mecanismo de cierre d las mordazas para ver si la acción de cierre es la correcta y para ver si hay grietas o desgaste.
- Revisar la profundidad de los surcos para grasa. Si la profundidad de los surcos es de 1/8 de pulgada o menos, reemplazar la placa superior.
- Revisar para ver si hay fatiga o grietas en las soldaduras.
- Reemplazar piezas agrietadas, desgastadas o dañadas por piezas nuevas. Reemplazar todos los pernos de montaje flojos con pernos de 5/8–11 de grado 8 SAE, tuercas de seguridad de grado C y arandelas endurecidas. No volver a utilizar los pernos, las tuercas ni las arandelas de montaje de la quinta rueda.

Figura 31. Quinta rueda Fontaine, Serie 5092 (modelo con liberación por el lado izquierdo ilustrado)



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 92.

Figura 32. Quinta rueda Holland



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 93.

- Inspección general del mecanismo de control ASF Touchloc
 - Reemplazar con piezas nuevas las piezas agrietadas, rotas, dobladas o faltantes.
 - La chaveta ubicada en el pasador de la horquilla de la leva de deslizamiento debe estar en su lugar y debe estar abierta correctamente.
 - La tuerca de seguridad que une el cilindro de aire al conjunto soldado de la cubierta debe estar bien apretada, pero no tanto como para deformar hacia adentro las patas de la horquilla del cilindro.
 - Revisar todos los pernos de montaje para ver si están apretados.
 - Nota: si la leva de deslizamiento no se mueve libremente, puede mejorarse lubricando la leva, la guía y el interior de la cubierta rectangular de la leva con un producto como aceite ligero, lubricante a base de silicona o su equivalente.
- Inspección de los componentes del mecanismo de control ASF Touchloc
 - Revisar a fondo el cilindro de aire. Debe retraerse y extenderse por todo su intervalo de operación sin ninguna interrupción del recorrido del pistón.
 - El cilindro de aire está en condiciones satisfactorias de funcionamiento si completa seis extensiones y retracciones

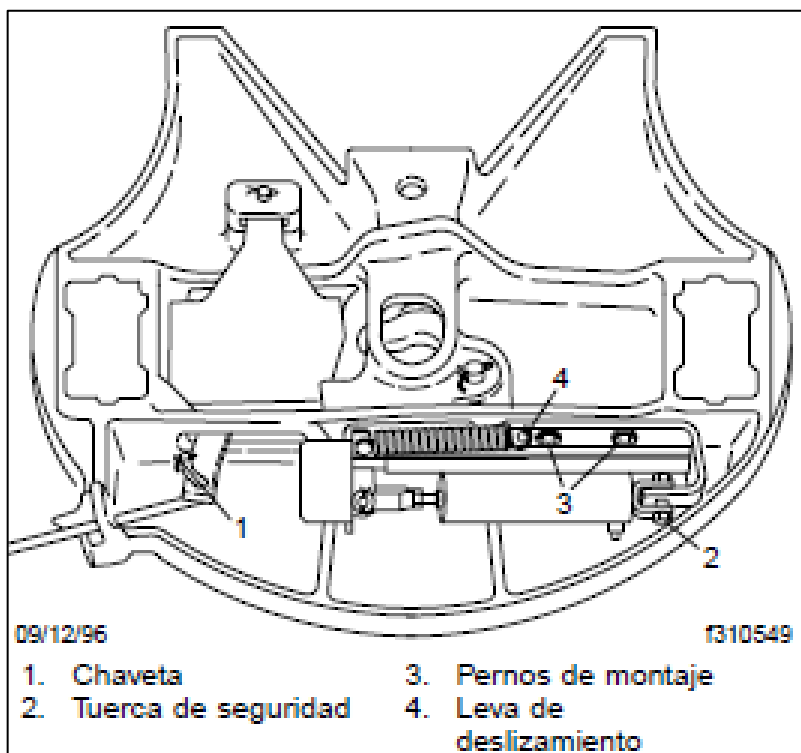
consecutivas a una presión de operación estándar de 90 a 120 psi.

Si el cilindro de aire no funciona correctamente, retirarlo. Extender manualmente el pistón a su longitud máxima y luego retraerlo completamente. Si hay algún atascamiento, se debe reacondicionar o reemplazar el pistón.

- Revisar la leva de deslizamiento y la cubierta para ver si hay alabeo (combadura), daños o grietas. Si se encuentra alguna grieta, reemplazar los componentes.
- Revisar el resorte retractor para ver si se ha extendido demasiado, si hay desgaste o si está deteriorado por óxido, lo cual requeriría que se reemplazara.
- Revisar el conjunto soldado de la cubierta para ver si hay grietas, alabeo o daños. Si se encuentra alguna grieta, reemplazar el componente.
- Revisar la barra de operación para ver si hay grietas, alabeo o daños. Si se encuentra alguna grieta, reemplazar el componente.
- Revisar el indicador de seguridad para ver si funciona correctamente. Cuando se activa la unidad del mecanismo del aire, la barra de operación se impulsa a la posición liberada y el cierre de seguridad gira hacia la parte trasera.

- Revisar el asiento de descarga y el asiento de la válvula de admisión para ver si tienen mellas o rebabas. Revisar todas las piezas de goma para ver si hay indicios de cortaduras, desgaste, abultamiento o deterioro. Reemplazar según sea necesario.

Figura 33. **Inspección general del mecanismo de control ASF Touchloc**

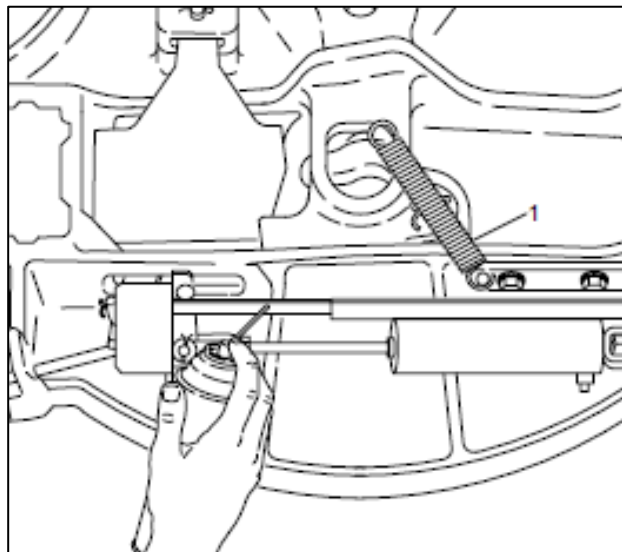


Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 96.

- Lubricación del mecanismo de control
 - Con el cilindro de aire y la leva de deslizamiento en la posición retraída, lubricar la guía de la leva con un lubricante tipo aceite ligero.

- Si la guía de operación de la placa de la barra está oxidada, aplicar aceite penetrante (con Teflon) para eliminar el óxido.
- Aplicar grasa blanca de litio a la guía.
- Quitar el resorte de extensión para facilitar el acceso.
- Activar la válvula de control de la cabina, poniendo la barra de operación en la posición liberada (modo de abertura).
- Lubricar el eje de la leva de deslizamiento.
- Con un rociador, lubricar el interior de la cubierta rectangular de la leva de deslizamiento.

Figura 34. **Lubricación del mecanismo de control**



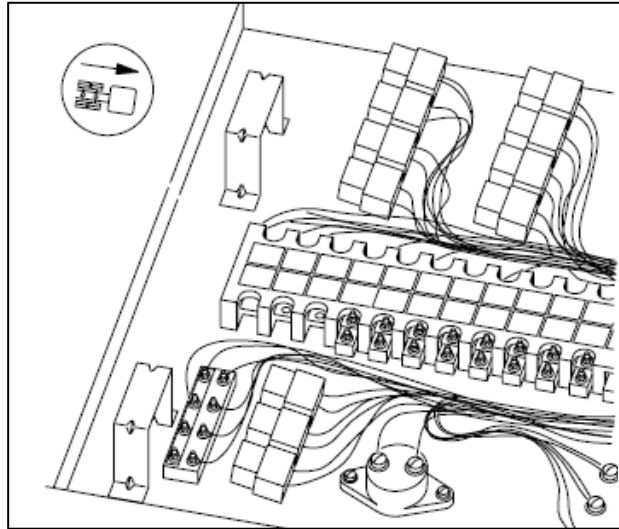
Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 96.

3.2.5. Mantenimiento de sistema eléctrico

El mantenimiento del sistema eléctrico inicia con la revisión en el interior de la cabina revisando el cableado y las conexiones eléctricas en la placa de montaje del sistema eléctrico, los conectores de interfaz entre la cabina y el chasis, los conectores de interfaz entre la cabina y el motor, los pernos prisioneros principales de corriente y de tierra de la cabina y los bloques de unión del sistema eléctrico.

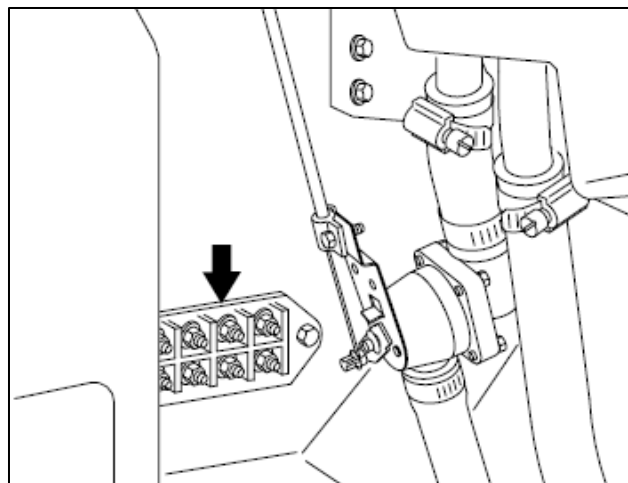
- Destapar la placa de montaje del sistema eléctrico quitando la cubierta izquierda del túnel. Aflojar el sujetador de un cuarto de vuelta en el borde trasero inferior de la cubierta y luego tirar de la cubierta para soltar el Velcro.
- Quitar la cubierta derecha del túnel moviendo el asiento del pasajero, hacia arriba y hacia atrás, quitando el tornillo del borde izquierdo superior, y quitando los dos tornillos del borde derecho inferior. Tirar de la cubierta hacia la derecha y hacia atrás para que pase la cubierta de combinación y la caja de documentación después tirar de la cubierta hacia arriba entre el asiento y el túnel.

Figura 35. **Placa de montaje del sistema eléctrico**



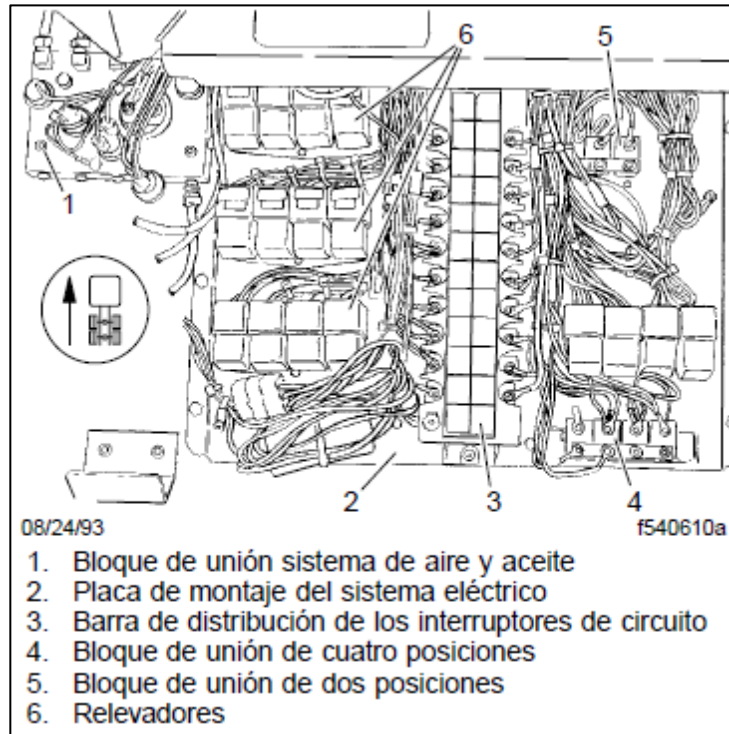
Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 181.

Figura 36. **Bloque de unión del sistema eléctrico**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 182.

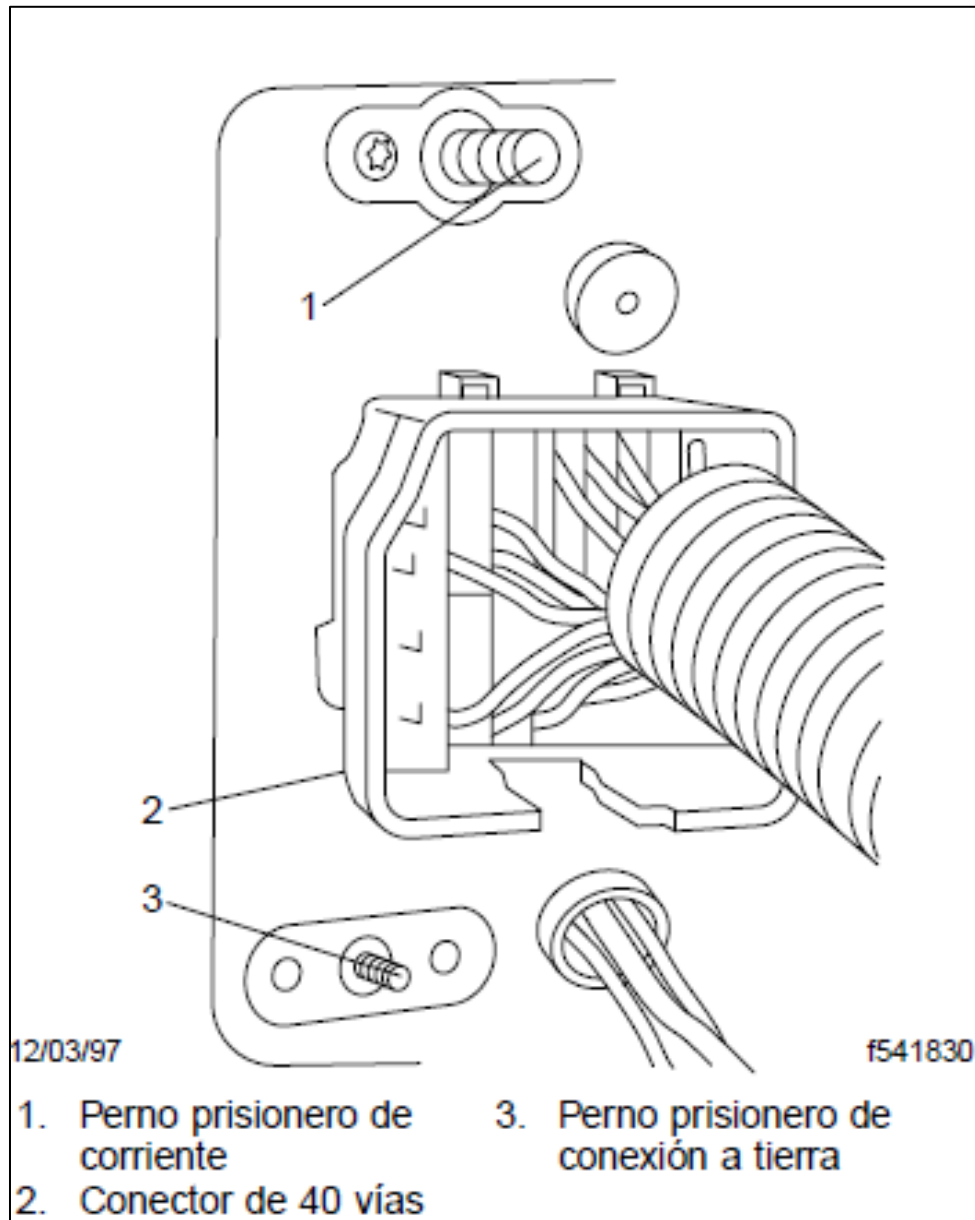
Figura 37. **Placa de montaje del sistema eléctrico**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p.182.

- En el exterior de la cabina revisar el conector de 40 vías ubicado en la pared contra fuego (en el lado izquierdo para un vehículo con volante a la derecha y en el lado derecho para un vehículo con volante a la izquierda) y revisar los pernos prisioneros de corriente y de conexión a tierra. Revisar los terminales para ver si están apretados y, también, para ver si están dañados o si tienen corrosión o suciedad.

Figura 38. Conector de 40 vías, FLC (volante a la izquierda)



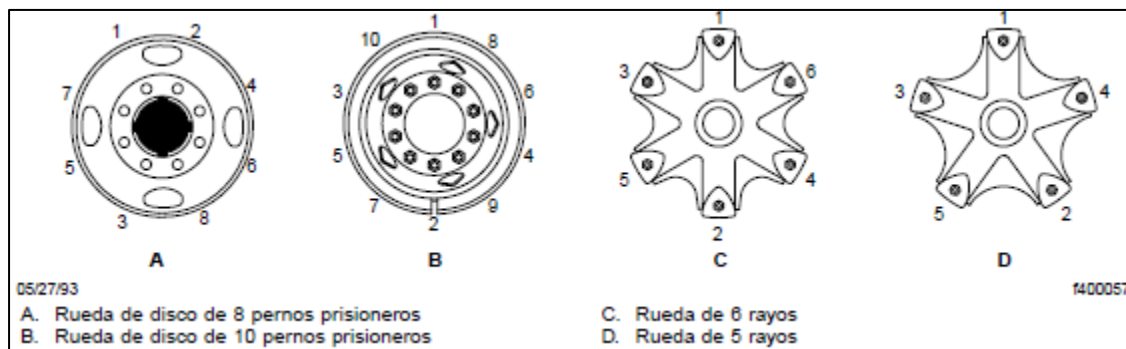
Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 187.

3.3. Mantenimiento de llantas

Revisar la torsión de las tuercas de la rueda (o del aro) en las primeras 50 a 100 millas (80 km a 160 km) de operación después de retirarse e instalarse una rueda.

Al revisar las tuercas de las ruedas en un ensamble de disco doble; quitar una tuerca exterior a la vez; apretar la tuerca interior; luego, volver a instalar la tuerca exterior. Repetir este procedimiento para todas las tuercas de las ruedas usando la secuencia que se muestra en la figura.

Figura 39. **Secuencia de apretado de las tuercas de las ruedas y de los aros**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 132.

Tabla X. **Especificaciones de torsión para las tuercas de las ruedas**

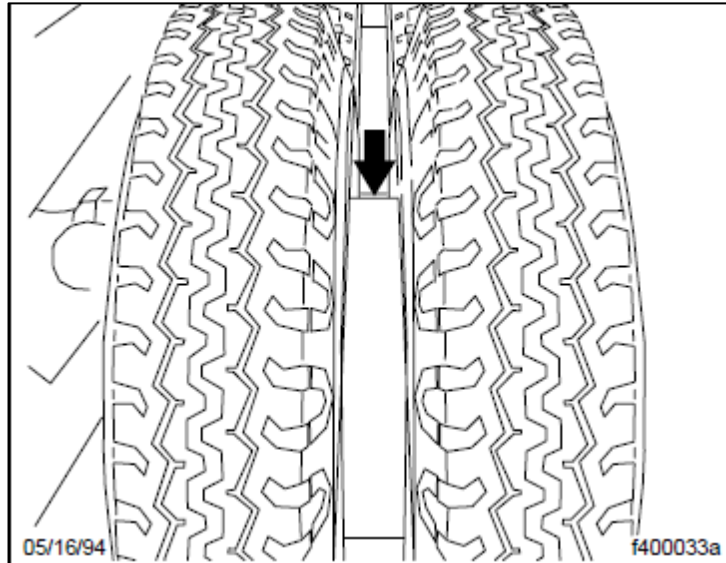
Torsión de los sujetadores de las ruedas			
Descripción	Tamaño de la tuerca	Fabricante de la rueda	Torsión (con hilos de rosca secos) lbf_ft (N_m)
Rueda de disco de 8 pernos prisioneros con tuercas de seguridad de dos piezas y con brida			
Tuerca de la rueda delantera y de la rueda trasera	-----	Todos	450–500 (610–680)*
Rueda de disco de 10 pernos prisioneros con tuercas de dos piezas y con brida			
Tuerca de la rueda delantera y de la rueda trasera	M22 x 1.5	Budd (Uni-Mount 10)	390–440 (530–600)*
Rueda de disco de 10 pernos prisioneros con tuercas de seguridad interiores y exteriores			
Tuerca de la rueda delantera	1-1/8–16	Todos	400–500 (540–680) 450–500 (610–680)
Tuerca interior de la rueda trasera	3/4–16	Todos	400–500 (540–680) 450–500 (610–680)
Tuerca exterior de la rueda trasera	1-1/8–16	Todos	400–500 (540–680) 450–500 (610–680)
Tuerca retenedora del perno prisionero de la rueda	3/4–16	Todos	175–200 (235–270)
Tuercas del aro de las ruedas de rayos			
Tuerca de la rueda delantera, de 5 y 6 rayos	3/4–10	Gunite y Dayton	200–225 (271–305)†
Tuerca de la rueda trasera, de 5 y 6 rayos con espaciador de canal no corrugado (figura 39)	3/4–10	Gunite y Dayton	200–225 (271–305)
Tuerca de la rueda trasera, de 5 y 6 rayos con espaciador de canal corrugado (figura 40)	3/4–10	Gunite y Dayton	240–260 (325–350)

* Los valores de torsión que se dan son para hilos de rosca lubricados.

† En los ejes delanteros con más de 12,000 libras (5448 kg) de capacidad, apriete las tuercas de las ruedas de 240 a 265 lbf_ft (325 a 359 N_m). Deben utilizarse tuercas Gunite con número de repuesto W-854 y con una capa de fosfato y aceite.

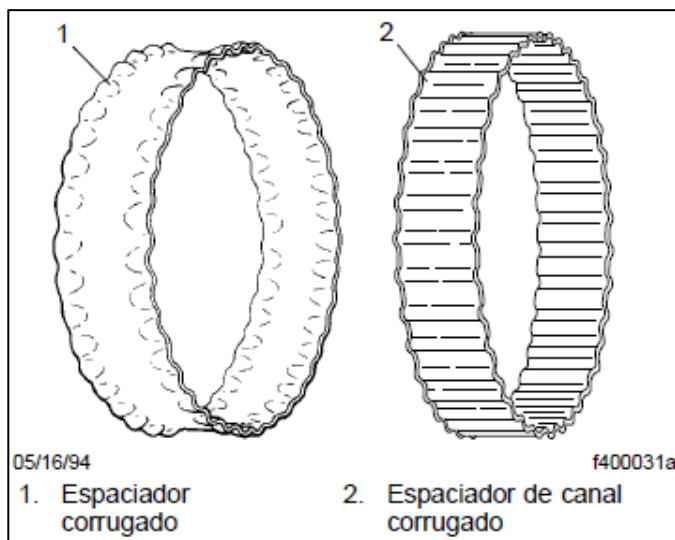
Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 131

Figura 40. **Espaciador de canal no corrugado**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 132.

Figura 41. **Espaciadores corrugados**



Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 132

3.3.1. Presión de las llantas

Los cabezales Freightliner utilizan monitores de presión que permiten que el conductor pueda saber si la presión de aire en uno de los neumáticos es demasiado baja para la conducción; si la presión es demasiado baja, el neumático podría explotar. Esto aumenta la posibilidad de perder el control del vehículo.

3.4. Diseño de cronograma de aplicación de mantenimiento

A continuación se presenta el diseño del cronograma de aplicación de mantenimiento.

Tabla XI. **Tabla de servicio de mantenimiento**

Categoría de servicio	Operación del intervalo de mantenimiento	Intervalos de mantenimiento			
		Frecuencia	Millas	Km	Horas
Categoría I (Servicio severo) vehículos que recorren hasta 6000 millas (10 000 kilómetros) al Año	Mantenimiento inicial (IM)	Primeras	1 000	1 600	100
	Mantenimiento 1 (M1)	Cada	1 000	1600	100
	Mantenimiento 2 (M2)	Cada	5 000	8 000	500
	Mantenimiento 3 (M3)	Cada	10 000	16 000	1 000
	Mantenimiento 4 (M4)	Cada	20 000	32 000	2000
Categoría II (rutas de corta distancia) vehículos que recorren hasta 60,000 millas	Mantenimiento inicial (IM)	Primeras	9 000	15 000	-----
	Mantenimiento 1 (M1)	Cada	9 000	15 000	
	Mantenimiento 2 (M2)	Cada	37 000	60 000	

Continuación de la tabla XI

(100 000 kilómetros) al año	Mantenimiento 3 (M3)	Cada	75 000	120 000	
	Mantenimiento 4 (M4)	Cada	150 000	240 000	
Categoría III (recorridos de larga distancia) vehículos que recorren más de 60,000 millas (100 000 kilómetros) al año	Mantenimiento inicial (IM)	Primeras	12 500	20 000	-----
	Mantenimiento 1 (M1)	Cada	12 500	20 000	
	Mantenimiento 2 (M2)	Cada	50 000	80 000	
	Mantenimiento 3 (M3)	Cada	100 000	160 000	
	Mantenimiento 4 (M4)	Cada	300 000	480 000	

Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 8.

Para los vehículos de la categoría I (servicio severo) equipados con medidor de horas, los intervalos de mantenimiento deben calcularse basándose en las horas de operación y no en la distancia recorrida.

Utilizar los intervalos de mantenimiento de la categoría I (servicio severo) para los vehículos que operan en condiciones extremas: caminos en muy mal estado, con gran acumulación de polvo, climas extremos, recorridos frecuentes de corta distancia, operación en zonas de construcción, operación en ciudad.

Tabla XII. Operación de mantenimiento

Descripción de la operación	Intervalo de mantenimiento				
	IM	M1	M2	M3	M4
Lubricación y revisión de los niveles de fluidos	-	-	-	-	-
Revisión del ensamble de soporte trasero del motor				-	-
Inspección de los paneles anti ruido del motor				-	-
Inspección del cableado del freno de motor Jacobs			-	-	-
Inspección de las bandas de impulsión del motor				-	-
Inspección del elemento del filtro de aire				-	-
Inspección del compresor de aire Bendix	-	-	-	-	--
Revisión del alternador, de las baterías y del arrancador				-	-
Revisión de la tapa del radiador			-	-	-
Lavado del radiador con agua a presión y cambio del líquido refrigerante				-	-
Revisión del propulsor y del embrague del ventilador				-	-
Lubricación del collarín del embrague				-	-
Lubricación del eje transversal de liberación del embrague				-	-
Lubricación de los componentes del acoplamiento del embrague	-			-	-
Cambio del fluido y filtro de la transmisión Allison	-				-
Limpieza del tapón magnético de la transmisión manual, cambio de aceite	-			-	-
Revisión y limpieza o reemplazo del filtro y regulador de aire de la transmisión		-		-	-
Revisión del nivel de aceite de la transmisión y revisión del respiradero				-	-
Inspección de la quinta rueda	-	-	-	--	-
Lubricación de la quinta rueda	-	-	-	-	-
Revisión de la torsión de los sujetadores del chasis	-				
Inspección del mecanismo de la quinta rueda deslizable Holland		-	-	-	-
Inspección de la suspensión	-	-	-	-	-
Lubricación de la suspensión	-	-	-	-	-
Revisión de la torsión de los pernos U de la suspensión	-		-	-	-
Lubricación de los pasadores de muñón	-	-	-	-	-
Inspección y lubricación de los extremos de las barras de acoplamiento	-	-	-	-	-
Inspección de convergencia	-				
Revisión del respiradero del eje y del nivel de lubricante		-	-	-	-
Cambio del lubricante del eje, reemplazo del filtro de aceite y limpieza del colador magnético	-		-	-	-
Revisión de las tuercas de las ruedas y de las de los aros		-	-	-	-
Inspección de las líneas motrices	-	-	-	-	-

Continuación de la tabla XII

Lubricación de las líneas motrices	-	-	-	-	-
Descripción de la operación	Intervalo de mantenimiento				
	IM	M1	M2	M3	M4
Ajuste de los frenos—frenos de leva con ajustador de tensión manual	-	-	-	-	-
Lubricación del buje del soporte del eje de levas			-	-	-
Lubricación y revisión de los ajustadores de tensión manuales o automáticos	-	-	-	-	-
Reemplazo del desecante del secador de aire					-
Lubricación de la barra de dirección	-	-	-	-	-
Lubricación del eslabón de arrastre y del cilindro de la dirección hidráulica	-	-	-	-	-
Revisión del nivel de líquido del depósito de la dirección hidráulica	-	-			
Cambio del líquido y del filtro del depósito de la dirección hidráulica			-	-	-
Revisión del sistema eléctrico	-		-	-	--
Lubricación del cable del velocímetro y tacómetro				-	-
Revisión del sistema de inclinación de la cabina	-	-	-	-	-
Revisión de la torsión del perno central del resorte de la suspensión de la cabina			-	-	-
Revisión del gancho de cierre de la cabina	-	-	-	-	-
Lubricación de los sellos, cierres y bisagras de las puertas	-	-	-	-	-
Inspección del aire acondicionado			-	-	-

Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 22.

3.5. Diseño de bitácora de control para los equipos

A continuación se presenta la programación de mantenimiento para vehículos y la hojas de control que cada piloto debe llenar para tener un registro de las operaciones realizadas.

Tabla XIII. **Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio I**

Nº del mant.	Intervalo de operaciones requeridas de mantenimiento	Fecha de servicio	Categoría de servicio I		
			Millas	km	Horas
1	Mantenimiento inicial (IM) y M1		1000	1600	100
2	M1		2000	3200	200
3	M1		3000	4800	300
4	M1		4000	6400	400
5	M1 y M2		5000	8000	500
6	M1		6000	9600	600
7	M1		7000	11 200	700
8	M1		8000	12 800	800
9	M1		9000	14 400	900
10	M1, M2 y M3		10,000	16 000	1000
11	M1		11,000	17 600	1100
12	M1		12,000	19 200	1200
13	M1		13,000	20 800	1300
14	M1		14,000	22 400	1400
15	M1 y M2		15,000	24 000	1500
16	M1		16,000	25 600	1600
17	M1		17,000	27 200	1700
18	M1		18,000	28 800	1800
19	M1		19,000	30 400	1900
20	M1, M2, M3 y M4		20,000	32 000	2000

Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 9.

Tabla XIV. **Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio II**

Nº del mant.	Intervalo entre operaciones requeridas de mantenimiento	Fecha de servicio	Millas	km
1	Mantenimiento inicial (IM) y M1		10,000	16 000
2	M1		19,000	30 000
3	M1		28,000	45 000
4	M1 y M2		38,000	60 000
5	M1		47,000	75 000
6	M1		56,000	90 000
7	M1		66,000	105 000
8	M1, M2, y M3		75,000	120 000
9	M1		84,000	135 000
10	M1		94,000	150 000
11	M1		103,000	165 000
12	M1 y M2		112,000	180 000
13	M1		122,000	195 000
14	M1		131,000	210 000
15	M1		141,000	225 000
16	M1, M2, M3, y M4		150,000	240 000

Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 12.

Tabla XV. **Mantenimientos para vehículos de la categoría de servicio III**

Programa de mantenimiento para vehículos de la Categoría de servicio III				
Nº del mant.	Intervalo entre operaciones requeridas de mantenimiento	Fecha de servicio	Millas	km
1	Mantenimiento inicial (IM) y M1		12,500	20 000
2	M1		25,000	40 000
3	M1		37,000	60 000
4	M1 y M2		50,000	80 000
5	M1		62,000	100 000
6	M1		75,000	120 000
7	M1		87,000	140 000
8	M1, M2, y M3		100,000	160 000
9	M1		112,000	180 000
10	M1		125,000	200 000
11	M1		137,000	220 000
12	M1 y M2		150,000	240 000
13	M1		162,000	260 000
14	M1		175,000	280 000
15	M1		187,000	300 000
16	M1, M2, y M3		200,000	320 000
17	M1		212,000	340 000
18	M1		225,000	360 000
19	M1		237,000	380 000
20	M1 y M2		250,000	400 000
21	M1		262,000	420 000
22	M1		275,000	440 000
23	M1		287,000	460 000
24	M1, M2, M3, y M4		300,000	480 000

Fuente: Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*, p. 13.

Tabla XVI. **Control de gasto de combustible**

Placa cabezal	Modelo	Nombre del piloto				Fecha	Productos a transportar		
Placa del contenedor	Marca	Código de envío				Observaciones			
	Descripción de recorrido		Número de kilómetros				Firma		
No.	Destino	Salida	Hora	Entrada	Hora	Recorrido	Fecha	Nombre	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Control de desgaste de neumáticos**

Modelo Placa		Kilometraje			Fecha de la última revisión		
		Horómetro			Observaciones		
		Ruta asignada					
No.	Marca del neumático	Serie radial/ Convencional	Tamaño	Presión	Estado: regular bueno malo	Profundidad de los surcos: nervaduras texturas mixtos.	Desgaste mm/plg
1							
2							
3							
4							

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Hoja de control de inspección previo a iniciar labores**

Fecha		Destino		Nombre del piloto asignado		Supervisor	
Placa		Marca		Firma		Firma	
Inspección			En orden	Con defecto	Supervisión del mecánico	Observaciones	
Nivel de aceite del motor							
Nivel del hidráulico							
Nivel de refrigerante							
Nivel del líquido de batería							
Carga de la batería							
Nivel del embrague (clutch)							
Revisión de fusibles							
Presión de las llantas							
Llanta de repuesto							
Herramientas							
Señales de seguridad (cono, triangulo, chaleco reflectivo, linterna, radio)							
Limpieza del vehículo							

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La implementación de un plan de mantenimiento ayuda en la disminución de costos por concepto de reparación ya que reduce las fallas que los camiones que han presentado durante el proceso de transporte teniendo como resultado el buen funcionamiento de cada una de las unidades, optimizando el tiempo de trabajo de las unidades, reducción de costos por daños en ruta y tiempo de espera para cumplir con los horarios establecidos en las entregas a los clientes y menos contaminación ambiental provocada por los gases de escape.
2. Para que un plan de mantenimiento funcione es necesario contar con una programación para los camiones. Es decir, por medio de esta programación debe saberse cuándo debe darse el debido servicio de mantenimiento a cada camión, y asignarle un tiempo específico para dicho servicio.
3. La capacitación de los pilotos es necesaria para hacer conciencia de los grandes daños que se le provoca al camión al no tomar los cuidados diarios necesarios y a la hora de manejarlos; dará un tiempo de vida más largo a los diferentes componentes de los sistemas del camión.

RECOMENDACIONES

Al propietario de la empresa:

1. Asignar una persona encargada exclusivamente de los controles de mantenimiento de todos los camiones para garantizar el correcto control de los mantenimientos al llegar el tiempo de servicio o kilometraje con el uso de las fichas de control respectivas.
2. Asignar una persona encargada de las compras de los repuestos y materiales del mantenimiento de todos los camiones para garantizar que se disponga del tiempo necesario para cumplir con el trabajo asignado.
3. Autorizar a los mecánicos la toma de decisiones sobre la solicitud de los repuestos necesarios para cada tipo de mantenimiento para evitar que se pierda tiempo en la espera de la persona responsable de la autorización de dichos repuestos.

BIBLIOGRAFÍA

1. DE CASTRO, Miguel. *Manual de inyección diésel*. 3ª ed. España: Ediciones CEAC, 1993. 245 p.
2. Freightliner. *Manual de mantenimiento de camiones de servicio pesado*. Estados Unidos: Freightliner, 2000. 232 p.
3. HAYNES, H. John. *Manual de sistemas de control electrónico del motor*. USA.: s.l. 1990. 255 p.
4. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP). *Manual de guías de prácticas de mantenimiento del motor*. Guatemala: Intecap. 2014. 175 p.
5. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP). *Mecánica de maquinaria pesada, motor diésel*. Guatemala: INTECAP, 2010. 168 p.
6. OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna, análisis y aplicaciones*. 21ª ed. México: Compañía Editorial Continental, 1995. 764 p.
7. THIESSEN, Frank J.; DAVIS, N. *Mecánica diésel. Tomo 3*. 2ª ed. México: Prentice-Hall, 1990 221 p.

