

**“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA TRACTOCAMIONES
CON MOTOR DETROIT SERIE 60 LINEA CL120 PARA UNA EMPRESA DE
TRANSPORTE DE CARGA”**

HERNÁN FELIPE LÓPEZ VARGAS

Proyecto integral de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Orientador

Jose Mauricio Reyes Vergara

Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ, D.C.

AÑO 2021

Nota de Aceptación:

Ing. Jose Mauricio Reyes Vergara
Director

Nombre
Presidente Jurado

Nombre
Jurado

Nombre
Jurado

Bogotá D.C.07 de mayo de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. Jose Luis Macias Rodriguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Directora Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. María Angelica Acosta Perez

Doy gracias a Dios por las personas que permitió que estuvieran a mi lado y me han acompañado a lo largo del camino, mis papás que han sido un motivo de seguir adelante y poderles devolver un poco de lo mucho que me han dado. Mi hermano que siempre ha sido una guía en el camino, un ejemplo a seguir como persona y profesional. Por último, a mi tía que me acogió en su casa y me adoptó como un hijo más, le doy gracias por su cariño y sus consejos.

Papá, siempre sentí una deuda enorme hacia usted, por su berraquera constancia y tesón, nunca nos faltó nada a mis hermanos y a mí, siempre nos cuestionó para buscar siempre ser mejores, para no quedarnos con lo mínimo, quise siempre devolverle en vida todo lo que hizo en vida por mí, pero por los designios de Dios el tiempo no nos alcanzó, solo me queda honrar su legado, trabajar, siempre buscando mejorar yendo para adelante, de igual forma tener una vida íntegra, que pueda disfrutar, ahora soy doblemente profesional en gran medida por el impulso y las energías que usted me brindó. La muerte en realidad no existe si el recuerdo prevalece, papá, mis hijos los hijos de ellos, y así sucesivamente, mantendrán vivo su recuerdo.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

La compañía, no se menciona el nombre, pero permitió el desarrollo del presente trabajo de grado, brindó toda la información necesaria para su desarrollo y culminación

Ing. Jose Mauricio Reyes Vergara, director del presente trabajo de grado, estableció los parámetros que debía cumplir el desarrollo del presente trabajo y acompañó su progreso desde el comienzo hasta el final.

A las Directivas, Cuerpo Docente y Personal Administrativo de la Universidad América por el apoyo y la capacitación recibida durante la carrera.

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documentos. Estos corresponden únicamente al autor

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	14
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Justificación	16
1.2. Planteamiento del problema	17
1.3. Objetivos	19
1.4. Delimitación	19
1.5. Hipótesis o solución del problema	21
2. ESTADO DEL ARTE	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Marco teórico	26
2.2.1. Análisis de criticidad	26
2.2.2. FMEA, Análisis modo efecto de falla	28
2.2.3. RCM, Mantenimiento centrado en la confiabilidad	33
2.2.4. TPM, Mantenimiento de productividad total	35
2.2.5. Árbol de análisis de falla, FTA	39
3. METODOLOGÍA	41
4. ANÁLISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	44
4.1. Diagnóstico del estado actual de mantenimiento	44
4.1.1. Descripción de la compañía y su objeto funcional	44
4.1.2. Contexto económico del transporte de carga por carretera en Colombia.	44
4.1.3. Contexto legal del transporte de carga en Colombia	47
4.1.4. Situación actual de mantenimiento.	50

4.1.5.	Recurso físico del área del mantenimiento	52
4.1.6.	Procedimientos establecidos de mantenimiento.	53
4.1.7.	Fallos comunes de la operación	55
4.1.8.	Descripción de vehículos	56
4.1.9.	Marcas.	59
4.1.10.	Frecuencias de mantenimiento.	73
4.1.12.	Elaboración del análisis de criticidad dentro de los vehículos de la compañía	76
4.2.	Selección del tipo de mantenimiento adecuado	77
4.3.	Elaboración del plan de mantenimiento de acuerdo con el tipo de intervención seleccionado	78
4.3.1.	Ficha técnica del equipo	78
4.3.2.	División del equipo en sistemas	80
4.3.3.	Listado de fallas comunes	81
4.3.4.	Análisis de falla	106
4.3.5.	Árboles de falla	115
4.3.6.	Diagrama de procedimiento	135
4.3.7.	Procedimientos	146
4.4.	Elaboración de evaluación financiera, ambiental y de seguridad ocupacional	169
4.4.1.	Análisis financiero	169
4.4.2.	Matriz ambiental	175
4.4.3.	Elementos de seguridad y salud en el trabajo	178
5.	CONCLUSIONES	185
	BIBLIOGRAFÍA	187
	ANEXOS	192

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Proceso de desarrollo del FMEA</i>	30
Figura 2. <i>Pilares del TPM.</i>	36
Figura 3. <i>Causas de accidentes viales durante año 2016</i>	50
Figura 4. <i>Pilares de la gestión del mantenimiento</i>	55
Figura 5. <i>Designación según NTC, para los vehículos de la compañía</i>	58
Figura 6. <i>Ficha técnica del camión NHR EURO IV</i>	63
Figura 7. <i>Ficha técnica del camión NPR EURO IV</i>	64
Figura 8. <i>Ficha técnica del camión NQR EURO IV</i>	64
Figura 9. <i>Ficha técnica del camión FRR FORWARD EURO IV</i>	65
Figura 10. <i>Ficha técnica del camión FTR FORWARD EURO IV</i>	66
Figura 11. <i>Ficha técnica camión Hino dutro pro</i>	67
Figura 12. <i>Ficha técnica camión Hyundai hd65</i>	68
Figura 13. <i>Ficha técnica CL120</i>	69
Figura 14. <i>Ficha técnica de una M2 112</i>	70
Figura 15. <i>Ficha técnica de Cascadia básica</i>	71
Figura 16. <i>Ficha técnica de mini mula T370</i>	72
Figura 17. <i>Ficha técnica Kenworth T800</i>	72
Figura 18. <i>Tracto camiones más vendidos en el año 2017</i>	73
Figura 19. <i>Análisis de árbol de falla para MT-1D daño en el bloque del motor</i>	116
Figura 20. <i>Análisis de árbol de falla en la suspensión</i>	119
Figura 21. <i>Análisis de árbol de falla para EL-2D daño en el solenoide del inyector</i>	122
Figura 22. <i>Análisis de árbol de falla para FR-1B el compresor no suministra aire suficiente</i>	124
Figura 23. <i>Análisis de árbol de falla para AD-3A Intercooler tapado</i>	125
Figura 24. <i>Análisis de árbol de falla de vehículo no frena</i>	127
Figura 25. <i>Análisis de árbol de falla de vehículo no se genera movimiento</i>	129
Figura 26. <i>Análisis de árbol de falla de vehículo no prende las luces</i>	130

Figura 27. <i>Análisis de árbol de falla en llantas del vehículo</i>	131
Figura 28. <i>Análisis de árbol de falla, exceso de humo negro</i>	132
Figura 29. <i>Análisis de falla para pérdida de dirección del vehículo</i>	133
Figura 30. <i>Análisis de falla para salida de rueda del eje en operación.</i>	134
Figura 31. <i>Diagrama de decisión de vehículo no frena</i>	136
Figura 32. <i>Diagrama de decisión para problemas de paso de aire</i>	137
Figura 33. <i>Diagrama de decisión para problemas de suspensión</i>	138
Figura 34. <i>Diagrama de decisión, el vehículo no genera movimiento</i>	139
Figura 35. <i>Diagrama de decisión para desgaste irregular en los neumáticos</i>	140
Figura 36. <i>Diagrama de decisión exceso de humo negro</i>	141
Figura 37. <i>Diagrama de decisión para falla en la bomba de combustible</i>	142
Figura 38. <i>Problemas en el circuito eléctrico</i>	143
Figura 39. <i>Diagrama de decisión para recalentamiento</i>	144
Figura 40. <i>Diagrama de decisión para pérdida de dirección</i>	145
Figura 41. <i>Información de entrada para los formatos</i>	161
Figura 42. <i>Formato de inspección para el sistema de admisión</i>	162
Figura 43. <i>Formato físico en caso de contingencia</i>	163
Figura 44. <i>Información básica de vehículos</i>	164
Figura 45. <i>Listado de Servicios para un vehículo</i>	165
Figura 46. <i>Ejemplo de solicitud de mantenimiento</i>	165
Figura 47. <i>Campos de la tabla Servicio</i>	166
Figura 48. <i>Registros de repuestos</i>	168
Figura 49. <i>Flujo de costos de mantenimiento</i>	170
Figura 50. <i>Certificado de entrega para la disposición de aceite</i>	178
Figura 51. <i>Inspección visual para zonas no demarcadas</i>	179
Figura 52. <i>Situaciones inseguras provocadas por falta de orden durante las intervenciones</i>	180
Figura 53. <i>Falta de demarcación de zonas de trabajo</i>	181

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. <i>Costos de transporte terrestre para diciembre del 2019</i>	17
Tabla 2. <i>Criterios de clasificación de equipos</i>	27
Tabla 3. <i>Descomposición de las funciones</i>	31
Tabla 4. <i>Principios de la 5 'S</i>	35
Tabla 5. <i>Símbolos del análisis de árbol de falla</i>	39
Tabla 6. <i>Actividades específicas por cada objetivo</i>	42
Tabla 7. <i>Principales orígenes y destinos, tomados del RNDC</i>	46
Tabla 8. <i>Variación porcentual del Producto Interno Bruto a valor constante del 2005</i>	47
Tabla 9. <i>Composición de la flota de vehículos</i>	59
Tabla 10. <i>Matrículas de vehículos por vehículos</i>	60
Tabla 11. <i>Cantidad de vehículos según la marca</i>	61
Tabla 12. <i>Clasificación de vehículos según su peso bruto vehicular</i>	62
Tabla 13. <i>Cantidad de reportes de daño y distribución porcentual</i>	73
Tabla 14. <i>Cantidad de cambios de aceite</i>	74
Tabla 15. <i>Costo de cambios de aceite</i>	74
Tabla 16. <i>Cantidad y costo de llantas cambiadas en un año</i>	74
Tabla 17. <i>Distancias recorridas por líneas de vehículos</i>	75
Tabla 18. <i>Distancias recorridas según el peso</i>	75
Tabla 19. <i>Análisis de criticidad</i>	76
Tabla 20. <i>Cantidad de vehículos por línea</i>	76
Tabla 21. <i>Comparación de tipos de mantenimiento</i>	78
Tabla 22. <i>Ficha técnica CL120</i>	79
Tabla 23. <i>Peso bruto vehicular permitido por el ministerio de transporte</i>	80
Tabla 24. <i>Parámetros de operación</i>	80
Tabla 25. <i>División del equipo en sistemas</i>	81
Tabla 26. <i>Listado de fallas, funciones y efectos de falla para todos los sistemas</i>	83

Tabla 27. <i>Causas del listado de fallas</i>	106
Tabla 28. <i>Lista de procedimientos establecidos</i>	146
Tabla 29. <i>Fallas que atenúan y periodicidad de los procedimientos</i>	149
Tabla 31. <i>Costos de mantenimiento de los vehículos a cinco años</i>	171
Tabla 32. <i>CAUE valores totales de mantenimiento</i>	172
Tabla 33. <i>Costos sin mantenimiento en carretera</i>	173
Tabla 34. <i>CAUE sin mantenimiento en carretera</i>	174
Tabla 35. <i>Ejemplo de control</i>	176
Tabla 36. <i>Control de baterías</i>	177
Tabla 37. <i>Matriz de EPPS</i>	182

ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
ANDI	Asociación nacional de empresarios de Colombia
API	Instituto americano de petróleo (por sus siglas en inglés american petroleum institute)
cm	Centímetros
DFT	Depósito a término fijo
FENALCO	Federación nacional de comerciantes
FMEA	Análisis de modo efecto de falla (por sus siglas en inglés, fault mode effect analysis)
FTA	Árbol de análisis de falla (por sus siglas en inglés, fault tree analysis)
in	Pulgadas
InH2O	Pulgadas de agua (por sus siglas en inglés, inch water)
Km	Kilómetros
Lbf ft	Libra fuerza pie
Lbf in	Libra fuerza pulgada
mm	Milímetros
NTC	Norma técnica colombiana
PSI	Libras por pulgadas cuadradas (por sus siglas en inglés, pounds square inch)
RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad (por sus siglas en inglés, reliability centered maintenance)
RNDC	Registro nacional despacho de carga
RPN	Número prioritario de riesgo (por sus siglas en inglés, risk priority number)
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices (por sus siglas en inglés society of automotive engineers)
TIO	Tasa interna de oportunidad
TPM	Mantenimiento productivo total (por sus siglas en inglés, total productive maintenance)

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se realiza una descripción de la compañía de transporte de carga, su objeto funcional, los entes de control que rigen la normatividad que debe cumplir. La compañía posee diferentes marcas y líneas de vehículos, siendo los más críticos los tracto camiones columbia Detroit serie 60. Se describe el estado actual de mantenimiento, evidenciando que no posee procedimientos documentados para la intervención de los vehículos, tampoco información histórica de mantenimientos realizados. Dentro de las metodologías de mantenimiento existentes como el RCM, TPM, y FMEA, la única aplicable es el FMEA, debido a que no se tiene información histórica del mantenimiento.

Para el desarrollo del presente trabajo, se divide el tractocamión en 12 sistemas por la función que cumplen y se dividen en subsistemas por el tipo de energía que entregan (eléctrica, neumática, mecánica), y también se presentan los componentes más significativos de cada subgrupo. En la compañía se identifican más de 100 fallas comunes, por medio del árbol de análisis de falla se encontraron mecanismos comunes de falla y se establecen procedimientos para prevenir y mitigar que sucedan.

Identificar los modos y mecanismos de falla permite establecer los controles adecuados para que estas fallas no ocurran y afecten la operación normal de los vehículos. Una parada con un vehículo cargado representa pérdidas en la rentabilidad para la compañía y si se presentan fallas que dejen el vehículo por largos periodos sin funcionar, la compañía deja de recibir grandes ingresos.

Palabras claves:

- Plan mantenimiento
- Tracto camiones
- Detroit serie 60
- Freightliner CL 120
- Transporte carga terrestre

1. INTRODUCCIÓN

Por definición el mantenimiento preventivo tiene como función conservar el estado funcional de los equipos, realizando intervenciones programadas a los sistemas más vulnerables en momentos oportunos. Para cualquier compañía este tipo de enfoque es más que oportuno para la conservación de sus activos y obtener la máxima disponibilidad de estos, además de mantener una estructura de costos controlada.

Con base a la funcionalidad y las ventajas del mantenimiento preventivo, se plantea consolidar un grupo de actividades periódicas y programadas para la intervención de sistemas o equipos, en una empresa de transporte de carga, donde actualmente se realizan en su mayoría, tareas de mantenimiento correctivas.

La compañía donde se desarrolló el presente trabajo de grado posee altos costos asociados a mantenimiento, una disponibilidad de vehículos baja, falta de procedimientos para la intervención de vehículos, paradas frecuentes en operación (varadas) además de deterioro estético de muchas unidades. Por medio del plan de mantenimiento se ofrece a la empresa, lineamientos para el mantenimiento de los equipos, comenzando por los vehículos más críticos, para aumentar la disponibilidad, reducir las paradas en operación y los costos de mantenimiento, con el objetivo final de aumentar la rentabilidad de los servicios de transporte que presta.

Primero se diagnosticó el estado actual del mantenimiento, para esto se estableció el contexto legal y del sector económico donde se sitúa la compañía, se reseñaron las áreas administrativas y la ubicación del mantenimiento dentro de estas, luego se describieron los vehículos de la empresa, se agruparon por marca y capacidad de carga, dependiendo estos grupos se detallaron ciertos costos de mantenimiento y condiciones de servicio, para realizar análisis de criticidad, donde se escogió el tracto camión CL120 con motor Detroit Diesel 60. Luego se elaboró una revisión del estado del arte consultado metodologías para planes de mantenimiento, con el diagnóstico realizado anteriormente, se determinó que la metodología más adecuada es el FMEA, análisis de modo efecto de falla.

Por medio del FMEA se caracterizó el tractocamión Columbia mediante los diferentes sistemas que lo componen, como estos se relacionan entre sí para que el camión

funcione. Utilizando parte de la metodología del FMEA, se pudieron establecer fallas comunes en los equipos, los efectos y posibles causas. Por medio FTA, árbol de análisis de falla, las causas y los efectos de falla se agruparon, con ayuda del manual de fabricante se pudieron definir procedimientos concretos para cada sistema.

1.1. Justificación

La empresa está constituida por cámara de comercio desde año 2002, pero realmente comenzó su operación desde año 1998, desde su concepción estuvo enfocada hacia el transporte de carga refrigerada, lo que traduce en el transporte de flores y una gama alta de alimentos perecederos (carnes, frutas, vegetales y hortalizas congeladas, etc.); para el año 2008 la empresa, se adquieren los primeros cinco tracto camiones, todas de marca Freightliner, pero se distinguen dos líneas distintas M2 112 y CL120. Para el año 2011 se adquieren otras tres CL 120, y por último entre el año 2015 y 2016 se compran cinco tractocamiones bajo esa referencia, dando un total de 11 unidades Freightliner CL 120 con motor Detroit serie 60, sobre un total de 22 tracto camiones.

Siempre la empresa ha focalizado sus esfuerzos en mantener una productividad total, gestionando de manera no adecuada el mantenimiento, esto afecta mayormente a los sistemas más robustos y complejos que son los tracto camiones, ya que su mantenimiento debe ser más preciso y efectivo, a comparación con otro tipo de vehículos. Para contrarrestar esta perspectiva, se propone un plan de mantenimiento que mantenga en óptimas condiciones los vehículos y se disminuyan costos operacionales. Datos tomados por Colfecar, la federación colombiana de transporte de carga terrestre, los costos de operación que se muestran en la **Tabla 1**, demuestran que 53.71% dependen del mantenimiento, las llantas y el combustible, son costos fijos, pero que se ven afectados por la gestión del mantenimiento, no tener una planeación incrementa el gasto por estos conceptos.

La compañía debe gestionar de mejor manera los vehículos que son el alma de su objeto funcional, siendo más específicos, los tracto camiones que traen mayor beneficio

financiero y su mantenimiento si no se hace de manera eficiente, es mucho más costoso, comparado con otro tipo de vehículos. Mediante un plan de mantenimiento se pretende que la compañía mantenga un estado óptimo en sus vehículos más rentables y dentro de ellos, los que posee en mayor cantidad. De no establecer el plan de mantenimiento se aumentarán los costos operacionales y se seguirá disminuyendo la vida útil de los vehículos. Los beneficios que obtendrá la compañía, con un plan de mantenimiento para los vehículos relacionados en el título propuesto, son mejorar la rentabilidad de los vehículos, y de resultar eficiente, establecer un plan de mantenimiento transversal para todos los tipos equipos de la compañía.

Tabla 1.

Costos de transporte terrestre para diciembre del 2019

CONCEPTO	Incremento	Incidencia	Participación
SALARIOS, PRESTACIONES Y COMISIONES	4,82	0,83	17,36
COMBUSTIBLES	4,62	1,72	37,48
LLANTAS Y NEUMÁTICOS	3,93	0,30	7,60
COSTO DE CAPITAL	3,88	0,49	12,66
FILTROS	1,08	0,01	0,74
LUBRICANTES	1,01	0,02	1,50
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	2,47	0,17	6,67
PEAJES	2,52	0,29	11,48
IMPUESTOS AL VEHÍCULO	4,85	0,02	0,38
SEGUROS	5,14	0,10	2,06
GARAJES Y LAVADO	6,00	0,05	0,78
OTROS	3,52	0,05	1,30
TOTAL MES		4,04	100,00

Nota: En la tabla se muestra los costos discriminados asociados a la operación de mantenimiento, estos datos son mostrados por Colfecar para el año 2019. Tomado de: Colfecar, Costos de transporte terrestre para diciembre del 2019. [En línea] disponible: <https://www.colfecar.org.co/estudios-economicos>

1.2. Planteamiento del problema

Una empresa de transporte de carga refrigerada terrestre que opera a lo largo del país con 59 vehículos propios y 40 unidades de refrigeración, con una consolidación de

clientes a lo largo de 20 años, tiene una posición fuerte en el mercado del transporte. El mantenimiento se convirtió en un área crítica que ha impactado con un aumento en los costos, retrasando los tiempos en los recorridos de los vehículos dando mala imagen frente a los clientes. El tracto camión por su capacidad de carga y por la complejidad de su composición, es el tipo de vehículo más crítico dentro de la compañía debido a que genera mayores ingresos. La compañía posee dentro de su flota de tractocamiones 22 unidades, donde se distinguen equipos con motores Cummins, Detroit serie 60, en marcas Kenworth y Freightliner, y las líneas son CL120, M2-112, Cascadia y T800; en mayor cantidad se presentan en un 50% las unidades Detroit serie 60 de línea CL120. El mantenimiento para estos equipos debe ser más preciso, por el costo de las partes y la complejidad de sus sistemas; los hace más sensibles y propensos a fallas debido a malas reparaciones o repuestos de mala calidad. Una parada o tiempos extendidos en intervenciones de reparación, para esta clase de vehículos afectan considerablemente los ingresos de la compañía. El grupo de vehículos más crítico dentro de la compañía es el Detroit serie 60 en línea CL120, debido al gran número de unidades que posee la empresa, el número de fallas que han presentado durante el tiempo que llevan en operación y cantidad de dinero invertido en reparaciones para este tipo de unidades.

Partiendo del hecho que no existen procedimientos específicos para la ejecución de intervenciones o una mínima planeación de mantenimiento, las intervenciones se realizan de manera correctiva, interviniendo solo en la eventualidad de una falla, no se elaboran inspecciones a los equipos que permitan identificar componentes que tengan un mal funcionamiento.

El problema por resolver es **“NO HAY GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LOS TRACTOCAMIONES DETROIT SERIE 60 LÍNEA CL120 EN UNA COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE CARGA”**. Haciendo la salvedad que actualmente no hay en la compañía una gestión del mantenimiento que permita realizar una planificación de intervención.

Con base en esto se plantea la pregunta de ingeniería **¿Cuál es plan de mantenimiento adecuado para tracto camiones con motor Detroit serie 60 línea CL120 para una empresa de transporte de carga?**

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Elaborar un plan de mantenimiento para tracto camiones con motor Detroit serie 60 línea CL120 para una empresa de transporte de carga

1.3.2. *Objetivos específicos*

1. Diagnosticar el estado actual del mantenimiento realizado a la flota de vehículos dentro de la compañía
2. Definir el tipo de mantenimiento adecuado al diagnóstico
3. Elaborar el plan de mantenimiento de acuerdo con el tipo de mantenimiento escogido
4. Elaborar análisis financiero, ambiental y seguridad industrial
- 5.

1.4. Delimitación

El trabajo de grado comprende la elaboración de plan de mantenimiento para tracto camiones con motor Detroit serie 60 de línea CL120, de una empresa de transporte de carga con sede principal en la ciudad de Bogotá, el entregable comprenderá de fichas técnicas de los equipos, procedimientos de intervención para los sistemas de las unidades, cronogramas de intervención, rutas de operaciones.

Para desarrollar el plan de mantenimiento se debe realizar un diagnóstico inicial donde se verifiquen las condiciones actuales del área de mantenimiento, esto comprende

describir la compañía y su actividad económica, descripción de la totalidad de los vehículos que tiene la compañía (marcas, líneas, capacidades), descripción de los tiempos y distancias de operación y por último se presentará un análisis de criticidad para determinar porque las tracto camiones CL 120 Detroit serie 60 son las más críticas para el desarrollo de un plan de mantenimiento.

Se plantea un tipo de plan que se adapte a la actividad productiva de la compañía, para ello se expondrán los tipos de mantenimiento que se implementan actualmente, mediante comparaciones se elige el plan que mejor se adapte a las características funcionales de la compañía.

Definido el tipo de plan que se elaborará, se estructuran procedimientos, cronogramas, rutas de mantenimiento, cronograma de intervenciones, procedimientos, diccionario de fallas, lista de partes, lista de proveedores.

Por último, se formula un análisis financiero mediante en indicador CAUE para evaluar la reducción de los costos de mantenimiento si se evitan las paradas en carretera. De igual forma se presenta una matriz ambiental para la disposición final de llantas, aceites, filtros y baterías; de igual forma una matriz de salud y seguridad para los operarios de mantenimiento.

La empresa se reserva el nombre, pero suministrará información real de las unidades, el estado actual de los vehículos, mantenimientos realizados, cifras monetarias de los costos de mantenimiento, kilometrajes, listado actual de proveedores, costos de insumos y repuestos utilizados en este grupo de máquinas, cifras de ganancias por vehículos, tiempos y distancias de operación, información de la planta física donde se realiza el mantenimiento, de igual manera datos del recurso humano y físico que opera el mantenimiento.

El investigador se compromete a cumplir las actividades propuestas en el presente documento para dar cumplimiento a los objetivos propuestos en un plazo de cuatro meses a partir de la aprobación del anteproyecto.

1.5. Hipótesis o solución del problema

Partiendo del problema planteado, donde no se tiene gestión adecuada en el mantenimiento para tracto camiones con motor Detroit Diesel serie 60, línea CL120, en una empresa de transporte de carga, en primer medida se debe realizar un diagnóstico inicial para reconocer la función productiva de la empresa, los camiones que componen la flota de vehículos, sus especificaciones; las rutinas de operación de los vehículos, las rutas que recorren, la cantidad de kilómetros que transitan en determinados periodos de tiempo, con base a esta información se debe validar que los tractocamiones citados en el título propuesto del presente trabajo, son los más críticos y beneficiosos para la compañía para establecer un plan de mantenimiento.

Establecido el tipo de vehículo al cual se realizará el plan de mantenimiento, se debe elegir el tipo de rutina de intervención a desarrollar, elaborando un estado de arte de cada tipo de plan de mantenimiento que se encuentra en la literatura, se desarrollará una comparación entre estos tipos de planes para determinar cuál modelo se ajusta más a la compañía y a su objeto funcional.

Fijado y validado, el tipo vehículo al cual se desarrollará el plan de mantenimiento y el modelo de intervención que más se ajusta a la compañía, se desarrolla el núcleo del presente trabajo de grado, el cual es el desarrollo del plan de mantenimiento, donde en un primer momento se debe constituir fichas técnicas de los equipos, información de operación, listado de repuestos, luego se debe subdividir el equipo en subsistemas. Se debe generar un diccionario de fallas, para desarrollar análisis por medio de diagramas, que permitan establecer posibles soluciones a las fallas presentadas. Luego, se establecen rutinas de inspección, con sus respectivos procedimientos.

Utilizando el indicador financiero de costo anual uniforme equivalente (CAUE), se presenta un análisis financiero de la viabilidad implementación del plan de mantenimiento, producto del presente trabajo de grado, comparando los costos de mantenimiento actuales. El proyecto propone matrices de manejo ambiental para la disposición final de insumos como llantas, baterías, aceites y filtros; de igual forma se establece una matriz de elementos de seguridad personal para los operarios de mantenimiento, además de seguridad en la planta física.

Habiendo mostrado las generalidades del proyecto desde la introducción, los objetivos y la descripción del problema, a continuación, se establece el marco teórico para el desarrollo del presente trabajo de grado.

2. ESTADO DEL ARTE

En esta sección del documento se presenta la revisión del arte realizada para el desarrollo del presente trabajo de grado, antecedentes de la implementación de planes de mantenimiento a flotas de vehículos para la prestación de servicios, tipos de mantenimiento, tipos de planes de intervención programada y metodologías de análisis de falla.

2.1. Antecedentes

Dentro del marco legal, el ministerio de transporte en Colombia estima que “entre el periodo entre 2002-2012, en donde se obtiene una cifra representativa de casi 62.000 colombianos muertos y más de 443.000 heridos en accidentes de tránsito” [1], conforme a esta estadística que corrobora una percepción general de un aumento desenfrenado de la accidentalidad vial, el ministerio de transporte por medio de la resolución 1565 del año 2014, reglamenta el plan estratégico de seguridad vial, por medio del cual obliga a las empresas de transporte, cumplir lineamientos que ayuden a mitigar la accidentalidad vial. Se basa principalmente en cinco pilares, donde uno de ellos es “vehículos seguros”; el ministerio exige a las compañías tener una programación de mantenimiento preventivo que cuente con fichas técnicas, procedimientos basados en las recomendaciones de los fabricantes, definir los componentes de la seguridad activa y pasiva dentro de los vehículos, y se debe definir una periodicidad en las intervenciones.

La estandarización y de mejora de procesos permite acortar tiempos en taller, de esta forma aumentar la disponibilidad de las unidades como lo demuestra Bytter [2] y los coautores en un artículo de investigación publicado en el año 2017, donde muestran los resultados obtenidos de la aplicación de un software autónomo de variables para controlar el plan de mantenimiento de una flota de buses en Estados Unidos; la aplicación de este dio como resultado recortar a la mitad el tiempo que los buses duraban en el taller. De igual manera la información histórica es un parámetro crítico para cualquier sistema de mantenimiento, toma de decisiones, mejora u optimización de procesos; para

la detección temprana de fallas se pueden emplear modelos probabilísticos como lo plantean los autores Frisk y Krysander [3] en su artículo de investigación “Diagnóstico de baterías plomo ácido basado en datos de variables acumulativas”, como lo plantea el título utilizan información histórica de 291 variables en 33603 vehículos, utilizando el método probabilístico de “bosque aleatorio” en el que se determina la vida útil de las baterías de tracto camiones bajo diferentes condiciones climáticas.

Se resalta del artículo la preponderancia que le otorga a la información histórica para el mantenimiento. Complementando lo anterior, esta información permite la identificación y clasificación temprana de fallas, lo que ayuda a realizar intervenciones oportunas a equipos, sistemas o partes que posean un mal funcionamiento, evitando fallos durante la operación. Para servicios de transporte terrestre es vital prevenir las fallas durante la operación, una falla durante la operación de camión puede desencadenar en un accidente de tránsito, lo cual acarrea muertes o lesiones personales, mediante un artículo de investigación del sistema de metro en China, Huan et al [4], con el propósito de evitar accidentes se realiza un estudio con base información histórica para pronosticar la fiabilidad de los componentes del metro en operación, eficiencia del mantenimiento y la seguridad en la operación del metro.

En el artículo de Petrovic y compañía [5], donde se evalúa la posibilidad de implementar FMEA para prolongar la vida útil de 59 buses de la misma marca, establece la importancia de esta estrategia de mantenimiento debido a que es una iniciativa valiosa en ingeniería, para establecer un plan de mantenimiento, mediante el conocimiento del equipo mientras se establecen los mecanismos de falla de éste. Mediante el cálculo del Número Prioritario de Riesgo, RPN (por sus siglas en inglés, Risk Priority Number), se determinan los puntos prioritarios para contrarrestar los modos de falla más frecuentes, costosos y cuyo impacto afecta el funcionamiento de los buses. En el artículo publicado en la Universidad de Zilina en Eslovaquia [6], se realiza la implementación del FMEA para establecer un plan de mantenimiento para el sistema de frenos de aire en semirremolques. La metodología empleada en el artículo de investigación fue: Primero se definen las funciones del equipo basado en los conceptos de confiabilidad, seguridad

y calidad. Luego se describe la funcionalidad del equipo, se detallan las interfaces entre los grupos funcionales del equipo, describiendo la dependencia y las interrelaciones entre estos grupos. Luego se enuncian los modos de falla, los efectos de falla y por último se establecen procedimientos de inspección e intervención para detectar y/o prevenir cada falla. Realizando el análisis del RPN, se generan procedimientos de intervención a 45.000 km, 90.000 km y 180.000 km. La metodología utilizada en el artículo citado será similar a la utilizada en el siguiente trabajo sin utilizar el RPN, debido a que no se tiene información de la frecuencia de fallas.

Coltanques es la empresa de transporte de carga terrestre más grande del país, con más de 1200 vehículos propios, posee una infraestructura física propia, con el recurso humano y físico suficiente para realizar mantenimiento a toda su flota de camiones. Plantea que sus pilares de mantenimiento son el predictivo y preventivo, con un cumplimiento estricto de la planeación basados en estos tipos de intervención. Cumple con estándares ISO y BASC, lo cual asegura que sus procedimientos incluidos con los de mantenimiento, brinda a sus clientes servicios seguros y de calidad.

2.2. Marco teórico

A continuación, se presenta información teórica que apoya el desarrollo del proyecto, primero se describe que es un análisis de criticidad, luego se enuncian diferentes metodologías para la elaboración de planes de mantenimiento, FMEA, RCM y TPM, para determinar posteriormente cuál metodología se adapta mejor para desarrollo del presente plan de mantenimiento. Por último, se presenta el método de análisis a utilizar para las fallas.

2.2.1. Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una herramienta que permite priorizar los activos más importantes dentro del objeto funcional de una compañía, para destinar la mayor cantidad de recursos (humano, físico y monetario) en el mantenimiento de éstos. Con el objeto de validar el grupo de equipos que se desarrollará el plan de mantenimiento del presente trabajo, se realiza el análisis de criticidad con base a los criterios establecidos por Santiago García [7], en el manual de gestión del mantenimiento, donde clasifica los equipos de la siguiente forma:

- Equipos críticos, son aquellos que afectan significativamente la producción de una compañía, a causa de una falla o una parada.
- Equipos importantes, son aquellos que afectan la producción de una empresa en caso de falla o avería, pero que sus consecuencias son asumibles por parte de la compañía.
- Equipos prescindibles, son aquellos que en caso de falla no afectan en mayor medida la operación productiva de la compañía.

Conjunto con la clasificación de los equipos, se establecen los criterios para realizar el análisis

- Producción, se establece la influencia que produce en está, en caso de que se presente una falla en un equipo. Si, se detiene completamente un proceso o no tiene consecuencia alguna dentro del ciclo productivo.

- Calidad, se evalúa si el equipo afecta la calidad del producto o servicio final.
- Mantenimiento, que tan frecuente se presentan averías en el equipo, y que tan costosas son.
- Seguridad y medio ambiente, mide la afectación en medio o la personas cuando se presenta una avería, y la probabilidad que la falla ocurra.

Como ejemplo el autor establece una tabla tipo, como se muestra en la **Tabla 2**, donde se describe cómo realizar el análisis de criticidad y como establecer si un equipo es crítico, importante o prescindible, relacionando los criterios citados de producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

Tabla 2.
Criterios de clasificación de equipos

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumo de una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Nota: En esta tabla se muestran todas las características para clasificar elementos a todo nivel y en las diferentes áreas establecidas por el autor. Tomado de: *Santiago García* Gestión integral del mantenimiento. 40p.

Realizando un análisis dentro la flota de vehículos de la compañía Tomando una división macro, ya establecida. La calificación otorgada a cada grupo de vehículos se toma con base a la información anteriormente citada, de los recorridos. Tomando como referencia la representación realizada por el autor donde:

- Crítico: “A”
- Importante: “B”
- Prescindible: “C”

2.2.2. FMEA, Análisis modo efecto de falla

La metodología del FMEA, es una herramienta de análisis utilizada por diferentes tipos de mantenimiento, además considerarse como un enfoque propio de mantenimiento. Es un método de “confiabilidad” en ingeniería, ya que permite prevenir la ocurrencia de las fallas, permite una identificación completa de los equipos o máquinas, debido a que se descomponen hasta su nivel más básico. Se agrupan los diferentes componentes de las máquinas en sistemas. Para cada componente se describe una o varias fallas funcionales (no la falla del componente), las cuales son eventos que no permiten a la máquina o al equipo cumplir con su objeto funcional. Es una metodología con gran aplicación en la industria automotriz, existe un estándar establecido por la sociedad americana de ingenieros automotrices, SAE para la formulación e implementación de planes de mantenimiento utilizando el FMEA, el cual se denomina SAE J17349 [8] y es utilizado por Ford y General Motors, para establecer manuales y rutinas de mantenimiento.

Como fundamento de esta metodología, se asocia falla con el concepto de riesgo, según la ISO 31000 [9], riesgo es el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos, dentro del mantenimiento, es el efecto de la ocurrencia de una falla en el funcionamiento de los vehículos, los riesgos son generados por distintos factores, los cuales deben ser analizados para prevenir, mitigar o aceptar su materialización. El análisis de riesgo permite identificar cuáles son sus causas y consecuencias, lo cual brinda herramientas para prevenir su ocurrencia, estableciendo procedimiento y controles, esto se conoce

como gestión del riesgo. El FMEA es una metodología de mantenimiento de gestión de riesgo.

El manual establecido por Ford [8] con base a la norma SAE J17349, se distinguen tres tipos distintos de FMEA:

- Concepto del FMEA, definido exclusivamente para Ford
- Diseño FMEA, metodología estandarizada en la industria
- Proceso de FMEA, ensamblaje y manufactura.

Tomando como referencia esta guía [8], se describe el procedimiento de desarrollo del diseño del FMEA.

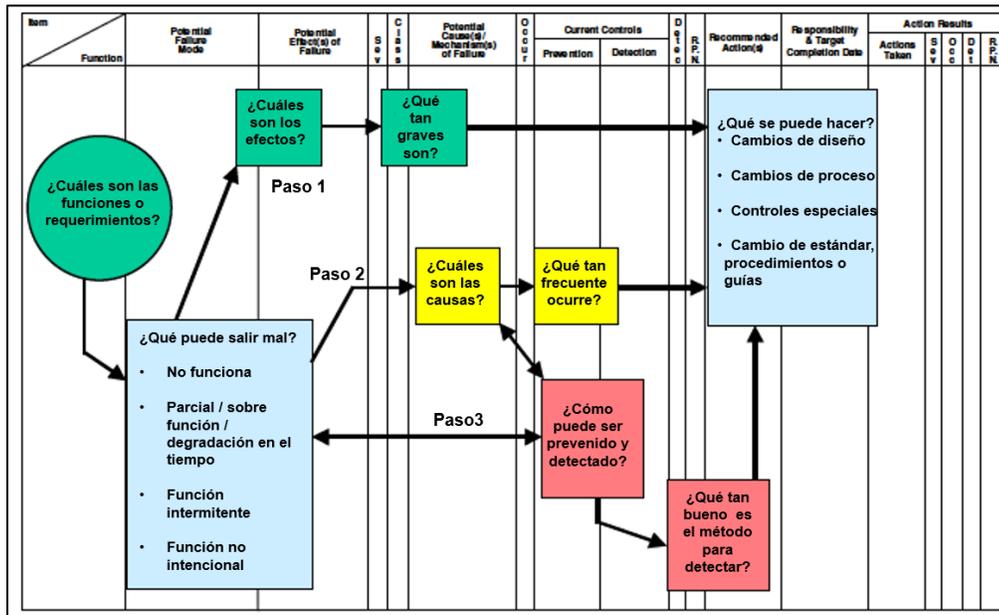
2.2.2.a. Alcance del FMEA. Se delimita el sistema, definiendo qué se incluye y excluye dentro del diseño del FMEA. Por medio de paso el diseño del FMEA, no se extralimita la planificación ni se omiten detalles dentro del análisis

2.2.2.b. Herramientas de robustez. Son formas que permiten a la compañía satisfacer las necesidades de sus clientes evitando quejas o reclamos por defectos de calidad. Por medio de los diagramas de tubería e instrumentación, se pueden identificar factores de ruido que pueden afectar el desempeño de la máquina.

Asociado al formato del FMEA, se identifican los pasos de desarrollo del diseño del FMEA. Como se puede ver en la **Figura 1**.

Figura 1.

Proceso de desarrollo del FMEA



Nota: Se muestran los pasos establecidos por Ford para el desarrollo del FMEA.

Tomado de: *Ford*. Guía FMEA.

2.2.2.c. Paso 1. Se deben identificar todas las funciones y de qué forma, estas puedan fallar, identificar el grupo de efectos que puede causar los modos de falla, identificar el rango de severidad por modo de falla, si es posible recomendar acciones para eliminar el modo de falla, sin nombrar causas. Este componente del FMEA es tomado del manual de Ford [8].

- La función. Esta debe ser nombrada por un verbo, un sustantivo y debe hacerse de forma medible de tal forma que pueda ser verificado y validado, incluyendo parámetros de operación. La función debe ser citada de la siguiente manera, como se muestra en la

Tabla 3

Tabla 3.

Descomposición de las funciones

Función del componente	
Descripción ¿Qué se supone que hace? ¿Qué se supone que no hace? Listar todas las funciones y separarlas de las especificaciones	
Lista de todas las funciones	Especificaciones
Descripción de la función	¿Cuánto? ¿Cuándo?

Nota: En esta tabla se definen los parámetros para describir la función de un componente. Tomado de: Ford. Guía FMEA.

- Modos potenciales de falla. Es la forma como el componente o sistema no puede alcanzar o entregar la función que debería entregar, por causa a las fallas anteriormente citadas. Se distinguen cuatro tipos de falla:

- No funciona: el componente o sistema es totalmente inoperante
- Parcial / sobre función / degradación con el paso del tiempo: el componente o sistema realiza la función de manera parcial, no cumple con los rendimientos esperados
- Función intermitente: no se realiza la función en todo momento debido a factores externos, como temperatura, polvo y el ambiente
- Función no intencional. Elementos que interfieren entre sí, afectando la funcionalidad de uno de estos.

Para identificar los potenciales de falla se deben plantear las siguientes preguntas:

- ¿De qué forma el componente puede fallar en cumplir su función deseada?
- ¿Cuándo la función es probada, como se podría detectar el modo de falla?
- ¿Dónde y cómo operará el sistema o la máquina?
- ¿En qué condiciones ambientales operará la máquina?

- Efectos potenciales de falla. Se deben describir los efectos de la falla en función de la experiencia del operario y como pueda percibir la ocurrencia de la avería. Los efectos deben ser enunciados en función del sistema o el nivel que se esté realizando el análisis. Se deben tener en cuenta la relación jerárquica entre sistemas, subsistemas y componentes, para relacionar como el efecto sobre un componente pueda afectar todo un sistema. Además, se deben tener en cuenta las consecuencias en la integridad física de los operarios y efectos adversos en el medio ambiente.

Los potenciales efectos de falla se deben formular con base a las consecuencias que puedan suceder en los siguientes casos:

- En la operación, función o el estado de los subcomponentes de la máquina
- En la operación, función o el estado en el siguiente nivel más grande
- En la operación, función o el estado en el sistema
- En la operación, conducción y seguridad del vehículo
- En las sensaciones que pueda tener el cliente, en su operación
- El cumplimiento en regulaciones del gobierno

2.2.2.d. Paso 2. Mediante este paso del FMEA, se identifican causas asociadas de falla, grados estimados de ocurrencia, se listan acciones recomendadas para fallas de gran severidad y criticidad. Este componente del FMEA es tomado del manual de Ford [8].

- Causas potenciales de falla / mecanismos de falla. Define la forma como la falla puede ocurrir, descrita en forma de acciones para ser corregidas o controladas. Se debe listar de manera completa y extensa todas las posibles causas de falla para cada modo. Algunas causas de falla pueden ser:

- Torque incorrecto
- Soldadura incorrecta
- Tratamiento térmico incorrecto
- Lubricación inadecuada o no existe
- Puntos erosionados
- Mala configuración de equipos
- Mala calibración

- Componente faltante o instalado en un sitio inadecuado
- Herramientas degradadas
- Herramienta rota
- Programación mal realizada

Las causas de falla se deben determinar por medio de las siguientes preguntas:

- ¿Cómo puede fallar el componente de esta manera?
- ¿Qué circunstancias causan que el componente falle para ejecutar su función?
- ¿Cómo el componente falla para cumplir con sus especificaciones técnicas?
- ¿Qué causa la falla que no permite al componente realizar su función?
- ¿Cómo componentes relacionados generan incompatibilidad? ¿qué componentes llevan a la compatibilidad?
- ¿Qué información descrita en el diagrama de tubería e instrumentación puede identificar causas posibles de falla?
- ¿Qué información de la matriz de interfaces, fue desestimada y puede brindar información de causas probables de falla?

2.2.3. RCM, Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Es una estrategia de mantenimiento como su nombre lo indica, enfocado en la confiabilidad. Utilizado por primera vez en la industria aeronáutica con el fin de brindar seguridad al usuario final, previniendo fallas que puedan causar muertes. Es definido como “el requerimiento de mantenimiento, ingeniería y gestión de riesgos para asegurar un nivel tolerable de seguridad, sostenibilidad ambiental y rentabilidad operacional de los activos de una organización” [10].

Como su nombre lo dice mantenimiento centrado en la “confiabilidad”, definiendo este concepto como “la probabilidad que una máquina realice satisfactoriamente una función durante un tiempo específico, bajo ciertas condiciones operacionales” [11], estableciendo estas condiciones operacionales en función, tiempo, ambiente, ciclos y/o estado estático. El mantenimiento se encierra bajo un modelo no determinista, donde no es posible prever

una falla con toda seguridad, en cambio se maneja la “probabilidad” que la falla ocurra o no ocurra.

En ingeniería la confiabilidad esperada de una máquina se consigue mediante una serie de actividades técnicas y de gestión, las cuales se dividen en:

- Revisión constante de las especificaciones de la máquina, para asegurarse que todos los objetivos de fiabilidad y los requerimientos de soportes, están incluidos.
- Análisis profundos de confiabilidad, como modelos de predicción de fiabilidad, estudios de trazabilidad, análisis de modo efecto de falla, análisis de criticidad, etc.
- Revisión y control, de manera continua sobre los riesgos potenciales que puedan afectar a la máquina

Según el RCM3 [10], este tipo de mantenimiento se basa en las siguientes ocho preguntas:

- ¿Cuáles son las condiciones operacionales?
- ¿Cuáles son las funciones asociadas a los parámetros de rendimiento de la máquina, en las condiciones actuales de operación?
- ¿De qué manera falla para completar sus funciones? (estado de falla)
- ¿Qué pasa cuando cada falla ocurre? (modo efecto de falla)
- ¿Cuáles son los riesgos asociados a cada falla? (riesgos inherentes asociados)
- ¿Qué se debe hacer para convertir un riesgo intolerable a uno aceptable? (utilizando estrategias proactivas de gestión del riesgo)
- ¿Qué se puede hacer para reducir o manejar riesgos tolerables, de manera financieramente eficiente?

Para el desarrollo del RCM, se desarrollan los siguientes pasos, según Anthony y Glenn [11], en el libro de mantenimiento de clase mundial:

- Paso 1, seleccionar un sistema y recolección de información
- Paso 2, seleccionar los límites del sistema
- Paso 3, identificar el sistema y su diagrama funcional de bloques
- Paso 4, identificar las funciones del sistema y las fallas funcionales

- Paso 5, desarrollar el análisis de modo efecto de falla, FMEA (por sus siglas en inglés)
- Paso 6, establecer el árbol de decisión lógico (priorizar la función por medio de los modos de falla)
- Paso 7, seleccionar tareas financieramente eficientes para gestionar y prevenir la falla.

2.2.4. TPM, Mantenimiento de productividad total

Es una metodología japonesa, la cual establece una cooperación de todos los empleados enfocada al mantenimiento, se busca orientar las habilidades y destrezas del recurso humano, en búsqueda de mejorar la eficiencia de la planta, la cual puede ser conseguida eliminando la pérdida de tiempo y recursos, como lo afirman Cudney y Agustiadty [12], es su guía de implementación del TPM. Mediante esta metodología, se aborda un concepto, denominado “mantenimiento autónomo” donde se cuenta con operario para que se realicen tareas para mantener en buenas condiciones los equipos.

2.2.4.a. Principios de la 5's. Este tipo de mantenimiento posee cinco principios básicos, se denominan las 5'S, debido a que son cinco conceptos cuyas iniciales en el japonés son la letra “S”. Las definiciones se muestran en la **Tabla 4**.

Tabla 4.

Principios de la 5 'S

Principio en japonés	Principio en español	Definición
Seiri	Clasificar	Seleccionar entre lo que es importante y lo que no lo es. Eliminar las cosas no importantes
Seiso	Limpiar	Hacer aseo continuo a las herramientas y los sitios de trabajo, brinda altos estándares de calidad
Shitsuke	Disciplina	Por medio del compromiso del operario se busca mantener el orden. El compromiso se logra mediante el entrenamiento continuo
Seiton	Ordenar	Tener todo en su lugar y tener un lugar para todo, aumentará la eficiencia, reduce el tiempo de búsqueda de herramientas
Seiketsu	Estandarizar	Programar actividades de clasificación, limpiar y ordenar ayuda a prevenir condiciones de tener basura, suciedad y desorden

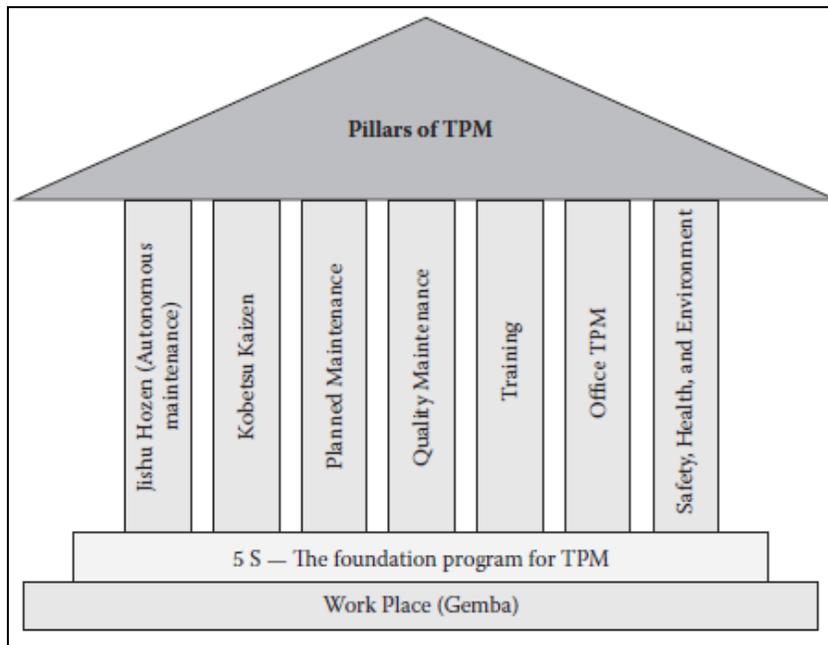
Nota: En esta tabla se presentan las definiciones de 5 S's. Tomado de: *Elizabeth Cudney y Tina Agustiadty*. Guía de estrategias e implementación del TPM

2.2.4.b. Pilares del TPM. Por medio de la metodología de la 5'S, se busca una optimización de recursos, donde los operarios realicen actividades que brinden valor

añadido a la compañía mediante un aumento de la producción, reducción de defectos, aumento de capacidad. Estos principios fundamentan la metodología del TPM, como se ve en la **Figura 2**, donde gráficamente se describe la “construcción” del TPM, donde se encuentran ocho columnas:

Figura 2.

Pilares del TPM.



Nota. De manera gráfica se presentan los ocho pilares del TPM. Tomado de: *Elizabeth Cudney y Tina Agustiady*. Guía de estrategias e implementación del TPM

- Jishu Hozen – mantenimiento autónomo. Núcleo básico del TPM, donde se delegan tareas pequeñas de mantenimiento al operario, para que éste se asegure que el equipo que tiene a cargo siempre se encuentre en buenas condiciones. Liberando a los técnicos especializados de tareas pequeñas de mantenimiento, estos pueden enfocarse en realizar tareas que brinden más valor agregado. Por medio del mantenimiento autónomo el operario conoce más a fondo el funcionamiento de la máquina que opera, se asocian con el mantenimiento, mejorando el rendimiento y confiabilidad de los equipos y sistemas.
- Kobetsu kaisen. “Kaisen” es un término japonés que traduce “mejora continua”. Este es un concepto de descomposición de los procesos, para comprender enteramente su

composición, identificar procesos y elementos que no brindan valor, y eliminarlos. Optimizar es el objetivo de este principio, para aumentar la productividad y reducir los tiempos en los procesos. Las actividades de los operarios deben ser analizadas, para reducir los tiempos no operativos, la carga laboral debe ser balanceada.

Por medio de kaisen se quiere lograr la “meta cero”:

- Cero paradas, cero reajustes
- Cero defectos

- Mantenimiento planificado. Busca que la maquinaria se encuentre con cero fallas, por medio de un mantenimiento proactivo. Por medio de este se busca:
 - Cero fallas en operación de los equipos
 - Mejorar la confiabilidad y reducir el mantenimiento
 - Asegurar la disponibilidad de repuestos

El mantenimiento planificado sigue los siguientes pasos:

- Paso 1: Una evaluación del equipo y registrar su estado actual
- Paso 2: Restaurar deterioro y mejorar debilidades
- Paso 3: Construir un sistema de gestión de la información
- Paso 4: Organizar la información en función del tiempo, equipos seleccionados, partes
- Paso 5: Preparar mantenimiento preventivo, utilizando herramientas de diagnóstico
- Paso 6: Evaluación y planificación del mantenimiento

Mediante la planificación del mantenimiento, se busca pasar de un mantenimiento reactivo a un mantenimiento proactivo, mediante cronogramas de intervención, diagnósticos para predecir la vida útil de equipos y repuestos.

- Calidad del mantenimiento. Es la búsqueda de la satisfacción del cliente, mediante una producción con cero fallas, eliminar las no conformidades. Detallar cuales son las partes que causan más defectos para mejorar los índices de calidad. Los objetivos de la calidad en el mantenimiento son:

- Cero quejas del cliente
- Reducir a la mitad los defectos del proceso
- Reducir los costos a la mitad

- Entrenamiento. Busca mejorar activamente el personal, para que realice sus actividades de manera proactiva, sin supervisión y con eficiencia, el entrenamiento mejora las aptitudes de los operarios. Los objetivos del entrenamiento son:
 - Llevar a cero los tiempos muertos
 - Evitar los errores por falta de capacitación, técnica o habilidades
 - Brindar un esquema del 100% de participación.

- Oficina del TPM. Entra en funcionamiento cuando se establecen los pilares anteriores, esta oficina debe velar por el aumento en la productividad y la eficiencia, mientras identifica las pérdidas.

Se identifican las mayores pérdidas en las siguientes.

- Pérdidas en proceso
- Pérdidas en costos
- Pérdidas de comunicación
- Pérdidas ociosas
- Pérdidas de configuración
- Pérdidas de precisión
- Daño en el equipo de la oficina
- Daño en los canales de comunicación
- Tiempo utilizado en la recuperación de información
- No disponer de la información sobre el inventario
- Quejas del cliente debido a la logística
- Gasto de contratar a alguien o comprar algún productivo, debido a una emergencia

- Seguridad, salud y medio ambiente. Busca un ambiente de trabajo que no se vea afectado por procesos o procedimientos, con base a la “meta cero”, cero accidentes, cero daños a la salud, cero incendios.

2.2.5. *Árbol de análisis de falla, FTA*

FTA (failure tree analysis), es una herramienta que se utiliza para determinar el grado confiabilidad y seguridad que brinda un sistema. Por medio de esta metodología se relacionan los efectos y causas de falla presentados, y de esta forma se delinear procedimientos de inspección e intervención, esta definición de árbol de análisis de falla fue tomada de la publicación de Keith Mobley [13]. Es una matriz gráfica que utiliza los siguientes símbolos mostrados en la **Tabla 5**, los cuales son extraídos de la publicación en línea de Thomas Pyzdek [14]. El objetivo de esta sección es agrupar la mayor cantidad de fallas descritas y encontrar puntos de acción comunes que permitan prevenir y mitigar la ocurrencia, frecuencia y severidad de las fallas mencionadas.

Tabla 5.

Símbolos del análisis de árbol de falla

Gate Symbol	Gate Name	Causal Relations
	AND gate	Output event occurs if all the input events occur simultaneously
	OR gate	Output event occurs if any one of the input events occurs
	Event represented by a gate	
	Basic event with sufficient data	
	switch or house	Either occurring or not occurring

Nota: En la tabla se presentan los diferentes símbolos de proceso para el análisis de árbol de falla. Tomado de: *Thomas Pyzdek Fault tree analysis*.

Luego de mostrar los símbolos del FTA, se da paso al capítulo de metodología, donde se muestra el listado de actividades que se desarrollaron para la elaboración del presente trabajo de grado.

3. METODOLOGÍA

El tipo de investigación a realizar es de tipo cualitativa debido a que la construcción del plan de mantenimiento conlleva a la recolección de datos no cuantificables, para este caso el análisis de criticidad el estado actual de los vehículos, el agrupamiento de sistemas de los equipos, los fallos comunes, los efectos y mecanismos de falla, esto se lleva a cabo en el proceso inductivo de la investigación cualitativa.

Dentro del contexto de la compañía, de la funcionalidad del vehículo, condiciones establecidas por el fabricante y la información recolectada, los datos fueron ordenados y clasificados establecido sistemas y subsistemas, codificación de fallas y procedimientos de intervención, esto constituye el proceso de generación en la investigación cualitativa.

Utilizando los sistemas establecidos y las agrupaciones de falla se emplearon herramientas analíticas como el árbol de fallas, para establecer procedimientos que atenúen la posibilidad de ocurrencia de las fallas descritas, lo anteriormente citado constituye la construcción

Todos los pasos descritos se basan en experiencias del autor y del contexto económico donde se desarrolla el trabajo de grado, esto otorga a la investigación un carácter subjetivo. En la **Tabla 6** se muestran las actividades a realizar por cada objetivo del trabajo de grado, posteriormente se da paso al apartado de análisis de resultados donde se muestra el desarrollo del presente trabajo y el cumplimiento de cada objetivo propuesto.

Tabla 6.

Actividades específicas por cada objetivo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS		ACTIVIDADES POR REALIZAR		TAREAS ESPECÍFICAS	
Objetivo	Propósito de este objetivo. ¿Para qué necesito esto?	Actividad	¿Qué busco al realizar esto? ¿Qué voy a obtener con esto?	Tareas	¿Qué información logro con esto?
I. Diagnosticar el estado actual del mantenimiento realizado a la flota de vehículos dentro de la compañía	Establecer los puntos más críticos del estado actual mantenimiento dentro de la compañía. delimitando el tipo de vehículos a los cuales es más urgente desarrollar un plan de mantenimiento	a. Realizar una descripción de la compañía y su actividad productiva	Describir el contexto donde se desarrollará el plan de mantenimiento, delimitando su alcance, los intervalos de tiempo para la intervención a los vehículos, la especificidad del arreglo según las condiciones de operación	1. Describir la actividad económica de la compañía	Enmarcar el negocio de la empresa en el sector económico donde se desarrolla
				2. Describir generalmente el contexto del sector legal de la empresa	Exponer el marco legal que tiene que cumplir y cómo influye el mantenimiento
		b. Exponer la situación actual del mantenimiento, detallando deficiencias puntuales, fallos comunes, operaciones mal realizadas	Describir procesos actuales, estado de los equipos, el detalle de las operaciones, para establecer puntos decisivos a mejorar mediante el plan de mantenimiento	1. Describir la estructura del área de mantenimiento, recursos físicos y humanos	Descripción donde y quienes operan el mantenimiento actualmente en la compañía
				2. Exponer procedimientos establecidos actualmente, resultados obtenidos	Descripción como se opera el mantenimiento actualmente dentro de la compañía
				3. Detallar fallas de gestión e intervención de mantenimiento, operación de los vehículos	Mostrar los resultados obtenidos por la ejecución del mantenimiento hasta ahora sin una planificación
		c. Descripción de tipos de vehículos por marcas, líneas, capacidad de carga	Definir las características de los vehículos dentro la flota detallando la complejidad de cada tipo de vehículo, para fijar un carácter evaluativo	1. Describir marcas y líneas, agrupar los vehículos de características similares	Distinguir grupos de vehículos semejantes para realizar el análisis de criticidad
				2. Describir costos de mantenimiento	Referenciar información para realizar el análisis de criticidad
		d. Especificar, distancias recorridas	Especificar las condiciones de trabajo de los vehículos para detallar a futuro el tipo de mantenimiento a realizar	1. Describir las distancias recorridas por marca	Identificar las líneas de vehículos con más recorrido
				2. Describir las distancias recorridas por grupos semejantes de vehículos	Identificar el grupo de vehículo con más recorrido para el análisis de criticidad
		e. Elaborar análisis de criticidad para delimitar el conjunto de vehículo más importantes a los cuales se desarrollará el plan de mantenimiento	Escoger el tipo de vehículo más crítico por lo cual el desarrollo del plan de mantenimiento traerá mayor beneficio financiero para la reducción de costos en la compañía	1. Definir que es el análisis de criticidad y las variables que los componen	Establecer los parámetros para realizar un análisis de criticidad
2. Realizar el análisis de criticidad por grupos de vehículos	Identificar el grupo de vehículos más críticos				
II. Definir el tipo de mantenimiento adecuado al diagnóstico	Identificar los tipos de metodologías y establecer cuáles de ellas son aplicables para la compañía según su actividad y el estado actual del mantenimiento	a. Definir el RCM	Identificar las principales características de este tipo de metodología, verificando que sea aplicable para la compañía	1. Realizar una descripción del tipo de mantenimiento	Identificar sus características, para evaluar si son similares a la compañía
				2. Describir sus pasos	Describir su procedimiento de aplicación
		b. Definir el TPM	Identificar las principales características de este tipo de metodología, verificando que sea aplicable para la compañía	1. Realizar una descripción histórica del tipo de mantenimiento	Identificar sus características, para evaluar si son aplicables a la compañía
				2. Describir sus pasos	Describir su procedimiento de aplicación
		c. Definir el FMEA	Identificar las principales características de este tipo de metodología, verificando que sea aplicable para la compañía	1. Realizar una descripción histórica del tipo de mantenimiento	Identificar sus características, para evaluar si son aplicables a la compañía
				2. Describir sus pasos	Describir su procedimiento de aplicación
		d. Elegir la metodología adecuada	Comparar las principales características de las metodologías	1. Realizar un cuadro comparativo de las principales características de cada metodología y si es aplicable a la compañía	Comparar sus características con la situación actual del mantenimiento
				2. Seleccionar la metodología adecuada	Definir la metodología adecuada para realizar el plan de mantenimiento

Tabla 6 (continuación)

OBJETIVOS ESPECÍFICOS		ACTIVIDADES POR REALIZAR		TAREAS ESPECÍFICAS	
Objetivo	Propósito de este objetivo. ¿Para qué necesito esto?	Actividad	¿Qué busco al realizar esto? ¿Qué voy a obtener con esto?	Tareas	¿Qué información logro con esto?
III. Elaborar el plan de mantenimiento de acuerdo con el tipo de mantenimiento escogido	Definir los procedimientos para la atención de los vehículos más críticos, para ello se debe establecer los componentes más importantes de los vehículos, dividir el equipo en sistemas, listar fallas comunes	a. Especificar los componentes claves del equipo, con parámetros de operación	Establecer los componentes más importantes y los rangos de operación	1. Mediante una tabla establecer los componentes principales del equipo, con los rangos de operación 2. Definir las funciones a preservar por medio del plan de mantenimiento	Definir las variables de operación para los sistemas más importantes para de este modo encontrar las fallas comunes de los vehículos Establecer las funciones que debe cumplir el equipo
		b. Establecer sistemas del equipo	Subdividir el equipo en grupos, para determinar funciones específicas y observar la forma como los componentes se relacionan entre sí	1. Consultar los componentes principales 2. Determinar repuestos esenciales de cada subsistema	Escoger los grandes conjuntos funcionales del vehículo, para determinar los subsistemas Determinar los componentes claves que permiten el funcionamiento de todo el sistema
		c. Describir fallas comunes, efectos y causas	Describir las fallas que presentan mayor ocurrencia en la compañía, los efectos y como las causas relacionan las fallas entre sí	1. Listar las fallas comunes por sistema y sus efectos 2. Determinar las causas de las fallas comunes 3. Análisis de falla	Clasificar las fallas dependiendo del sistema donde se presenten Permite establecer causas comunes entre fallas Por medio del análisis de falla se determinan mecanismos principales de ocurrencia
		d. Establecer procedimientos de intervención	Identificados los mecanismos de falla se establecen procedimientos para prevenir la ocurrencia de la falla además se establecen procedimientos y formatos para la intervención de vehículos	1. Realizar arboles de decisión en el evento que ocurra la falla 2. Establecer los formatos de inspección	Determinar procedimientos a seguir en caso de que se presenten las fallas Establecer la forma como se recolectará información al momento de realizar las inspecciones e intervenciones
IV. Elaborar análisis financiero, ambiental y seguridad industria	Determinar la viabilidad financiera, comparando los costos actuales y los costos implementando el plan de mantenimiento; también se evalúa la implementación de procedimientos de manejo ambiental para insumos contaminantes como aceite, baterías y llantas; por último, se establecen los elementos de seguridad y salud en el trabajo que deben ser utilizado por el recurso humano de la compañía	a. Establecer una comparación de costos de mantenimiento por medio del indicador CAUE	Resaltar la viabilidad de la implementación del plan de mantenimiento, comparando los costos de mantenimiento actual y los costos implementando el plan de mantenimiento propuesto	1. Exponer los costos actuales de mantenimiento 2. Determinar los costos con el plan de mantenimiento propuesto 3. Realizar el cálculo del CAUE para los costos actuales y con el plan de mantenimiento, comparar ambos CAUE y determinar la viabilidad del plan propuesto	Mostrar los costos actuales de mantenimiento para luego ser comparadas con el plan de mantenimiento propuesto Establecer los costos esperados del plan de mantenimiento propuesto para ser comparado con los costos actuales Comparar los actuales y propuestos para determinar la viabilidad del plan de mantenimiento propuesto
		b. Realizar una matriz de manejo ambiental para llantas, baterías, aceites y filtros	Establecer procedimientos de responsabilidad social, para la deposición segura de subproductos de la intervención de vehículos	1. Realizar procedimiento para la deposición de llantas 2. Realizar procedimiento para la deposición de baterías 3. Realizar procedimientos para la deposición de aceite y filtros	Determinar forma correcta para la entrega de llantas para su deposición final Determinar el procedimiento para la entrega de baterías para su deposición final Seleccionar proveedores adecuados para la entrega de aceite y filtros usados, donde se cumpla con la norma establecida

Nota: Se presentan las actividades a realizar por cada objetivo, mostrando los pasos metodológicos para el desarrollo del presente trabajo de grado

4. ANÁLISIS Y CONTEXTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Identificando el grupo de vehículos más críticos de la compañía, la Freightliner Columbia CL120 con motor Detroit serie 60, también seleccionado el tipo de metodología aplicable, según el contexto de la compañía, el FMEA análisis de modo efecto de falla, en el presente capítulo se presenta el plan de mantenimiento según el tipo de plan escogido, mostrando información básica del equipo, fichas técnicas, subdivisión en sistemas y subsistemas, se determinan modos y mecanismos de falla para cada sistema y procedimientos de inspección para cada una de estas.

4.1. Diagnóstico del estado actual de mantenimiento

En el lugar que se desarrolla el trabajo de grado, en el presente capítulo se describe el estado actual de mantenimiento, detallando el objeto funcional de compañía, describiendo cómo se realizan intervenciones a los vehículos, clasificados en líneas, la capacidad de carga, y los diferentes tipos de carrocería; se describe de igual forma los recorridos que transitan en su operación habitual

4.1.1. Descripción de la compañía y su objeto funcional

La compañía fue fundada en 1998, por medio de la asociación de dos hermanos quienes comenzaron la compra de camiones con carrocería furgón, de capacidad liviana y mediana, entre una y diez toneladas de peso, respectivamente. Desde un comienzo se especializó en el transporte de carga refrigerada, transportando productos como flores y productos alimenticios perecederos. Para el año 2002, se constituye formalmente la compañía por cámara de comercio, con actividad económica principal de transporte de carga por carretera, con código tributario 4923.

4.1.2. Contexto económico del transporte de carga por carretera en Colombia.

“El transporte de carga por carretera en Colombia es un pilar fundamental en la dinámica de la economía del país, ya que constituye en la herramienta básica para colocar los productos al alcance del consumidor en el territorio nacional o en el

extranjero” [15], en un boletín anual sobre la coyuntura económica del transporte de carga, el ministerio de transporte afirma que el transporte de carga tiene un alto grado de sensibilidad para el resultado final PIB, incidiendo transversalmente en el costo final de productos y servicios que adquieren los colombianos. Colombia, con la posibilidad de desarrollar infraestructura para el transporte fluvial y ferroviario (servicios más rentables), tiene en el transporte de carga terrestre su principal medio de distribución. Además, el país centraliza su desarrollo industrial al interior del país, principalmente en tres ciudades Bogotá, Cali y Medellín, donde existe mucha demanda de transporte a los puertos marítimos del país (Santa Marta, Barranquilla, Cartagena y Buenaventura)

Como lo muestra la **Tabla 7**, donde se relacionan datos obtenidos del Registro Nacional de Despachos de Carga por Carretera [16] (RNDC, el cual es una base datos donde se controlan los todos los despachos de carga terrestre), allí se muestran los principales destinos de carga son las ciudades de Bogotá, Medellín y Cali, los principales orígenes después de Bogotá, son Buenaventura, Barranquilla y Cartagena, donde se encuentran los principales puertos del país.

Tabla 7.

Principales orígenes y destinos, tomados del RNDC

Principales orígenes de carga según número de viajes			Principales destinos de carga según número de viajes		
Municipios	Número de viajes	Participación en el total (%)	Municipios	Número de viajes	Participación en el total (%)
Bogotá	654.346	11,5	Bogotá	742.175	13,0
Buenaventura	440.043	7,7	Medellín	391.747	6,9
Barranquilla	413.756	7,3	Cali	291.693	5,1
Cartagena	337.849	5,9	Barranquilla	262.804	4,6
Medellín	252.757	4,4	Cartagena	251.602	4,4
Yumbo	239.390	4,2	Buenaventura	199.157	3,5
Cali	205.305	3,6	Bucaramanga	161.140	2,8
Bucaramanga	134.632	2,4	Yumbo	103.195	1,8
Funza	110.763	1,9	Pereira	97.760	1,7
Ibagué	93.716	1,6	Santa Marta	97.194	1,7
Santa Marta	92.825	1,6	Guadalajara de Buga	88.071	1,5
Pereira	92.175	1,6	Villavicencio	76.255	1,3
Guadalajara de Buga	85.073	1,5	Funza	76.210	1,3
Tocancipá	82.606	1,4	Cúcuta	75.342	1,3
Girardota	77.471	1,4	Manizales	72.909	1,3
Mosquera	75.777	1,3	Ibagué	72.479	1,3
Itagüí	74.131	1,3	Tocancipá	64.929	1,1
Cota	69.895	1,2	Neiva	64.536	1,1
Cúcuta	68.885	1,2	Rionegro	55.877	1,0
Rionegro	58.144	1,0	Montería	54.658	1,0
Manizales	56.854	1,0	Palmira	50.318	0,9
Nobsa	51.997	0,9	Valledupar	48.952	0,9
Dosquebradas	51.125	0,9	Armenia	46.536	0,8
Girón	50.903	0,9	Pasto	46.147	0,8
			Yopal	43.753	0,8

Nota: En esta tabla se presentan los principales orígenes y destinos de carga. Tomado de: Ministerio de transporte, Registro único nacional de carga. Disponible en internet <https://cutt.ly/7zPSyDR>

Según cifras tomadas del banco de la república, el transporte terrestre en un intervalo de trece años (2002 al 2015), en promedio representó el 3.3% del PIB del país, una cifra significativa dentro de la economía colombiana, estos datos se muestran en la **Tabla 8**, tomada de un boletín del ministerio de transporte [16].

Tabla 8.

Variación porcentual del Producto Interno Bruto a valor constante del 2005

AÑO	Var.(%) - PIB Nacional	Var.(%) - PIB Industrial	Var.(%) - PIB Transporte
2002			
2003	3,92%	4,90%	5,16%
2004	5,33%	7,94%	6,53%
2005	4,71%	4,48%	7,23%
2006	6,70%	6,80%	4,32%
2007	6,90%	7,20%	7,62%
2008	3,55%	0,61%	1,97%
2009	1,65%	-4,15%	-0,82%
2010	3,97%	1,83%	4,79%
2011	6,59%	4,75%	4,38%
2012	4,04%	0,08%	2,62%
2013	4,94%	0,64%	1,07%
2014	4,55%	0,25%	3,65%
2015	2,86%	1,97%	1,70%

Nota: Esta tabla muestra la participación en PIB del sector transporte. Tomado de: *Ministerio de transporte*, Registro único nacional de carga. disponible en internet <https://cutt.ly/MzPSMCJ>

4.1.3. Contexto legal del transporte de carga en Colombia.

Por medio del Decreto 173 del año 2001, se definen y fijan disposiciones legales y jurídicas del transporte de carga por carretera, y es catalogado “transporte público esencial”. El transporte público es una “industria encaminada a garantizar la movilización de personas o cosas, por medio de vehículos apropiados, en libertad de condiciones de acceso, calidad y seguridad de los usuarios y sujeto a una contraprestación económica” [17]; al ser un servicio público, el estado tiene el deber de garantizar una presentación óptima, proveer un régimen jurídico y ejercer competencias de regulación, control y vigilancia. Debido a su carácter “esencial”, esta actividad no puede ser interrumpida, esto se enmarca en la constitución política, donde la huelga no puede afectar este tipo de servicios, esto se afirma la compilación realizada por Oscar Gómez [18], donde agrupa toda la normatividad vigente al sector del transporte de carga terrestre, hasta el año de su publicación.

Dentro del decreto 173 del 2001, se encuentran otras definiciones pertinentes para el presente trabajo de grado como “usuario de servicio de transporte terrestre automotor de carga, el cual es una persona natural o jurídica que celebra contratos de transporte terrestre de carga directamente con el operador o empresa de transporte debidamente constituida y habilitada” [17]. Un vehículo de carga es definido como un “vehículo

autopropulsado o no, destinado al transporte de mercancías por carretera. Puede contar con equipos adicionales para la prestación de servicios especializados” [17].

4.1.3.a. Autoridades de control. El transporte de carga es regulado por el ministerio de transporte, mientras que las actividades de control y vigilancia son realizadas por superintendencia de puertos y transporte. Son ellos los entes de control para el desarrollo del servicio de transporte de carga. Toda empresa de transporte de carga debe tener una autorización del ministerio de transporte para poder operar, y es supervisada por la superintendencia de puertos y transporte, donde año a año debe reportar a este ente gubernamental, información financiera, tamaño del recurso humano y en el caso de tener conductores a cargo, debe reportar mes a mes las infracciones de tránsito de los operarios que estén en nómina o sean contratados.

Para obtener la autorización por parte del ministerio de transporte se citan los siguientes requisitos:

- Certificado de existencia y representación legal.
- Indicación del domicilio principal y relación de sus oficinas y agencias, señalando su dirección
- Descripción de su estructura organizacional
- Relación del equipo de transporte propio, de socios o de terceros
- Certificación suscrita por el representante legal sobre la existencia del programa de revisión y mantenimiento preventivo que desarrollará la empresa para los equipos propios con los cuales prestará el servicio.
- Estados financieros
- Declaración de renta de la empresa solicitante
- Demostración de un capital pagado
- Copia del pago por los derechos para solicitar la autorización.

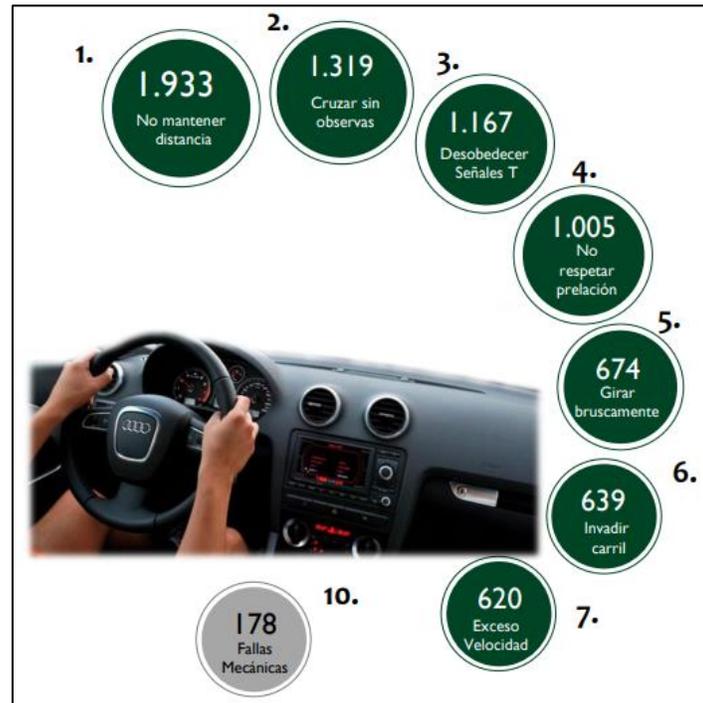
De la mano de la normatividad legal vigente es oportuno señalar la importancia del mantenimiento dentro una empresa de transporte de carga, además de mantener los

vehículos en óptimas condiciones para la prestación del servicio de transporte hay que referirse al artículo 11 de la constitución política de Colombia El derecho a la vida es inviolable [19], adicional a esto la corte suprema de justicia en el año 2011 sentencia que “la conducción de vehículos automotores es considera por el derecho, con razón, como una actividad peligrosa, dado que con su ejercicio se pone en riesgo la vida y la integridad física del conductor, de sus pasajeros, de los demás conductores, de los peatones y de las personas que viven alrededor” [20]. La empresa se dedica al servicio de transporte, de igual forma administra vehículos propios y terceros, teniendo dentro su nómina conductores de vehículos pesados, que transitan a lo largo de las vías del país, como se observa en la sentencia de la corte constitucional, el conducir es una actividad peligrosa donde se pone en juego la vida de los actores viales, operando vehículos pesados se aumenta este peligro. El mantenimiento se hace crítico para brindar a los operarios, vehículos en perfectas condiciones, para evitar accidentes viales que puedan afectar la vida de cualquier persona.

Según un artículo citado de la revista portafolio “la accidentalidad vial en Colombia, en 2018 mató a más de 6000 y dejó heridas a otras 37000 personas, le cuesta al país alrededor de \$4 billones cada año” [21]. Aunque según cifras presentadas por la policía nacional como se ve en la **Figura 3**, la accidentalidad vial debido a fallas mecánicas durante el 2016 fue el factor que menos muertos causó en el año de estudio, es un factor de riesgo que compromete la vida de muchas personas.

Figura 3.

Causas de accidentes viales durante año 2016



Nota: En la imagen se presentan las principales causas de los accidentes viales. Tomado de: *Policía nacional de Colombia*. Dirección de tránsito y transporte. Revisión técnico-mecánica, 2017.

En la **Figura 3**, se muestra que las fallas mecánicas son los eventos menos comunes que se tuvieron en cuenta en las hipótesis de accidentes durante el año 2017. Pero la eventualidad de una falla provoca otros eventos de accidentalidad como girar bruscamente (si se presentan daños en el sistema de dirección del vehículo), no mantener la distancia (en el evento que el sistema de frenos no trabaje adecuadamente), así como en otros casos, donde las fallas mecánicas causen otros tipos de accidentes.

4.1.4. **Situación actual de mantenimiento.**

En este apartado se describe el recurso humano de la compañía y el recurso físico de la misma. Se especifica la jerarquía del área de mantenimiento y las funciones puntuales de cada integrante del área, luego se describe de manera general el área propia donde se realizan las actividades de mantenimiento.

4.1.4.a. Recurso humano del área de mantenimiento. Dentro de este aparte se describe el personal que constituye el área de mantenimiento.

- Líder de mantenimiento. La empresa ha contado con dos líderes de mantenimiento, ambos con una vasta experiencia en mantenimiento, conocimiento en los sistemas de frenos, suspensión, ejes y llantas, pero ninguno de los líderes cuenta con un conocimiento teórico específico en el área técnica de motores Diesel o gestión organizacional. Esta es la razón principal porque actualmente se desarrollan tareas principalmente correctivas, desde los jefes de área no hay una planeación de las actividades de mantenimiento enfocadas hacia prevención de fallas.
- Coordinador de mantenimiento. Posee un perfil profesional en ingeniería, pero no específica hacia vehículos o motores Diesel, se encuentra en proceso de formación en ingeniería mecánica, lleva desarrollando este rol durante tres años y medio, la mayor parte de este tiempo alterna su formación profesional de manera diurna, no dedicándole tiempo completo a su función dentro de la empresa, dejando de realizar tareas fundamentales en seguimiento del mantenimiento.
- Auxiliar de mantenimiento. Puesto creado recientemente como apoyo al coordinador de mantenimiento, está en proceso de finalizar la carrera profesional, es tecnólogo en mecánica automotriz, además de experiencia en intervención de sistemas de suspensión, ejes, sistema direccional, en vehículos pesados.
- Mecánico. Operario líder en la intervención de vehículos, profesional en ingeniería, pero no en mecánica o automotriz, tiene base empírica y experiencia de cuatro años en mantenimiento de equipos en motores Diesel, en camiones pesados y maquinaria amarilla. Se encarga de reparaciones de motor, cambio de partes específicas dentro de los mismos, reparaciones completas de motor, ha realizado reparaciones en sitio o comúnmente llamadas “desvares”. La fiabilidad de las intervenciones que realiza es poca, debido a que los vehículos frecuentemente reinciden en las mismas fallas.

- Auxiliar de mecánica. técnico mecánico automotriz, con experiencia en mantenimiento de vehículos de basuras, aseo capital, durante 17 años. Dentro de la compañía es el encargado de cambiar neumáticos, cambiar aceite, lubricación, hace intervenciones a los sistemas de suspensión y frenos. Son bastantes actividades que realiza, interviniendo varios vehículos al día, haciendo de manera inconsistente actividades críticas como lubricación y rotación de llantas. La fiabilidad de su trabajo es bastante poca, y no solo por un cúmulo de funciones como se mencionó anteriormente sino falta de revisión en partes ajustables o descuido en la finalización de tareas, contando con bastante tiempo para la realización de tareas.

- Auxiliar en carrocería, puesto creado recientemente, para el mantenimiento de la carrocería de los vehículos, donde la mayoría es tipo furgón. Este puesto fue creado recientemente debido a que se venía contratando las intervenciones para esta parte de los camiones. La persona que desempeña esta función posee experiencia en procesos industriales, como la fabricación de embotelladoras para productos alimenticios.

- Técnico en pintura, puesto creado recientemente, además de lo intuitivo del nombre, donde realiza trabajos de pintura a los vehículos, acompaña al auxiliar en carrocería para la reparación de furgones. La persona que ocupa este puesto tiene experiencia de 17 años como técnico de pintura en empresas privadas.

4.1.5. Recurso físico del área del mantenimiento

La compañía cuenta con instalaciones propias para la intervención de vehículos, un área aproximada de 1200 m² disponible para el mantenimiento. Posee corriente trifásica, para energizar utilizar grandes equipos, compresor con líneas neumáticas, distribuidas en el taller para operar pistolas neumáticas, herramientas para suministro de aire a los neumáticos de los camiones.

4.1.6. Procedimientos establecidos de mantenimiento.

El área cuenta con siete procedimientos establecidos en el sistema de gestión, los cuales son:

- MT FO 001 Procedimiento de mantenimiento
- MT FO 002 Procedimiento de revisión a las unidades de carga
- MT FO 003 Procedimiento de inspección de vehículos
- MT FO 004 Procedimiento manejo del cargador de baterías
- MT FO 005 Procedimiento manejo control de precintos de seguridad
- MT FO 006 Verificación de termo registros
- MT FO 007 Verificación de hermeticidad de las unidades de carga

De los siete procedimientos establecidos para el área de mantenimiento, según el sistema integrado de gestión, solamente uno de ellos es puramente del área de mantenimiento, los demás procedimientos que son responsabilidad de mantenimiento pero enfocados para otras áreas, el MT FO 002 da respuesta a la certificación BASC, para evitarla contaminación de la unidades de carga, el MT FO 003, de igual forma está enfocado para la certificación BASC, el MT FO 004 es de operación del equipo específico que se deja para el uso de los conductores en caso que deban cargar las baterías los vehículos o los equipos de frío, el MT FO 005 se estructura para la administración de sellos utilizados en operaciones portuarias y los procedimientos MT FO 006 y 007, están enfocados hacia la conservación de las unidades de carga y verificar la precisión de termo registradores, que colocan en la carga para asegurar el frío.

Las operaciones de mantenimiento se documentan en una base datos en MS ACCESS, donde se encuentra la hoja de vida de los vehículos y de más equipos. La programación de mantenimiento, no se documenta entre coordinador de operaciones y de mantenimiento donde se fija una fecha tentativa para realizar una intervención específica a los vehículos. Se entrega el vehículo por medio del auxiliar de mantenimiento o el mecánico; el auxiliar documenta las intervenciones de mantenimiento realizadas, en la base de datos.

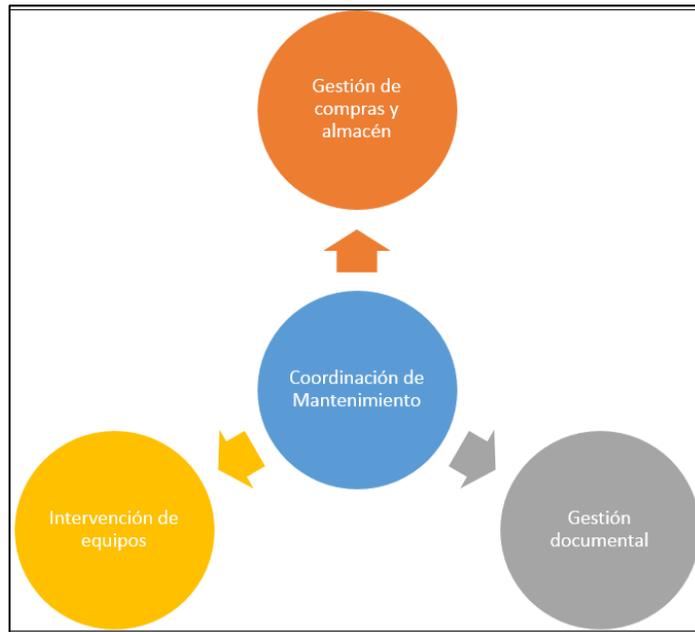
Como se mencionó anteriormente, el mantenimiento realizado hoy en día en la compañía es generalmente correctivo, donde el conductor por medio del sistema de mensajería instantánea whatsapp, reporta una novedad de mantenimiento denominada “REPORTE DE DAÑO”, el coordinador con el auxiliar de mantenimiento distribuye actividades priorizando los vehículos que se consideren más urgentes para que queden disponibles. Las intervenciones realizadas se documentan en una “ORDEN DE SERVICIO”, si la intervención la realiza un técnico de nómina, o una “ORDEN DE TRABAJO”, si la realiza un técnico subcontratado o “tercero”. En el procedimiento también se documentan tareas que tienen que ver con la gestión documental de los vehículos, como el vencimiento de documentos de los vehículos, el seguro obligatorio de accidentes de tránsito, SOAT, revisión tecno mecánica, permiso para transporte de alimentos y certificado de fumigación; los últimos son propios para el transporte de alimentos, también en el procedimiento se encuentra aspectos como el lavado de vehículos.

La empresa debe contar con procedimientos para la intervención de los equipos, para que el mantenimiento de estos sea realizado de manera lógica y precisa, además los procedimientos deben servir como una herramienta para la toma ágil de decisiones

El mantenimiento de la compañía se realiza bajo cuatro pilares como se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4.

Pilares de la gestión del mantenimiento



Nota: En el gráfico se describen los principales pilares del área de mantenimiento

4.1.7. Fallos comunes de la operación.

En esta sección se describirán fallas humanas cometidas en el área de mantenimiento hacia la intervención de vehículos, partiendo de la división realizada en el apartado anterior.

4.1.7.a. Desde la coordinación de mantenimiento. No hay una idea clara en la intervención de los vehículos, debido a que no hay procedimientos para realizar las reparaciones; las actividades diarias no son gestionadas oportunamente, dejando equipos sin atender, que pueden ser reparados por terceros. Existe bastante incertidumbre para el tratamiento de averías en ciertos sistemas de los vehículos, como el motor y los equipos de refrigeración.

4.1.7.b. Gestión de compras y almacén. En muchas ocasiones no hay disponibilidad de repuestos en el almacén. Partiendo de la gestión de compras se pueden listar los siguientes errores:

- Demora en la adquisición de repuestos para la atención de repuestos
- Compra de repuestos equivocados
- Compra de repuestos de segunda

Desde el manejo de almacén se listan los siguientes errores.

- No se tienen al día las existencias físicas de productos en el sistema de inventario
- No se tienen productos críticos para el desarrollo de intervenciones

4.1.7.c. Intervención de equipos. La intervención de equipos se ve directamente afectada por una mala gestión dentro del área de mantenimiento, falta de coordinación, demora en la adquisición de repuestos, mal manejo del almacén y documentación de mantenimiento. Aparte de causas externas que puedan afectar la intervención de vehículos, en esta parte se mencionan las causas internas de los operarios que afectan las intervenciones.

- Mal ajuste en hojas de resorte de suspensión
- Mal ajuste en el depósito de aceite del motor de los vehículos
- Par de ajuste excesivo en pernos de los ejes de rueda.
- No realizar inspecciones a sistemas de forma completa, cuando los conductores reportan daños en un elemento específico, se realiza el cambio de la parte averiada pero no se inspecciona la causa del daño de ese componente en específico

4.1.7.d. Gestión documental. Hace referencia al registro de intervención a los vehículos, no se realiza de manera constante dejando intervenciones sin documentar, de igual manera no se registran la compra de baterías, el cambio de llantas. No se pueden elaborar indicadores para diagnosticar y tomar decisiones.

4.1.8. Descripción de vehículos

La compañía cuenta con vehículos de carga, con motor Diesel, de diferentes capacidades, marcas y líneas. Según la resolución 4100 del 2004, expedida por el

ministerio de transporte [22], los automotores de transporte de carga terrestre se categorizan mediante la siguiente designación

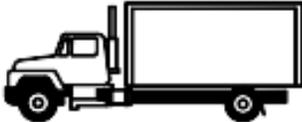
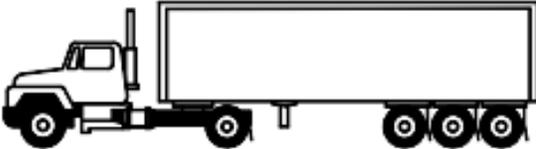
- El primer dígito designa el número de ejes del camión o tracto camión
- La letra S, representa semirremolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes
- La letra R, representa remolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes
- La letra B, representa remolque balanceado y el dígito inmediato indica el número de sus ejes

La resolución 4100, toma como referencia la norma técnica colombiana, NTC 4788, donde de forma gráfica se distinguen los diferentes tipos de vehículos, como se puede ver en la **Figura 5**, donde se muestran las clasificaciones de vehículos que posee la compañía. Dentro de estas configuraciones la compañía posee 59 vehículos, la designación “2”, vehículos con dos ejes, es muy amplia ya que contiene automotores con capacidades de carga que varían entre 2 a 13 toneladas, donde proporcionalmente aumentan las dimensiones de los vehículos. Además, las designaciones de “2S2” a “3S3”, son relativas al tipo de unidad tractora (uno o dos ejes) y al tipo de semirremolque (variando el número de sus ejes) al cual esté conectado. Vale tener en cuenta definiciones propias de ministerio de transporte [23], sobre diferentes configuraciones de vehículos:

- Camión: Vehículo automotor que por su tamaño se usa para transportar carga, con peso bruto vehicular del fabricante superior a cinco toneladas
- Camioneta: Vehículo automotor destinado al transporte de pasajeros y/o carga con capacidad máximo nueve pasajeros y hasta cinco toneladas de peso bruto vehicular del fabricante.
- Tractocamión (Camión tractor): Vehículo automotor destinado a arrastrar uno o varios semi – remolques o remolques, equipado con acople adecuado para tal fin.

Figura 5.

Designación según NTC, para los vehículos de la compañía

Designación	Esquema del vehículo
2	
2S2	
2S3	
3S2	
3S3	

Nota: En esta imagen se muestra la clasificación y codificación de los automotores según el ministerio de transporte. Tomado de: *Ministerio de transporte. Tipología para vehículos de transporte de carga terrestre. NTC 4788 2000.*

Según las definiciones y designaciones establecidas por el ministerio de transporte, la compañía se compone, como lo describe la **Tabla 9**, donde se clasifica la flota de vehículos según la clasificación establecida por el ministerio de transporte, cabe aclarar que el mini tracto camión, es un tracto camión que cuenta con solo un eje trasero.

Tabla 9.*Composición de la flota de vehículos*

Clasificación	Designación	Cantidad
Camioneta	2	6
Camión	2	31
Mini tracto camión	2S3	1
Tracto camión	3S2 o 3S3	21
Total		59

Nota: En la tabla se clasifican los vehículos de la compañía según la codificación del ministerio de transporte.

4.1.9. Marcas.

Las marcas que componen el parque automotor de la compañía varían entre Chevrolet, Freightliner, Kenworth, Hino y Hyundai, los cuales son marcas con alta aceptación en el mercado colombiano, por alta confiabilidad de los equipos y una gran oferta de repuestos. Como se puede ver en la **Tabla 10**, en un informe de la asociación nacional de empresarios de Colombia, ANDI y la federación nacional de comerciantes, FENALCO, donde muestran cifras de compras de automotores de carga durante el primer trimestre del año 2018.

Tabla 10.*Matrículas de vehículos por vehículos*

Marca	Camiones (0.0 < PBV ≤ 10.5 Tons.)	Camiones (10.5 < PBV ≤ 17.0 Tons.)	Camiones (17.0 < PBV ≤ 28.0 Tons.)	Otros Camiones	Tractocamiones	Total	Participación
CHEVROLET	113	12	1	11	0	137	39,5%
FOTON	33	0	0	52	0	85	24,5%
HINO	11	8	0	12	0	31	8,9%
JAC	19	0	0	1	0	20	5,8%
NISSAN	18	0	0	0	0	18	5,2%
JMC	10	0	0	1	0	11	3,2%
INTERNATIONAL	0	2	1	6	0	9	2,6%
MITSUBISHI FUSO	5	0	0	2	0	7	2,0%
VOLKSWAGEN	3	2	0	1	0	6	1,7%
VOLVO	0	0	0	5	0	5	1,4%
HYUNDAI	4	0	0	0	0	4	1,2%
FREIGHTLINER	0	0	2	0	1	3	0,9%
DONG FENG	2	0	0	0	0	2	0,6%
IVECO	0	1	0	1	0	2	0,6%
SINOTRUK	2	0	0	0	0	2	0,6%
KENWORTH	0	0	0	0	1	1	0,3%
MACK	0	0	0	0	1	1	0,3%
SANY	0	0	0	1	0	1	0,3%
STERLING	0	0	0	1	0	1	0,3%

Nota: La tabla muestra el posicionamiento de las marcas de vehículos que tiene la compañía en el mercado colombiano. Tomado de: *Fenalco*, Informe de vehículos de carga en Colombia. Disponible en <https://cutt.ly/1zPHSLd>

Los vehículos de la compañía según la marca se dividen como lo muestra la **Tabla 11**

Tabla 11.

Cantidad de vehículos según la marca

Marca	Cantidad
CHEVROLET	35
FREIGHTLINER	18
KENWORTH	4
HINO	1
HYUNDAI	1
Total	59

Nota: Se muestran el total de automotores agrupados por el fabricante

Tomando como referencia la clasificación realizada por la ANDI, donde se clasifican los vehículos según el peso bruto vehicular (PBV), según el ministerio de transporte como el peso de un vehículo provisto de combustible, equipo auxiliar y el máximo de carga. Comúnmente dentro del medio del transporte de carga, la clasificación de los camiones según su PBV, conjunto al informe de la ANDI, los vehículos se clasifican de la siguiente manera:

- $0 < \text{PBV} < 10,5$ ton: Turbo
- $10,5 < \text{PBV} < 17$ ton: Sencillo
- $17 < \text{PBV} < 28$ ton: Tracto camión

La flota de compañía se subdivide de la siguiente manera, como lo muestra la **Tabla 12**.

Tabla 12.

Clasificación de vehículos según su peso bruto vehicular

Vehículos por peso bruto vehicular	Cantidad de vehículos
Turbo	20
Sencillo	17
Tracto camión	20
Total	59

Nota: En esta tabla se presentan el número de vehículos, clasificados por la capacidad permitida en PBV

4.1.9.a. Chevrolet. Este fabricante ha dominado el mercado de automotores de carga en Colombia durante más de diez años, como se mostró anteriormente en el informe realizado por la ANDI y FENALCO, de vehículos con capacidad bruto de carga (la suma del peso vacío del vehículo más la capacidad máxima de carga) hasta 17 toneladas, dominando el mercado de vehículos que comúnmente se consideran de capacidad baja y media. Los camiones Chevrolet que se venden actualmente en Colombia, la carrocería es fabricada por la compañía estadounidense General Motors y el motor es producido por la compañía japonesa Isuzu. La empresa posee las siguientes líneas de marca:

- **NHR.** Es un automotor de carga de motor Diesel, con una capacidad de carga 1875 kg, es el camión más vendido de Chevrolet con 24.000 unidades vendidas durante diez años. En su eje trasero, posee dos llantas, lo cual lo exime de restricciones de acceso en áreas urbanas, posee un diseño liviano lo cual le brinda buena capacidad de carga. Su designación es NHR Euro IV, la designación euro IV, representa un índice de reducción de emisión de gases establecido por un estándar de la unión europea. Posee un motor de cuatro cilindros en línea, con un sistema de inyección de conducto común (common rail, en inglés), con una potencia de 4 hp a 2800 RPM. El sistema de suspensión de los ejes delantero y trasero es de hojas de resorte, más amortiguadores hidráulicos de doble acción. Posee frenos hidráulicos en las cuatro ruedas. En la **Figura**

6, se puede ver la infografía del camión. La información mostrada fue tomada de Colmotores [24].

Figura 6.

Ficha técnica del camión NHR EURO IV

The screenshot displays a web interface titled "Historial Mecánico Vehículo". At the top, there are search filters for "Placa" (license plate), "Modelo" (year), "Tipo" (type), and "Marca" (brand). The "Placa" field contains "XXB468", "Modelo" is "2013", "Tipo" is "NHR", and "Marca" is "CHEVROLET". Below these filters are navigation buttons: a search icon, left and right arrows, and a "Regresar" button. The main content area has two tabs: "Vencimiento de Documentos" and "Datos Técnicos". The "Datos Técnicos" tab is active, showing a grid of technical specifications:

Motor	4JB1	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	104	Referencia de llantas	21575r17.5
Torque (Lb ft)	170	Referencia Frenos	HIDRÁULICO
Cilindrada (cm ³)	2999	Referencia	MSB
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la NHR Tomado de: *Colmotores*, Ficha técnica NHR.

- NPR. Es un camión que ha estado en el mercado desde 1991, cuenta al igual que la línea NHR, un motor Diesel, cuatro cilindros en línea, riel común de inyección, tiene una potencia de 42,73 hp a 2.600 RPM, con un nivel de emisiones Euro IV, posee una capacidad de carga de 4.782 kg. Posee cuatro ruedas en el eje trasero, lo cual le brinda mayor capacidad de carga, cuatro veces mayor a la NHR. Posee características similares a la línea anterior, en el sistema de suspensión y frenos. En la **Figura 7**, se puede ver la infografía del camión. La información mostrada fue tomada de Colmotores [25].

- NQR. Es el camión más robusto dentro de la línea "N" Chevrolet Isuzu, posee un motor similar a la NPR 4HK1 – TCN, de igual manera con un sistema de inyección de riel común, a diferencia de la NPR, la NQR posee una capacidad de carga de 5.667 kg, debido que tiene la capacidad de instalar carrocerías más robustas y dimensionadas. Posee un sistema de frenos neumáticos que brinda más seguridad al operario. En la **Figura 8**, se puede ver la infografía del camión, La información mostrada fue tomada de Colmotores [26].

Figura 7.

Ficha técnica del camión NPR EURO IV

Placa	Modelo	Tipo	Marca
XXB437	2013	NPR	CHEVROLET

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	4HK1	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	153	Referencia de llantas	23575R17.5
Torque (Lb ft)	1207	Referencia Frenos	HIDRÁULICO
Cilindrada (cm ³)	5193	Referencia	MYT
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la NPR. Tomado de: *Colmotores*, Ficha técnica NPR.

Figura 8.

Ficha técnica del camión NQR EURO IV

Placa	Modelo	Tipo	Marca
WFL046	2016	NQR	CHEVROLET

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	4HK1	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	153	Referencia de llantas	23575R17.5
Torque (Lb ft)	309	Referencia Frenos	HIDRÁULICO/NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	5193	Referencia	MYT
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la NQR. Tomado de: *Colmotores*, Ficha técnica NQR

- FRR. Es un camión con motor Diesel 4HK1 TCC, posee un tanque de combustible con una capacidad de 200 litros asegurando poder recorrer mayores distancias al disminuir las paradas. La potencia del motor es de 187 hp a 2.600 RPM. Está equipado con un sistema de frenado híbrido, hidráulico y neumático, donde se garantiza una reacción rápida de frenado. Posee una capacidad de carga de 7.049 kg. La infografía de este

camión se puede observar en la **Figura 9**. La información mostrada fue tomada de Colmotores [27].

Figura 9.

Ficha técnica del camión FRR FORWARD EURO IV

The screenshot shows a web interface for vehicle technical data. At the top, it is titled "Historial Mecánico Vehículo". Below the title, there are input fields for "Placa" (containing "XXB474"), "Modelo" (containing "2013"), "Tipo" (a dropdown menu with "SENCILLO FRR" selected), and "Marca" (a dropdown menu with "CHEVROLET" selected). To the right of these fields are navigation buttons: a search icon, left and right arrows, and a "Regresar" button. Below the search fields, there are two tabs: "Vencimiento de Documentos" and "Datos Técnicos", with "Datos Técnicos" being the active tab. The "Datos Técnicos" section contains a table of technical specifications:

Motor	4HK1	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	187	Referencia de llantas	23575R17.5
Torque (Lb ft)	376	Referencia Frenos	HIDRÁULICO/NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	5193	Referencia	MZZ
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la FRR. Tomado de: *Colmotores*, Ficha técnica FRR

- FTR. Es un vehículo de carga pesada, que posee una eficiente relación de caja y diferencial, lo cual le permite transportar sin problemas productos pesados. Posee un motor Diesel seis cilindros 6HK1TCN, equipado con sistema de inyección de riel común de alta presión. Tiene una capacidad de carga de diez toneladas. La infografía del vehículo se puede observar en la **Figura 10**. La información tomada fue de la página de Colmotores [28].

Figura 10.

Ficha técnica del camión FTR FORWARD EURO IV

Placa	Modelo	Tipo	Marca
SXV031	2012	SENCILLO FTR	CHEVROLET

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	6HK1	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	240	Referencia de llantas	27570r22.5
Torque (Lb ft)	520	Referencia Frenos	HIDRÁULICO/NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	7720	Referencia	MZW
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la FTR forward Tomado de: *Colmotores*, Ficha técnica FTR.

4.1.9.b. Hino. Fabricante japonesa de vehículos de carga, pertenece a Toyota. Llegó al país en 1989, por medio de Pracodidacol, hoy tiene una fuerte posición en el mercado colombiano, distribuyendo camiones en todas las líneas de negocio (liviano y pesado)

- Hino dutro pro. Es un camión con capacidad de carga de 2.540 kg y una longitud adecuada para colocar una carrocería de alta capacidad volumétrica, al igual que la NHR, posee en las ruedas atrás solo dos llantas, lo cual lo exime de restricciones de acceso vial en zonas urbanas. Posee un motor Diesel Euro IV, de cuatro cilindros en línea, de inyección directa. Tiene una potencia de 134hp a 2500 RPM. Sistema de frenos hidráulicos y sistema de suspensión de ballesta y amortiguadores de doble efecto. En la **Figura 11** se puede ver la infografía de esta línea de camión. La información tomada fue de Hino Colombia [29].

4.1.9.c. Hyundai. Compañía surcoreana fundada 1967, que produce una gama variada de vehículos, desde automóviles de uso familiar hasta vehículos pesados de carga como tractocamiones. En Colombia se realiza la distribución por medio de la compañía Neohyundai, tiene una participación en el mercado de vehículos de capacidad de carga liviana y mediana.

- HD 65. Es un automotor de carga medial, equipado con un motor Diesel que cumple con la normativa de emisiones Euro IV; sistema de inyección directa y de riel común, una potencia de 150 hp a 2500 RPM, tiene una capacidad de carga de casi cuatro toneladas. La información tomada fue de Hyundai Venezuela [30]. En la **Figura 12**, se muestra la ficha técnica del vehículo

Figura 11.

Ficha técnica camión Hino dutro pro

Historial Mecánico Vehículo

Placa

Modelo

Tipo

Marca

Vencimiento de Documentos

Datos Técnicos

Motor	<input type="text" value="N04CVC"/>	Aceite de transmisión	<input type="text" value="85W140"/>
Potencia (HP)	<input type="text" value="134"/>	Referencia de llantas	<input type="text" value="20575R17,5"/>
Torque (Lb ft)	<input type="text" value="289"/>	Referencia Frenos	<input type="text" value="HIDRÁULICO"/>
Cilindrada (cm ³)	<input type="text" value="4009"/>	Referencia	<input type="text" value="3312037480"/>
Aceite de motor	<input type="text" value="15W40"/>	Aceite de caja de velocidades	<input type="text" value="80W90"/>
Aceite de caja de dirección	<input type="text" value="DEXRON III"/>		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la Hino dutro pro. Tomado de: *Hino Colombia*. Ficha técnica Hino dutro.

Figura 12.

Ficha técnica camión Hyundai hd65

The screenshot shows a web interface titled "Historial Mecánico Vehículo". At the top, there are input fields for "Placa" (SPV265), "Modelo" (2011), "Tipo" (TURBO), and "Marca" (HYUNDAI). Below these are navigation buttons: a group icon, left and right arrows, and a "Regresar" button. A tabbed interface is visible with "Vencimiento de Documentos" and "Datos Técnicos" tabs. The "Datos Técnicos" tab is active, displaying a table of technical specifications:

Motor	D4DD	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	138	Referencia de llantas	21575r17.5
Torque (Lb ft)	275	Referencia Frenos	HIDRÁULICO
Cilindrada (cm ³)	3907	Referencia	M035S35
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la HD65. Tomado de: *Hyundai Venezuela*. Ficha técnica HD65

4.1.9.d. Freightliner. Leland James a finales de los años 30's era el fundador y propietario de la compañía de camiones de carga Portland – Oregón, tenía la orientación en la fabricación de vehículos de bajo peso (principalmente aluminio) y de fácil operación, hasta 1942 la compañía adopta su nombre actual Freightliner Corp, y se convierte en el líder de manufactura de vehículos pesados. En 1982, Daimler Benz compañía alemana líder en la fabricación de camiones de trabajo pesado y automóviles, compra a Freightliner, y se convierte en líder en el mercado de camiones pesados en Estados Unidos.

- Columbia CL120. Línea fabricada por Freightliner, cuenta con un motor Detroit serie 60. Tiene un motor seis cilindros con una potencia de 430 HP a 2100 RPM. Posee un diseño aerodinámico y cómodo para el operario, su diseño proporciona una reducción a la resistencia al viento lo cual reduce el consumo de combustible. Está equipado con una suspensión neumática. Posee una capacidad de carga aproximada de 30 toneladas. En la **Figura 13**, se observa la ficha técnica de esta línea de vehículo. La información fue tomada de la página del fabricante Freightliner [31].

Figura 13.

Ficha técnica CL120

Placa	Modelo	Tipo	Marca
SRP868	2011	TRACTOMULA	FREIGHTLINER

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	SERIE 60	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	430	Referencia de llantas	29580r22.5
Torque (Lb ft)	1550	Referencia Frenos	NEUMÁTICO
Cilindrada (cm^3)	12700	Referencia	RTLO16918B
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	15W40		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la CL120. Tomado de: *Freightliner*. Ficha técnica CL120.

- M2 112. Esta línea de vehículo posee una carrocería Freightliner, con un motor Mercedes MBE4000, posee un motor seis cilindros con una potencia 435 hp a 1900 RPM, posee una capacidad de carga igual que la CL120, de aproximadamente 30 toneladas. Posee una suspensión neumática. Las características entre la CL120 y la M2 112, no varían en la suspensión y frenos, el radiador e intercooler poseen las mismas características y capacidad. Las dimensiones y características, del turbo cargador si varían por la geometría y posición en el motor, además que el freno de motor se encuentra acoplado al turbocargador. En la **Figura 14**, se puede detallar la ficha técnica de este tipo de vehículo. La información fue tomada de una ficha técnica de la página de Freightliner en Colombia [32].

Figura 14.

Ficha técnica de una M2 112

The screenshot shows a web interface for a vehicle's mechanical history. At the top, the title is "Historial Mecánico Vehículo". Below the title, there are four input fields: "Placa" (license plate) with the value "SMH831", "Modelo" (model) with "2008", "Tipo" (type) with a dropdown menu showing "TRACTOMULA", and "Marca" (brand) with a dropdown menu showing "FREIGHTLINER". To the right of these fields are three navigation buttons: a home icon, a left arrow, and a right arrow, followed by a "Regresar" (Return) button. Below the search fields, there are two tabs: "Vencimiento de Documentos" (Document Expiry) and "Datos Técnicos" (Technical Data), with the latter being selected. The "Datos Técnicos" section contains a table of technical specifications:

Motor	MBE900	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	410	Referencia de llantas	29580r22.5
Torque (Lb ft)	1550	Referencia Frenos	NEUMÁTICO
Cilindrada (cm^3)	12800	Referencia	RTLO169188
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	15W40		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la m2 112. Tomado de: *Freightliner Colombia*, Ficha técnica M2 112.

- Cascadia básica. Posee un diseño aerodinámico que permite menor resistencia del aire y mayor eficiencia en el combustible, la cabina está fabricada mayormente en aluminio, haciendo el diseño menos pesado, ofrece mayor confort al operario. Está equipado con un motor Detroit serie 60, con una potencia de 475 hp a 2100 RPM. En la **Figura 15**, se puede observar la ficha técnica de esta línea de tracto camión. La información fue tomada de la página de Freightliner en México [33].

Figura 15.

Ficha técnica de Cascadia básica

Placa	Modelo	Tipo	Marca
WFL113	2013	TRACTOMULA	FREIGHTLINER

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	SERIE 60	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	430	Referencia de llantas	29580r22.5
Torque (Lb ft)	1650	Referencia Frenos	NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	14000	Referencia	RTLO169188
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	15W40		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la cascadia. Tomado de: *Freightliner*. Ficha técnica cascadia

4.1.9.e. Kenworth. Nace de la asociación de Harry Kent y Edgar Worthington, en el año de 1923 en la ciudad de Seattle, desde su origen se ha enfocado en la producción de vehículos de carga, para diferentes aplicaciones industriales, vehículos de carga, camiones de bomberos, vehículos militares, camiones agroindustriales. Para el año de 1933 fue el primer fabricante en instalar un motor Diesel en un camión. En 1944 la compañía es adquirida por Pacific Cars, PACCAR. Kenworth posee participación en Colombia por medio de dos empresas, Casa inglesa y Kenworth de la montaña. Es líder en el mercado colombiano de tracto camiones, como se puede ver anteriormente en un estudio realizado por la ANDI.

- T370. Es un semi tracto camión, ya que posee solo un eje trasero. Pertenece a los camiones de rango medio que se caracteriza por su productividad y versatilidad. Posee un motor Cummins, ISX, con una potencia de 345 hp a 1900 RPM, cumpliendo una normativa ambiental Euro V. Caja de velocidades Fuller directa de nueve velocidades. Suspensión por resortes. En la **Figura 16**, se pueden ver las características generales de este camión. La información fue tomada de la página de Kenworth de la montaña [34].

- T800. Es un tracto camión con un motor ISX de 400 hp a 1800 RPM, una caja Fuller de 15 velocidades, posee una capacidad de carga neta de 35 toneladas. Posee un sistema de suspensión por hojas resorte. La información de este vehículo se puede ver

en la **Figura 17**. Como se puede ver en la **Figura 18**, este modelo de Kenworth es el más vendido en el país, tiene buena acogida dentro del mercado colombiano debido a que es de fácil mantenimiento.

Figura 16.

Ficha técnica de mini mula T370

Placa	Modelo	Tipo	Marca
WFH302	2013	PATINETA	KENWORTH

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	SA	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	240	Referencia de llantas	29580r22.5
Torque (Lb ft)	660	Referencia Frenos	HIDRÁULICO/NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	8300	Referencia	RTLO16913A
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	DEXRON III		

Nota: Se presenta la ficha técnica de la T370. Tomado de: *Kenworth de la montaña* Ficha técnica T370

Figura 17.

Ficha técnica Kenworth T800

Placa	Modelo	Tipo	Marca
SZX759	2012	TRACTOMULA	KENWORTH

Vencimiento de Documentos		Datos Técnicos	
Motor	2045 ISSX	Aceite de transmisión	85W140
Potencia (HP)	400	Referencia de llantas	29580r22.5
Torque (Lb ft)	1650	Referencia Frenos	NEUMÁTICO
Cilindrada (cm ³)	15000	Referencia	RTLO16913A
Aceite de motor	15W40	Aceite de caja de velocidades	80W90
Aceite de caja de dirección	15W40		

Nota: Se muestra la ficha técnica de la T800. Tomado de: *Kenworth*, Ficha técnica T800

Figura 18.

Tracto camiones más vendidos en el año 2017

Clasificación de las líneas matriculadas – acumulado 2017 Tractocamiones				
Orden	Línea	Acumulado Año	% Año	Variación Frente al Año Anterior
1	KENWORTH T800	18	37,5%	-66,7%
2	MACK CXU 613E	10	20,8%	11,1%
3	FREIGHTLINER CL 120	8	16,7%	-66,7%
4	HINO GH8J	5	10,4%	-16,7%
5	FREIGHTLINER CASCADIA BASICA	2	4,2%	-66,7%
6	KENWORTH T460	2	4,2%	-33,3%
7	INTERNATIONAL 9400 ISBA 6x4	1	2,1%	-66,7%
8	INTERNATIONAL PROSTAR 6x4	1	2,1%	-80,0%
9	MACK GU 813E	1	2,1%	-

Nota: Mediante esta imagen se muestra que el tractocamión T800 fue el más vendido en el año 2017. Tomado de: *Fenalco y Andi*. Informe de vehículos de carga en Colombia. <https://cutt.ly/jzPXveh>

4.1.10. Frecuencias de mantenimiento.

Según el procedimiento establecido los conductores realizan un reporte de daño, el cual se deja consignado en una base datos de MS ACCESS. En la **Tabla 13** se muestra la ocurrencia del reporte de daño por tipo de vehículo.

Tabla 13.

Cantidad de reportes de daño y distribución porcentual

Tipo vehículo	Número de reportes	Porcentaje
Sencillo	276	30,6
Tracto camión	425	47,12
Turbo	201	22,28
Total	902	100

Nota: Se presentan los reportes de daño entre enero de 2019 a enero de 2020

4.1.10.a. Costos de mantenimiento habituales. Para establecer costos de mantenimiento, se toma en cuenta, intervenciones periódicas que se realizan actualmente, como cambios de aceite y cambios de llantas. En la **Tabla 14** y la **Tabla 15** y la **Tabla 16**, se observan las frecuencias anuales del cambio de aceite por tipo de vehículo y el valor en pesos colombianos de estos cambios de aceite.

Según los datos obtenidos por la base datos, cada tipo de vehículo posee un cambio de llantas anual

Tabla 14.

Cantidad de cambios de aceite

Tipo	Promedio de Distancia (km)	Kilómetros para cambio(km)	Números de cambios de aceite
Turbo	73895,69	10000,00	7
Sencillo	82504,47	15000,00	6
Tracto camión	123742,65	18000,00	7

Nota: En esta tabla se muestra la cantidad de cambios de aceite realizados para cada tipo de vehículo.

Tabla 15.

Costo de cambios de aceite

Tipo	Promedio de Distancia	Cantidad de aceite (qt)	Valor total del aceite (\$)	Valor promedio filtros (\$)	Valor total filtros (\$)
Turbo	73895	12	873.600	273.250	1'912.750
Sencillo	82504	18	1.123.200	283.700	1'702.200
Tracto camión	123742	45	3.276.000	463.780	3'246.460

Nota: En esta tabla se muestran los costos promedio del cambio de aceite para cada tipo de vehículo

Tabla 16.

Cantidad y costo de llantas cambiadas en un año

Tipo	Referencia de llantas	Cantidad de llantas	Costo promedio (\$)	Costo total (\$)
Turbo	21575R17.5	6	630.000	3.780.000
Sencillo	27570R22.5	6	712.000	4.272.000
Tracto camión	29580R22.5	10	1.100.000	11.000.000

Nota: En esta tabla se muestra el costo para cambiar todo el tendido de llantas, asumiendo que los vehículos cambien todas las llantas en un año.

4.1.11. Distancias y recorridos. Caracterizados los tipos de vehículo, se describe las condiciones normales de operación de los vehículos

4.1.11.a. Distancias: Comenzado con las distancias recorridas en periodo anual, comprendido dentro del periodo entre el año enero del 2019 a enero 2020. El objetivo de este apartado es mostrar las distancias recorridas a los cuales son sometidos los

vehículos. En la **Tabla 17**, se muestran las distancias recorridas por los vehículos de la compañía anualmente, las referencias de los tractocamiones son los automotores con más distancia recorrida entre el periodo de análisis. Hay una línea de camión ligero que recorrió casi la misma cantidad de kilómetros que las líneas de tractocamión. Al describir las distancias recorridas por los vehículos según su capacidad de carga se obtiene los valores de la **Tabla 18**, donde los automotores con mayor capacidad de carga fueron los que realizaron mayores recorridos durante el periodo.

Tabla 17.

Distancias recorridas por líneas de vehículos

Línea	Promedio de Distancia (km)
CL 120	131787,50
CASCADIA	130645,33
T800	123228,00
XZU640L-HKMLJ3	119237,00
M2 112	95901,67
FTR	95479,64
HD65	90516,00
NQR	80727,60
NHR	68518,25
NPR	64989,20
FRR	57359,60
NNR	35423,00
Total general	93770,64

Nota: En la tabla se muestran las distancias recorridas por cada tipo de vehículo en un periodo anual

Tabla 18.

Distancias recorridas según el peso

Clasificación Según el peso	Promedio de Distancia (km)
TURBO	73895,69
SENCILLO	82504,47
TRACTO CAMIÓN	123742,65
Total	93770,64

Nota: En la tabla se muestran los kilómetros recorridos por tipo de camión

4.1.12. Elaboración del análisis de criticidad dentro de los vehículos de la compañía

En la **Tabla 19**, se puede ver el análisis de criticidad dentro de la flota, donde se establece el grupo de vehículos más críticos para establecer un plan de mantenimiento, son los tractocamiones. Como se mencionó en el apartado 2.2.1 el análisis de criticidad, “A” identifica un equipo crítico, “B” es un equipo importante y “C” representa a las unidades prescindibles.

Tabla 19.

Análisis de criticidad

Tipo de vehículo	Producción	Calidad	Mantenimiento
Turbo	C	A	A
Sencillo	B	A	A
Tracto camión	A	A	A

Nota: Se presenta el análisis de criticidad para seleccionar el tipo de vehículo para realizar el plan de mantenimiento.

Dentro del grupo de tracto camiones se tienen las siguientes líneas de vehículos. Mostrando en la **Tabla 20**, se muestran la cantidad de vehículos por línea, teniendo en cuenta que las CL120, es la línea de tracto camiones, que más posee la compañía, es más imperante desarrollar un plan de mantenimiento para este tipo de camiones.

Tabla 20.

Cantidad de vehículos por línea

Línea	Marca	Cantidad de vehículos
M2 112	Freightliner	4
CL 120	Freightliner	11
T800	Kenworth	3
CASCADIA	Freightliner	3
T370	Kenworth	1

Nota: Por medio de esta tabla se muestran la cantidad de tractocamiones que camiones que hay en la compañía por línea, mostrando que hay en mayor cantidad CL120.

Finalizando la descripción de la compañía y seleccionando el equipo más crítico y en el siguiente aparte se selecciona el tipo de mantenimiento más adecuado para establecer el plan de mantenimiento.

4.2. Selección del tipo de mantenimiento adecuado

Para la compañía lo más factible es establecer un FMEA, para desarrollar un plan de mantenimiento al activo más crítico dentro de su flota que son los tracto camiones CL 120, motor Detroit serie 60. Revisados los tipos de mantenimiento que se podrían establecer con base a la situación actual de la compañía, se consolida una tabla comparativa para seleccionar la metodología a seleccionar para desarrollar el plan de mantenimiento. En la **Tabla 21**, se observan los requisitos de cada uno de los mantenimientos ya citados, tomando en cuenta la situación actual de la compañía, no se tiene establecido un FMEA [10], como lo dice Basson, en la guía de implementación del RCM, donde se tiene que estructurar un FMEA. Para el TPM no existen procedimientos robustos que mejorar, como lo expone Thomas Pyzdek [14], donde uno de los pilares del TPM es la optimización de los procedimientos. Para desarrollo del presente trabajo de grado no es posible establecer el RPN, debido a que no se tiene información histórica para determinar la ocurrencia de la falla. El valor agregado de implementar un modelo FMEA permitirá corregir errores actuales de ejecución, en la implementación de procedimientos, un análisis profundo en el funcionamiento del equipo, con un listado de piezas.

Tabla 21.

Comparación de tipos de mantenimiento

Estrategia de mantenimiento	Prerrequisitos
RCM, mantenimiento basado en confiabilidad	Información detallada de los equipos Diagramas instrumentación FMEA
TPM, mantenimiento de productividad total	Información detallada de los equipos Información histórica de mantenimientos Procesos preexistentes para generar acciones de mejora
FMEA, análisis modo efecto de falla	Información detallada de los equipos Diagramas de instrumentación

Nota: Mediante esta tabla se presenta el análisis de comparación sobre las metodologías descritas, se selecciona el FMEA.

Seleccionando el tipo de mantenimiento adecuado en el siguiente aparte se realiza la estructuración del plan de mantenimiento.

4.3. Elaboración del plan de mantenimiento de acuerdo con el tipo de intervención seleccionado

De acuerdo con la metodología seleccionada se describen las etapas para la consolidación del plan de mantenimiento. Con parte de la metodología del FMEA y el proceso de análisis de FTA, se describen las funciones principales del equipo, se establecen sistemas para los equipos que cumplen funciones específicas, que en su conjunto permiten al equipo operar.

4.3.1. Ficha técnica del equipo

En la **Tabla 22**, se observa la ficha técnica del tractocamión CL120.

Tabla 22.

Ficha técnica CL120

FICHA TÉCNICA CL 120 MOTOR DETROIT SERIE 60					
MOTOR					
REFERENCIA	FABRICANTE	POTENCIA (HP)	TORQUE (LB FT)	CILINDROS	
6067MK60	DETROIT DIESEL	430	1550	6	
EJE DELANTERO					
REFERENCIA	FABRICANTE	CAPACIDAD (KG)			
FG-941	MERITOR	9080*2			
CAJA DE VELOCIDADES					
REFERENCIA	FABRICANTE	VELOCIDADES	TORQUE MÁXIMO (lb ft)		
RTLO-16918B	EATON FULLER	18	2250		
TRANSMISIÓN DELANTERA					
REFERENCIA	FABRICANTE	CAPACIDAD (kg)			
RP23-160	MERITOR	21772			
TRANSMISIÓN TRASERA					
REFERENCIA	FABRICANTE	CAPACIDAD (kg)			
RR23-160	MERITOR	23578			
COMPRESOR DE MOTOR					
REFERENCIA	FABRICANTE	DESPLAZAMIENTO @ 1250 RPM (ft ³ /min)	POTENCIA (HP)	PRESIÓN MÁXIMA (PSIG)	TORQUE DURANTE SERVICIO (LB FT)
5004187X	BENDIX	13,2	2,5	100	100
FRENOS					
TIPO	CÁMARA (mm)	ACTIVACIÓN			
FRENO DE BANDA	419 x 152	NEUMÁTICA			

Nota: En esta tabla se presentan características más específicas del equipo escogido para realizar el plan de mantenimiento.

Comenzado a realizar el FMEA, se delimita el sistema de análisis y su función principal se define como el traslado de carga un punto a otro, dentro del sector de transporte de carga por carretera, la tractomula se define como el vehículo automotor con mayor capacidad. La capacidad de carga para tractomulas se establece en la **Tabla 23**; el PBV, peso bruto vehicular, es la suma de la capacidad de la carga más el peso del vehículo y del semirremolque vacío, el primer número de la designación representa la cantidad de ejes del tractocamión y el segundo número después de la “s” representa la cantidad de ejes del semirremolque. La compañía cuenta con semirremolques de dos y tres ejes.

Tabla 23.

Peso bruto vehicular permitido por el ministerio de transporte

Vehículos	Designación	Máximo PBV (kg)	Tolerancia positiva de medición (kg)
Tracto camión con	3S2	29000	+/-1200
semirremolque	3S3	48000	+/-1300

Nota: La tabla tomada de la referencia es mucho más extensa, solo se muestran las categorías que afectan los camiones de la empresa. Tomado de: *Ministerio de transporte*. Resolución 4100

Las funciones del vehículo son:

- La función de la CL 120 es transportar mercancía de un punto a otro con un PBV reglamentado máximo de 48.000 kg,
- El vehículo debe operar con los parámetros de funcionamiento suficientes para soportar el peso de la mercancía,
- Consumo de combustible eficiente
- Un nivel de emisiones dentro del rango permitido por las autoridades ambientales
- Sistemas de seguridad activa y pasiva lo suficientemente robustos para proteger la integridad física del operario y los demás actores viales

Los parámetros de operaciones se muestran en la **Tabla 24**.

Tabla 24.

Parámetros de operación

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DE LA COLUMBIA CL120			
Ralentí (RPM)	600	Potencia de freno del gobernador (HP)	470
Límite de revoluciones del gobernador (RPM)	75	Revoluciones del gobernador (HP)	2110
Potencia de freno (HP)	470	Torque máximo (ft lb)	1550
Revoluciones del motor (RPM)	2110	Revoluciones en torque máximo (RPM)	1200

Nota: Se muestran los parámetros de operación esperados para CL120.

4.3.2. División del equipo en sistemas

Para realizar un análisis minucioso de los modos y mecanismos de falla, es necesario establecer los diferentes sistemas funcionales dentro la CL 120, determinados principalmente por la función, luego por los tipos de fuente de energía que se alimentan

o gobiernan su funcionamiento. Desde este punto se designa cada componente con una codificación propia para poder identificar y luego relacionar los componentes con los diferentes modos y mecanismos de falla. En la **Tabla 25**, se muestran los sistemas establecidos para la CL120.

Tabla 25.

División del equipo en sistemas

Código	Nombre
MT	Motor
AD	Admisión
ES	Escape
LB	Lubricación
EN	Enfriamiento
EL	Eléctrico-Electrónico
AC	Alimentación de combustible
TR	Transmisión
DR	Dirección
SS	Suspensión
FR	Frenos
CR	Carrocería

Nota: La clasificación aquí mostrada se dio con base a la función de cada grupo.

Los sistemas se descomponen a un nivel lo suficientemente mínimo para describir una falla funcional de la tractomula.

4.3.2.a. División en subsistemas y componentes esenciales. Se establece la descomposición de cada sistema en subsistemas, y en cada uno de estos se enuncian componentes esenciales para el funcionamiento del tracto camión. Esta estructura detallada del trabajo es la entrada principal para citar las fallas principales que ocurren en los equipos. (ver **ANEXO 1**)

4.3.3. Listado de fallas comunes

En esta sección se listan las fallas por sistema, para establecerlo, se describen las funciones de cada sistema, de cada subsistema, para el sistema de frenos se entró al detalle de las funciones por componente, para este sistema se requiere fiabilidad por eso

la descomposición del trabajo y la mención de las funciones se realizó al detalle. De igual forma se establecen los efectos de falla de cada una citando el número de componente que se ve afectado, para posteriormente realizar el análisis de falla. En la **Tabla 26**, se muestra el listado completo de las fallas comunes para cada sistema, se relaciona la función del sistema, el código de falla, nombre de la falla común y el efecto de falla. Para el presente trabajo se elabora la siguiente designación de las fallas

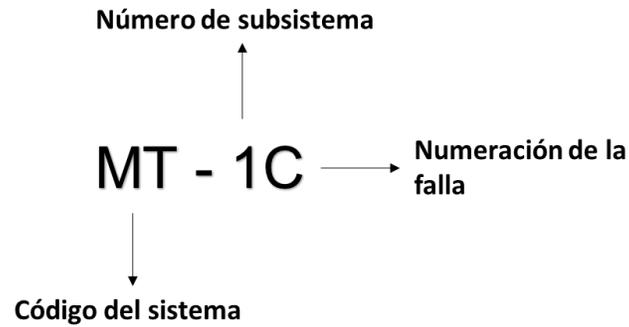


Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
		MT-1F	Recalentamiento	Temperatura de refrigerante por encima del punto de su evaporación, 101°C sobre el nivel del mal <ul style="list-style-type: none"> • MT-2.1 Culata • MT-2.2 Válvulas • MT-2,3 Guías • MT-2.4 Resortes • MT-2.5 Empaque de culata
MT-2 Culata	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar oportunamente las etapas de combustión • Contener el aceite, contener el refrigerante • Contener la compresión producida por la combustión 	MT-2A	Fuga de aceite por la tapa válvulas	Visualmente se ve el motor mojado de aceite, la varilla del aceite muestra un valor mínimo <ul style="list-style-type: none"> • MT-2.7 Tapa válvulas
		MT-2B	Daño en una válvula	Paro intempestivo, el vehículo no arranca. Los elementos afectados son. <ul style="list-style-type: none"> • MT-2.1 Culata • MT-2.2 Válvulas • MT-2,3 Guías • MT-2.4 Resortes • MT-2.5 Empaque de culata
MT-3 Elementos de salida	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger los elementos internos del motor • Cubrir los engranes del árbol de levas y del cigüeñal • Compensar la vibración • Conectar con el embrague • Alimentar el compresor • Alimentar el alternador • Alimentar el ventilador 	MT-3A	Rompimiento de las correas	Pueden afectarse solo siguientes componentes, el vehículo tiene una parada intempestiva <ul style="list-style-type: none"> • EL-1.2 Alternador • EN-3.1 Ventilador • EN-3.2 Embrague del ventilador
MT-4 Soportes	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el sitio al motor 	MT-4A	Soportes del motor reventados	El conductor en operación percibe un vaivén, que empuja el vehículo al lado contrario de la dirección, además siente un golpeteo al tomar un desnivel. <ul style="list-style-type: none"> • MT-1.1 Bloque

Tabla 26 (continuación)

Composición		Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
AD Admisión	AD-1 Elementos de conexión	<p style="text-align: center;"><u>Suministrar aire al sistema</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministrar aire al motor 	AD-1A	Rotura en el múltiple de entrada	Problemas de compresión, haciendo un chequeo con el escáner la compresión no es del 100% o la variación entre cilindros es +/- del 25%
	AD-2 Limpiadores de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el aire que entra al sistema • Mantener limpio el aire dentro de sistema luego de filtrado 	AD-2A	Filtro de aire tapado	Vehículo se siente desforzado en carga máxima exigencia, indicador de presión en filtro mayor a 22 in H ₂ O
			AD-2B	La tapa del porta filtro de aire no sella	Debido a una manipulación de la tapa del filtro se pueden evidenciar los efectos de la falla AD-2B
	AD-3 Intercambiador de calor	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el aire de combustión a temperatura adecuada 	AD-3A	Intercooler tapado	Se afecta la entrada de aire al múltiple de entrada, el aire puede entrar a una temperatura no adecuada, se quema los empaques del múltiple de entrada y se puede agrietar. <ul style="list-style-type: none"> • AD-1.2 Tuberías de conexión • AD-1.3 Empaques
			AD-3B	Intercooler roto	Se presentan los mismos efectos de la falla AD-3A
	AD-4 Elementos de recirculación	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una presión adecuada de entrada al múltiple 	AD-4A	Baja presión del turbo	No se suministra aire suficiente al motor, el vehículo no puede ejercer fuerza, caída de RPM, subida de temperatura
			AD-4B	Turbo pasa aceite	Se afecta el paso de aire, se pasa aceite a componentes subsiguientes. <ul style="list-style-type: none"> • AD-3.1 Intercooler
			AD-4C	Daño en el eje principal de la turbina de turbocompresor	Daño general del turbo, no puede realizar su función el vehículo no puede hacer fuerza o puede generar una parada intempestiva <ul style="list-style-type: none"> • AD-1.1 Múltiple de admisión

Tabla 26 (continuación)

Composición		Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
ES Escape	ES-1 Elementos de conexión	<u>Eliminar gases residuales de la combustión</u>	ES-1A	Conexiones rotas, fugas de aire de escape en el cuerpo de la tubería	El escape de gases a alta temperatura derrite las mangueras de aire y aumenta la temperatura de la cabina. <ul style="list-style-type: none"> • FR-2.6 Manguera de conexión al remolque • CR-1.1 Cabina
		Circular de manera constate los gases de escape hasta la salida			
	ES-2 Elementos de salida	Limpiar los contaminantes de los gases de salida, con bajo nivel de ruido	ES-2A	Ruido excesivo en la operación	Afectación al medio ambiente y el vehículo es llevado a los patios
			ES-2B	Exceso de humo negro	Afectación al medio ambiente y el vehículo es llevado a los patios, daño estético en la cabina <ul style="list-style-type: none"> • CR-1.1 Cabina

Tabla 26 (continuación)

Composición		Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla	
LB Lubricación	LB-1 Bombas	<p><u>Evitar el desgaste de los componentes metálicos, remover impurezas producidas en la combustión</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener un flujo constante de aceite en el motor • Mantener un flujo constante de aceite en la caja • Mantener un flujo constante de aceite en la transmisión 	LB-1A	No se bombea el suficiente aceite	<p>Daño completo en el motor</p> <ul style="list-style-type: none"> • MT-1 Bloque • MT-2 Culata 	
		Limpiar impurezas de los circuitos de flujo		Fuga de aceite en filtro de aceite motor	<p>Pérdida de presión de aceite, fuga de evidente en el motor, si es muy prolongado la pérdida de aceite se puede generar un daño en el motor. La pérdida de circulación en el motor causa daños en el turbocargador y en el compresor</p> <ul style="list-style-type: none"> • MT-1 Bloque • MT-2 Culata • FR-1.1 Compresor • AD-4.1 Turbocargador de geometría variable 	
	LB-2 Elementos filtrantes			LB-2B	Fuga de aceite en filtro de aceite caja	<p>Pérdida de circulación de aceite de caja de velocidades, se puede causar un daño en los engranes y ejes, aumento de la temperatura de la caja por encima de 121°C</p> <ul style="list-style-type: none"> • TR-2 Caja de velocidades

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
		LB-2C	Fuga de aceite en filtro de aceite transmisión	Pérdida de circulación de aceite en los engranes de la transmisión, el operario siente un golpe en la parte trasera • TR-5 Transmisiones
LB-3 Líneas de distribución	Distribuir el aceite en el sistema	LB-3A	Fugas de aceite por manguera en el motor	Se materializa los efectos de la falla LB-2A
		LB-3B	Fugas de aceite por el empaque del cárter	Se materializa los efectos de la falla LB-2A
EN Enfriamiento				
	EN-1 Bombas			
	EN-2 Intercambiadores de calor			
	<p><u>Mantener una temperatura adecuada para evitar sobrecalentamiento producidos por los movimientos de componentes metálicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Mantener el flujo continuo de líquido refrigerante en el sistema 	EN-1A	Se rompió el eje principal de la bomba de agua	Aumento en la temperatura del del refrigerante, el vehículo puede sufrir una parada intempestiva, si es muy prolongado el daño puede causar la falla MT-1F , de recalentamiento
	<ul style="list-style-type: none"> Reducir la temperatura refrigerante, por medio del aire Reducir la temperatura del aceite de motor Reducir la temperatura del aceite de la caja de velocidades 	EN-2A	Rotura del tanque del radiador	Aumento en la temperatura del refrigerante, el vehículo se apaga por alta temperatura de motor si el vehículo se queda sin refrigerante puede llevar a la falla MT-1F
		EN-2B	Rotura en el panel del radiador	El vehículo se apaga por alta temperatura

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
		EN-2C	Se rompieron los tubos en el enfriador de aceite de motor	Se presenta refrigerante en el aceite, se aumenta la temperatura del motor, afecta principalmente a las bombas. Formar emulsiones de agua en aceite y afectar el proceso de la combustión, llegando a afectar todo el ensamblaje del motor. <ul style="list-style-type: none"> • LB-1.1 Bomba de aceite de motor
		EN-2D	Se rompieron los tubos en el enfriador de la caja de velocidades	Se presenta agua en el aceite de la caja, se aumenta la temperatura en la caja de velocidades, la mezcla entre refrigerante y el aceite acidifica los engranes deteriorándolos, de igual manera se afecta la bomba de aceite de la caja de velocidades <ul style="list-style-type: none"> • LB-1.2 Bomba de aceite de caja de velocidades • TR-2.7 Engranes de cambios
		EN-2E	Se rompieron los tubos en el enfriador de la caja de dirección	La bomba de aceite de la caja de dirección comienza a presentar contaminación <ul style="list-style-type: none"> • LB-1.3 Bomba de aceite de la caja de velocidades
EN-3 Ventiladores	<ul style="list-style-type: none"> • Producir una velocidad de aire suficiente para generar enfriamiento en el radiador • Reducir la temperatura de motor en condiciones de carga máxima • Mantener el ventilador en sitio, conduciendo la corriente de aire producida 	EN-3A	No enciende el embrague del ventilador	Aumento de temperatura del motor hasta que es apagado por el sensor, puede causar daños en: <ul style="list-style-type: none"> • EN-3.1 Ventilador • MT-3.6 Correas
		EN-3B	Se rompieron varias álabes del ventilador	No genera el mismo flujo de aire para enfriar el motor y el radiador, aumento de la temperatura del enfriador puede llegar a apagar el vehículo por temperatura <ul style="list-style-type: none"> • EN-2.1 Radiador

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
		EN-3C	El embrague del ventilador trabaja de manera continua	Se duplica el consumo de combustible, la empaquetadura del mismo embrague se daña prematuramente
		EN-3D	Se desprende la tapa frontal del embrague	Apaga inmediatamente el motor, puede causar daño en el ventilador y romper correas <ul style="list-style-type: none"> • EN-3.1 Ventilador • MT-3.6 Correas
EN-4 Tanques	Almacenar el refrigerante	EN-4A	Se rompió el tanque y deja escapar el refrigerante	Aumento en la temperatura del refrigerante
		EN-4B	La tapa no sella bien y deja escapar el refrigerante	Aumento en la temperatura del refrigerante
EN-5 Elementos de conexión	Conducir el refrigerante en el sistema	EN-5A	Se rompieron las mangueras que conducen al radiador	Parada inmediata del motor con un aumento de la temperatura, dependiendo de la presión de operación, el estallido puede dañar canales del radiador
EN-6 Elementos de control	Proteger el motor de altas temperaturas de circulación	EN-6B	El termostato no actúa	Aumento de temperatura puede llevar a la falla MT-1F
EN-7 Elementos filtrante	Limpiar los contaminantes del circuito de enfriamiento	EN-7A	Filtro de circuito de enfriamiento estallado	Aumento de temperatura del refrigerante, puede llevar a la falla MT-1F

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
EL Eléctrico - Electrónico EL-1 Sistemas de alimentación	<p><u>Energizar los sistemas eléctricos y electrónicos, controlar la inyección y los sistemas de seguridad del sistema</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener una corriente mínima de suministro al sistema • Convertir el movimiento del motor en energía eléctrica para alimentar al sistema • Dar un empuje para el arranque del motor 		Baterías expulsan el ácido con burbujas	No se genera un voltaje mínimo de 12v, el alternador se puede ver afectado ya que tiene que generar más carga, el alternador al momento de encendido genera más esfuerzo para rotar. No se cargar el módulo de cabina, <ul style="list-style-type: none"> • EL-1.2 Alternador • EL-1.3 Arranque • EL-2.2 Módulo de control de cabina
		EL-1A		
		EL-1B	Las baterías no sostienen la carga de un día a otro	El arranque se esfuerza más para encender el motor, se daña el interruptor del arranque. <ul style="list-style-type: none"> • EL-1.3 Arranque
		EL-1C	Se daño un poste de la batería	Se repiten los efectos de las fallas EL-1A y EL-1B, más el daño que se pueden causar en las otras baterías.
		EL-1D	Batería estallada	Se repiten los efectos de las fallas EL-1A, EL-1B
		EL-1E	Daño en la polea del alternador	Se revientan las correas que vienen del motor, causa una parada intempestiva <ul style="list-style-type: none"> • MT-3.6 Correas
	EL-1F	El vehículo no da arranque	El motor no enciende	

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
		EL-1G	Daño en el regulador del alternador	Se causa una fluctuación indeseada del voltaje generado por el alternador <ul style="list-style-type: none"> • Si es por debajo de 12V las baterías comienzan a entregar más energía de la que reciben, los vasos comienzan a romperse. Se causan los efectos de las fallas EL-1A a EL-1D • Si es por encima de 12V, además de los efectos de las fallas por batería, el sistema eléctrico maneja un circuito sobre cargado lo que puede causar un corto circuito en arnés principal y dañar el módulo de cabina. • EL-2.1 Módulo de motor • EL-5.1 Arnés principal
EL-2 Sistemas electrónicos de control	Controlar las variables de operación	EL-2A	El módulo de motor no enciende el motor	El vehículo no enciende se pudo haber causado una falla en el solenoide de los inyectores <ul style="list-style-type: none"> • EL-2.5 Bobina del inyector
		EL-2B	No se muestran variables en módulo de cabina o no enciende	El vehículo no puede operar con normalidad, se puede presentar detenciones del vehículo debido a señales erróneas, no encienden las luces <ul style="list-style-type: none"> • EL-3 Sensores
		EL-2C	Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos	Se pueden realizar malas operaciones por parte del operario, se puede sobrecalentar el vehículo por no saber las RPM del motor o la temperatura del refrigerante MT-1F
		EL-2D	Daño en la bobina del inyector	Exceso de combustible en los cilindros, puede generar la falla MT-1B , más humo azul
EL-3 Sensores	Medir las variables de operación			

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
EL-4 Mecanismos de control del operario	Enviar señales eléctricas de control al módulo para el control del vehículo de parte del operario	EL-4A	El potenciómetro del acelerador no varía las revoluciones del motor	No se puede operar correctamente el vehículo, ya que no se controlan las RPM del motor
		EL-4B	No se activa el crucero	El conductor tendría que activar de forma seguida el acelerador causando su falla. • EL-4.1 Acelerador
		EL-4C	No se activa el freno de motor	El conductor tendría que utilizar solo los frenos de servicio lo que causaría la cristalización de las bandas y un recalentamiento en los ejes. • SS-2 Ruedas • FR-3 Accionamiento
EL-5 Elementos de conexión	Suministrar energía eléctrica diferentes componentes del sistema	EL-5A	Corto circuito en el arnés principal	Se puede causar una sobrecarga en los módulos de cabina y motor, un corto circuito en sistema de luces • EL-2.1 Módulo de motor • EL-2.2 Módulo de control de cabina • EL-6 Luces
EL-6 Luces	Iluminar exterior e interiormente el vehículo para mejorar la visibilidad del operario	EL-6A	Bombillos fundidos	Afecta la visibilidad del operario, lo que puede causar un grave accidente comprometiendo la integridad del conductor y del vehículo
EL-7 Elementos de conexión al remolque	Energizar el sistema de luces del remolque	EL-7A	No se activan las luces del remolque	La visibilidad de los otros actores viales se afecta, lo cual compromete al conductor y al vehículo

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla	
AC Alimentación de combustible	<u>Suministrar combustible para el proceso de combustión</u>				
	AC-1 Sistema de inyección	Suministrar combustible a los cilindros de combustión	AC-1A	Puntas de los inyectores tapados	No enciende el vehículo, no se genera proceso de combustión, se produce consumo adicional de combustible
			AC-1B	Fugas por los empaques del inyector	Se afecta la compresión del vehículo
	AC-2 Sistema de bomba	Empujar el combustible al circuito de combustible	AC-2A	La bomba de transferencia no envía combustible al sistema	No se enciende el motor, se afectan los inyectores • AC-1.1 Inyector
	AC-3 Elementos filtrantes	Limpiar contaminantes presentes en el combustible	AC-3A	Filtro de combustible tapado	El motor tiene que hacer un esfuerzo adicional, se suben las RPM, se aumenta el consumo de combustible, se pueden afectar los inyectores • AC-1.1 Inyector
	AC-4 Tanques de combustible	Contener el combustible para la operación del vehículo	AC-4A	Sedimentación en los tanques	Pueden pasar contaminantes al circuito provocar la falla AC-3A o la falla AC-1A, problemas de compresión, haciendo un chequeo con el escáner la compresión no es del 100% o la variación entre cilindros es +/- del 25%
AC-5 Líneas de combustible	Conducir el combustible en el sistema	AC-5A	Rotura en las mangueras de combustible	Aumento de consumo de combustible	

Tabla 26 (continuación)

	Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
TR Transmisión	TR-1 Embrague	<p><u>Convertir el movimiento rotación producido por el motor</u></p> <p>Conectar entre motor y caja de velocidades, permitiendo el cambio de velocidades</p>	TR-1A	No actúa el embrague	<p>No se puede realizar ningún cambio sobre la caja, el vehículo queda inoperante, dependiendo del daño en el embrague se puede afectar el volante del motor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • MT-3.5 Volante
	TR-2 Caja de velocidades	Controlar la velocidad y la potencia de desplazamiento	TR-2A	No entran los cambios, el vehículo no opera	No se puede realizar ningún cambio, el vehículo no se puede desplazar
	TR-3 Elementos de conexión	Conectar el motor la caja de velocidades y las transmisiones	TR-3A	Cardán doblado	<p>No hay conexión entre la caja de velocidades y las transmisiones, el vehículo tiene una parada intempestiva. Se puede presentar un daño en la caja de velocidades o alguna transmisión</p> <ul style="list-style-type: none"> • TR-2 Caja de velocidades • TR-3 Elementos de conexión
			TR-3B	Cruceta desgastada	<p>Se genera una caída inmediata del cardan quitando la conexión con la caja de velocidades o cualquiera de las transmisiones</p> <ul style="list-style-type: none"> • TR-3.3 Cardanes
	TR-4 Ejes de ruedas	Producir movimiento rotacional en las ruedas	TR-4A	Rotura en los dientes de engrane en la transmisión	No hay movimiento en los ejes de tracción, se genera una parada intempestiva
			TR-4B	Fuga de aceite de transmisión	Pérdida de circulación de aceite, se puede generar contacto metal con metal generando una rotura de los engranes

Tabla 26 (continuación)

	Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
	TR-5 Transmisiones	Convertir la dirección de movimiento originado por el motor	TR-5A	No se trasmite movimiento	Se restringe el movimiento de una rueda, no se puede generar la tracción necesaria, se afectan los elementos de la suspensión <ul style="list-style-type: none"> • SS-2 Ruedas
	<u>Controlar el movimiento del vehículo</u>				
DR Dirección	DR-1 Columna	Conducir el movimiento producido por el operario	DR-1A	Daño en una cruceta de la columna	No se transmite la dirección, se puede causar un grave accidente si se presenta esta falla en la operación
	DR-2 Timón	Recibir el mando producido por el operario	DR-2A	Manubrio desgastado	El conductor no tiene buen agarre del timón lo que pueda causar un mal movimiento que dañe la columna de la dirección <ul style="list-style-type: none"> • DR-1 Columna
	DR-3 Bomba Hidráulica	Mantener volumen líquido suficiente para la asistencia de la dirección	DR-3A	No se transmite el movimiento	Se generan daños en los elementos de unión, debido a un mal movimiento causado por el daño en la bomba. <ul style="list-style-type: none"> • DR-4 Uniones al eje frontal
	DR-4 Uniones al eje frontal	Convertir el movimiento de la columna al eje	DR-4A	La rótula no se mantiene en posición y presenta "juego"	Caída de las barras, puede causar un accidente crítico, ya que el operario pierde control del vehículo Se genera un desgaste anormal en las llantas <ul style="list-style-type: none"> • SS-4 Llantas

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla	
SS Suspensión	SS-1 Ejes				
		<u>Amortiguar los movimientos producidos por cambios de nivel en la vía</u>			
		Sostener otros elementos de suspensión como los muelles, los amortiguadores y las llantas	SS-1A	Eje doblado	<p>Causa un desgaste prematuro de las llantas, un desajuste en las ruedas dañando rodamientos, retenedores y tuercas de ajuste</p> <ul style="list-style-type: none"> • SS-2.3 Retenedor delantero • SS-2.4 Rodamiento delantero interno • SS-2.5 Rodamiento delantero externo • SS-2.6 Retenedor trasero • SS-2.7 Rodamiento trasero interno • SS-2.8 Rodamiento trasero externo
SS-2 Ruedas		Restringir movimientos axiales del conjunto de elementos que componen las ruedas	SS-2A	Los agujeros pasantes del bocín cedidos	<p>Se afectan los pernos de anclaje, corre el riesgo que se salgan las llantas en operación del vehículo</p> <ul style="list-style-type: none"> • SS-2.2 Pernos de anclaje del bocín • SS-4 Llantas • FR-3.1 Cámaras delanteras
			SS-2B	El hilo de la rosca cedido	<p>Se crea "juego" entre las tuercas y el bocín causado la falla SS-2A y también se puede crear cedencia con la cámara de freno.</p> <ul style="list-style-type: none"> • FR-3.1 Cámaras delanteras

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla		
SS-3 Sistema de amortiguación		SS-2C	Calentamiento de la rueda	Se afectan todo el ensamblaje de la rueda, se afectarían los sistemas de freno de la rueda, el calor producido desgasta la goma de las llantas los componentes afectados son: <ul style="list-style-type: none"> • SS-2 Ruedas • SS-4 Llantas • FR-3.1 Cámaras delanteras • FR-3.4 Zapata delantera • FR-3.5 Bandas delanteras • FR-3.7 Cámara trasera • FR-3.8 Campana delantera • FR-3.9 Campana trasera • FR-3.10 Rodajas 		
			SS-2D	Fuga de aceite por el eje	Se puede materializar la falla SS-2C, por la falta de aceite se genera un recalentamiento de la rueda	
			SS-2E	La rueda presenta juego axial	Se genera desgaste en los componentes de la rueda <ul style="list-style-type: none"> • SS-2 Ruedas 	
	Reducir el impacto de las fuerzas producidas en el chasis al pasar por un sobre salto		SS-3A	Primeras dos hojas de muelle rotas	Se corre el muelle, mueve la transmisión, se puede correr el chasis hacia un lado	
				SS-3B	Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja	Se puede generar una fractura en las hojas principales del muelle
				SS-3C	Rotura de múltiples hojas	Se puede materializar la falla SS-3A, se afectan: <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.8 Grapas traseras
				SS-3D	Central se rompió	Se afecta la alineación, se puede llegar a dañar el muelle rompiendo una hoja <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.1 Muelle delantero • SS-3.6 Muelle trasero

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
			Buje estallado	Se cae el muelle, materializando la falla SS-3A, se afecta la alineación del vehículo generando un desgaste prematuro de las llantas <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.1 Muelle delantero • SS-3.6 Muelle trasero • SS-4.1 Llantas de dirección • SS-4.2 Llantas de tracción
		SS-3E		
			Amortiguador se salió de la base	El amortiguador deja realizar su función, puede llegar a dañarse, además que el muelle quedaría soportando más esfuerzo, se afecta la alineación. <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.1 Muelle delantero • SS-3.6 Muelle trasero
		SS-3F		
		SS-3G	Amortiguador delantero estallado	Los efectos de falla SS-3F, son los mismos
			Amortiguador trasero estallado	Las bombonas soportan más carga y es más factible que se rompan. <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.14 Bolsa de aire de la suspensión
		SS-3H		
			Bolsa de tracción con fisura	Se sobrecargan los muelles y los amortiguadores, el chasis no se mantendría en un nivel adecuado, realizando roces con las llantas, también se materializa la falla <ul style="list-style-type: none"> • SS-3.10 Amortiguadores traseros • SS-4.2 Llantas de tracción • SS-3.12 Amortiguador trasero • TR-3A Cardan
		SS-3K		
			Bolsa de tracción con filtración mínima de aire	El compresor no puede entregar 100 psi de presión, se afecta la eficiencia del compresor. <ul style="list-style-type: none"> • FR-1.1 Compresor
		SS-3L		

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
SS-4 Llantas	Amortiguar las irregularidades de la carretera, garantizando la comodidad del conductor	SS-3I	Bolsa de tracción de la cabina con fisura	Se afectan la cabina, y la comodidad de operación del conductor. • CR-2 Cabina interna
		SS-4A	Desgaste no uniforme en la banda de llanta	La fricción de las llantas con el asfalto se reduce, causando accidentes graves
		SS-4B	Fisura en el flanco de la llanta	En condiciones de exigencia la llanta se estalla afectando • FR-3 Accionamiento • SS-2 Ruedas
		SS-4C	Rin doblado en la zona del talón	El rin y el neumático no tendrían un contacto adecuado, y la llanta perdería presión de aire y se iría poco a poco desinflando • SS-4.1 Llantas de dirección

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
FR Frenos FR-1 Sistema de alimentación y limpieza	<u>Controlar la velocidad del vehículo</u> <ul style="list-style-type: none"> • Suministrar presión de aire suficiente para el accionamiento de los frenos • Controlar el paso de aire al tanque de alimentación • Limpiar el aire de partículas de agua y aceite • Mantener una capacidad de aire suficiente para el almacenamiento de los tanques subsiguientes • Mantener una capacidad de aire suficiente para accionar los frenos traseros • Mantener una capacidad de aire suficiente para accionar los frenos delanteros • Mantener una capacidad de aire suficiente para accionar el mono de la caja y las bolsas de aire de cabina y la tracción 	FR-1A	El compresor no tiene retorno de aceite	No hay una presión de aire (<100 psi) para cargar el sistema, se dañan los sistemas de alimentación subsiguientes: <ul style="list-style-type: none"> • FR-1.2 Gobernador • FR-1.3 Filtro secador • FR-1.4 Tanque de alimentación Alimentación de aire a los sistemas de accionamiento se ralentiza afectando maniobrabilidad
		FR-1B	El compresor no suministra el aire suficiente	Si la falla se hace más severa, no se pueden liberar los frenos de parqueo y el vehículo no puede moverse.
		FR-1C	No hay paso de aire	Se afecta la operación de subsistema de accionamiento. <ul style="list-style-type: none"> • FR-3 Accionamiento • TR-2 Caja de velocidades No se puede realizar cambios
		FR-1D	El pedal de freno no actúa	No se puede mover el vehículo, ya que no se pueden liberar los frenos de servicio
		FR-1E	Fugas en aire por el botón de parqueo de los frenos	No hay paso de aire al subsistema de accionamiento <ul style="list-style-type: none"> • FR-3 Accionamiento La presión del aire cae <100 psi, se afecta la activación de otros dispositivos neumáticos y no se pueden activar los frenos de parque del tráiler

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
FR-2 Elementos de distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el flujo continuo de aire a los diferentes componentes • Controlar el paso de aire para los frenos de servicio • Controlar el paso de aire para los frenos de parqueo • Activar el paso de aire a las válvulas de los frenos de servicio • Mantener el paso de aire para los frenos del remolque • Activar el paso de aire para los frenos de parqueo • Activar el paso de aire para los frenos del remolque 	FR-2A	Manguera rota	<p>Descarga de aire del sistema, puede causar una parada intempestiva del camión, si no se atiende a tiempo afecta la eficiencia volumétrica del compresor</p> <ul style="list-style-type: none"> • FR-1.1 Compresor
		FR-2B	Unión deteriorada	Se puede generar fugas FR-2A
		FR-2C	Válvula sin paso	Se pierde control de los frenos de servicio
		FR-2D	Los frenos de remolque no se activan	<p>Puede causar un accidente grave, comienza a cederse la conexión del camión al remolque (la quinta rueda) y del remolque al camión (tornamesa), las ruedas del tractocamión se desgastan más rápido. Si la falla es moderada los frenos del tractocamión comienzan a esforzarse de más llegándose a recalentar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • FR-3.5 Bandas <p>Si la falla se presenta y es total, el remolque no se puede mover</p>
		FR-2E	Manguera del remolque rotas	Se genera pérdida de presión aire en el sistema y el remolque no se puede mover
		FR-2F	Los acoples al remolque dejan escapar el aire	Se materializa los efectos de la falla FR-2D

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
FR-3 Accionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Accionar el trinquete que activa las zapatas de freno • Activar la leva de freno • Activar las zapatas de freno • Contener las bandas de freno 	FR-3A	El vástago de la cámara no se activa	No se activa el trinquete y los frenos de otras ruedas tienen esforzarse más llegándose a recalentar <ul style="list-style-type: none"> • FR-3.5 Bandas • FR-3.7 Cámara trasera • FR-3.8 Campana delantera
	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercer fricción suficiente para reducir la velocidad de la rueda • Unir zapata superior con la inferior 		FR-3B	El trinquete no mantiene la graduación
	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenar aire suficiente para los frenos de servicio y de parqueo 	FR-3C		La leva de freno salió de su posición
	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una superficie uniforme, sólida y de cierto espesor para que la banda ejerza fricción sobre ella, en la parte delantera • Mantener una superficie uniforme, sólida y de cierto espesor para que la banda ejerza fricción sobre ella, en la parte trasera • Mantener una superficie de contacto suficiente entre leva y las zapatas 		FR-3D	La zapata de freno se rompió

Tabla 26 (continuación)

Composición	Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla
			La campana se rompió	Afecta todos los componentes de accionamiento de la rueda <ul style="list-style-type: none"> • FR-3.3 Leva • FR-3.4 Zapata delantera • FR-3.5 Bandas • FR-3.6 Resortes delantera • FR-3.7 Cámara trasera • FR-3.8 Campana delantera • FR-3.9 Campana trasera • FR-3.10 Rodajas También sufren daños los componentes del siguiente subsistema <ul style="list-style-type: none"> • SS-2 Ruedas
		FR-3E		
		FR-3F	La campana se encuentra con una profundidad mínima	En cualquier momento se puede manifestar los efectos de la falla FR-3E
			Bandas cristalizadas	Si es en condiciones de exigencia se pueden causar la falla SS-2C, donde se recalientan los componentes de los ejes donde los rodamientos y el bocín se funden En condiciones no exigentes la banda se resquebraja se materializa la falla FR-3D
		FR-3G		
		FR-3H	Resorte no se contrae	Genera la falla FR-3D, el operario al activar el freno y el resorte no está funcionando puede llegar a romper la zapata
FR-4 Freno de motor	Reducir la velocidad del motor por medio de la descompresión del motor	FR-4A	Pistoncillos del freno de motor se deterioran	Los bloques del freno de motor no pueden cumplir su función y el freno de motor no se puede activar, solo quedarían sirviendo los frenos de servicio y se puede manifestar la falla FR-3G

Tabla 26 (continuación)

Composición		Función	Código de falla	Fallas comunes	Efectos de falla	
CR Carrocería	CR-1 Cabina externa	<p><u>Proteger al operario y la estructura de agentes externos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Proteger al operario y a los mandos de control • Proteger al motor y las partes que se ubican adyacentes a él • Permitir el acceso a la cabina • Proteger al operario del flujo externo de aire, en operación • Sostener los ejes de tracción • Sostener las vigas laterales de tracción • Permitir un paso de aire seguro al motor • Limpiar el panorámico 	CR-1A	Burbujas en la pintura	Se genera corrosión en las piezas, se afecta la carrocería y se pueden afectar las partes internas	
			CR-1B	Pérdida de color y brillo	Se afecta la apariencia del vehículo	
			CR-1C	Oxido en el chasis	Se genera fractura y se afecta la estabilidad del vehículo	
			CR-1D	Agrietamiento del chasis	Se pueden generar fracturas y daños en el chasis	
			CR-1E	Fractura en los ejes transversales	Se afecta el rendimiento de las transmisiones <ul style="list-style-type: none"> • TR-5.1 Transmisión delantera • TR-5.2 Transmisión trasera 	
			CR-1F	Rompimiento de la persiana	Se afecta el ventilador y se tapona el radiador e intercooler <ul style="list-style-type: none"> • AD-3.1 Intercooler • EN-2.1 Radiador 	
			CR-2A	La silla no amortigua	Se afecta la comodidad del operario, y le causa enfermedades laborales	
	CR-2	Cabina interna	<ul style="list-style-type: none"> • Amortiguar los desniveles de la vía con comodidad al operario • Proteger la integridad física del operario en caso de cualquier accidente 	CR-2B	Cinturón deshilachado	En caso de presentarse un accidente, el conductor puede salir por el vidrio frontal de cabina causando graves lesiones

Nota: Se presentan las fallas comunes para todos los sistemas en contraposición de la función de cada subsistema.

4.3.4. Análisis de falla

Establecido el listado de fallas con sus efectos, se presenta el análisis de falla determinando causas o mecanismos de falla, para crear procedimientos de inspección y de intervención para la falla.

4.3.4.a. Causas de falla. En este aparte, para cada falla mencionada anteriormente, se presentan las causas asociadas a ésta (ver **Tabla 27**), se relacionan entre sí, para identificar orígenes comunes. Así mismo en cada una se identifica si la falla es funcional (que debe ser atendida de inmediato) o de servicio (permite repararse cuando llegue al taller).

Tabla 27.

Causas del listado de fallas

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
MT-1A	Entrada de líquido al cilindro Por: <ul style="list-style-type: none">• Daño en el bloque, que causa una picadura y permitió la entrada de agua al cilindro MT-1.1• Rotura de una camisilla del inyector	FALLA FUNCIONAL
MT-1B	Alta temperatura del motor causada por Problemas de circulación del refrigerante <ul style="list-style-type: none">• EN-1A Daño en la bomba de agua Puede ser causado por las fallas de <ul style="list-style-type: none">• EL-2D Daño en el solenoide del inyector, no se regula el paso del combustible para la inyección• AC-2A El solenoide de combustible envía combustible de más a la inyección	FALLA FUNCIONAL
MT-1C	Desgaste casquetes de biela gastados	FALLA DE SERVICIO
MT-1D	Desgaste por recalentamiento y corrosión dentro de la cámara	FALLA FUNCIONAL
MT-1E	Daño en los cilindros de motor	FALLA FUNCIONAL
MT-1F	Problemas de circulación del refrigerante <ul style="list-style-type: none">• EN-1A Daño en la bomba de agua Puede ser causado por las fallas de <ul style="list-style-type: none">• EL-2D Daño en el solenoide del inyector, no se regula el paso del combustible para la inyección• AC-2A La bomba de combustible envía combustible de más a la inyección	FALLA FUNCIONAL

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
MT-2A	Vibración del motor, daño en los soportes de motor. La tapa se va cediendo y no encaja en la culata	FALLA DE SERVICIO
MT-2B	Corrosión de la válvula, sobre calentamiento	FALLA FUNCIONAL
MT-3A	Correas desgastadas Sobre tensión Desajuste en el motor	FALLA FUNCIONAL
MT-4A	Problemas en la suspensión, en el subsistema de amortiguación. <ul style="list-style-type: none"> • SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas • SS-3C Rotura de múltiples hojas • SS-3F Amortiguador se salió de la base • SS-3G Amortiguador delantero estallado • SS-3H Amortiguador trasero estallado • SS-3K Bolsa de tracción con fisura 	FALLA DE SERVICIO
AD-1A	Puede deberse a un mal enfriamiento del intercooler Falla AD-3A o AD-3B Sobrepresión del turbo	FALLA DE SERVICIO
AD-2A	Filtro de aire que no se cambia a tiempo Manguera de aire rota que permite la entrada de suciedad La tapa de filtro de aire no sella bien AD-2B	FALLA DE SERVICIO
AD-2B	Mala operación del operario al remover la tapa Algún impacto que sufra la tapa y le impida cerrar bien	FALLA DE SERVICIO
AD-3A	Mala circulación de aire AD-2A Daño en el turbo cargador, ésta pasando aceite AD-4B	FALLA DE SERVICIO
AD-3B	Sobrepresión del turbocargador	FALLA FUNCIONAL
AD-4A	El turbocompresor está dañado AD-4C o AD-4B	FALLA DE SERVICIO
AD-4B	Mala circulación de aceite al turbo El aceite perdió viscosidad	FALLA DE SERVICIO
AD-4C	Se debe a la falla AD-4B, donde el turbo se ve afectado por poco aceite o aceite sin viscosidad necesaria Desajuste, que cause una vibración indeseada y fatiga dentro del compresor, un soporte de motor roto MT-4A	FALLA FUNCIONAL
ES-1A	Daños en la suspensión que causen vibraciones indeseadas y causen fatiga en los tubos de escape. <ul style="list-style-type: none"> • SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas • SS-3C Rotura de múltiples hojas • SS-3F Amortiguador se salió de la base • SS-3G Amortiguador delantero estallado • SS-3H Amortiguador trasero estallado • SS-3K Bolsa de tracción con fisura 	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
ES-2A	Daño en el tarro del silenciador	FALLA DE SERVICIO
ES-2B	Baja entrada de aire a la cámara de combustión, el humo negro se debe a combustible quemado <ul style="list-style-type: none"> • Filtro de aire tapado AD-2A • EL-2D Daño en el solenoide del inyector, no se regula el paso del combustible para la inyección • AC-2A La bomba de combustible envía combustible de más a la inyección 	FALLA DE SERVICIO
LB-1A	Obstrucción presente en la bomba que no permite el flujo de aceite, problemas con el aceite de motor, mala filtración	FALLA FUNCIONAL
LB-2A	<ul style="list-style-type: none"> • Mala instalación del filtro • Problemas de compresión en el motor • Filtro sin reemplazar por mucho tiempo 	FALLA DE SERVICIO
LB-2B	Mala instalación del filtro	FALLA DE SERVICIO
LB-2C	Mala instalación del filtro	FALLA DE SERVICIO
LB-3A	<ul style="list-style-type: none"> • Mangueras desgastadas • Rotura de la manguera efecto de otra reparación 	FALLA DE SERVICIO
LB-3B	Desgaste del empaque por tiempo de uso	FALLA DE SERVICIO
EN-1A	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante • EN-4A Fuga de en el tanque o una EN-5A conexión rota 	FALLA FUNCIONAL
EN-2A	Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante	FALLA FUNCIONAL
EN-2B	Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante	FALLA FUNCIONAL
EN-2C	Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante	FALLA DE SERVICIO
EN-2D	Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante	FALLA DE SERVICIO
EN-2E	Corrosión producida la utilización de agua en vez de refrigerante	FALLA DE SERVICIO
EN-3D	<ul style="list-style-type: none"> • Falla del solenoide de control del embrague del ventilador • Activación continua del embrague • Sobretensión de las correas 	FALLA FUNCIONAL
EN-4A	Utilizar agua en el sistema refrigerante, degrada el tanque	FALLA FUNCIONAL

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
EN-4B	Mala manipulación en la instalación de la tapa	FALLA DE SERVICIO
EN-5A	<ul style="list-style-type: none"> • Mangueras agrietadas • Abrazaderas cedidas 	FALLA FUNCIONAL
EN-6B	<ul style="list-style-type: none"> • El termostato se encuentra oxidado • No tiene empaquetadura • Corrosión debida a la utilización de agua 	FALLA FUNCIONAL
EN-7A	<ul style="list-style-type: none"> • Largos periodos de no cambiar el filtro • Oxidación debida a la utilización de agua 	FALLA FUNCIONAL
EL-1A	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga del alternador EL-1F, el regulador no funciona y el alternador produce más de 12,8V • Terminales de conexión del alternador en mal condición o no se encuentran • Los cascos de la batería se encuentran con agujero, causado por impacto. • Mala instalación, las baterías no se encuentran bien sujetas y pueden moverse en operación • Una vibración indeseada por problemas de suspensión. 	FALLA DE SERVICIO
EL-1B	<p>Las baterías ya cumplieron su periodo de uso El alternador produce menos de 12,2V Hay un mal contacto en la instalación y no se sostiene la corriente</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-1C	<p>Un cortocircuito en la instalación, la terminal del puente de la batería tiene holgura con el tornillo de la batería. Falla en el alternador EL-1F</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-1D	<p>Las causas son iguales de la falla EL-1A, es una condición más severa donde la sobrecarga daña los vasos del batería más rápido</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-1E	<p>Sobre tensión de la correa Revoluciones del motor no controladas Paro imprevisto del motor</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-1F	<p>Desgaste en el piñón del arranque al motor (bendix) Daño en el acople con el motor, se encuentra cedido</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-1G	<p>Rotor entra en corto, el embobinado hace mal contacto Las baterías no tienen una carga por encima de 12.6V</p>	FALLA DE SERVICIO
EL-2A	<p>Corto circuito en el arnés principal Una sobrecarga del sistema Mal contacto en los pines de entrada al modulo</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-2B	<p>Sobrecarga en el módulo de cabina Un corto circuito en el arnés principal</p>	FALLA FUNCIONAL
EL-2C	<p>Sensor de nivel de refrigerante corroído Sensor de velocidad, con el cable roto Sensor ABS, con el terminar de conexión a la rueda roto Cable suelto en el arnés principal</p>	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
EL-2D	Daño en el módulo de motor Mal contacto en la conexión al inyector Fuga de aceite que cree un mal contacto	FALLA DE SERVICIO
EL-4A	Mala operación del conductor, donde se ejerce más presión al pedal Una obstrucción en el movimiento del pedal Mala posición del sensor del pedal	FALLA FUNCIONAL
EL-4B	Problema de conexión del switch de activación del crucero	FALLA DE SERVICIO
EL-4C	Calibración de las válvulas incorrecta Daño en el pistón de activación del freno de motor El arnés de activación presenta corto circuito Fuga de aceite que en el arnés de activación Mala activación del freno de motor, durante los cambios	FALLA DE SERVICIO
EL-5A	Fugas de aceite que caigan en el arnés y asilen la corriente de diferentes cables Circuito abierto que haga mal contacto Fallas en las baterías o en el alternador EL-1A Baterías expulsan el ácido con burbujas EL-1B Las baterías no sostienen la carga de un día a otro EL-1C Se dañó un poste de la batería EL-1D Batería estallada EL-1G Daño en el regulador del alternador	FALLA FUNCIONAL
EL-6A	Entrada de agua a las unidades lo cual causa un daño en la conexión hacia las luces Falta de guardabarros, daño de guardabarros	FALLA FUNCIONAL
EL-7A	Daño en el cable siete vías, daño en la conexión de salida del siete vías	FALLA FUNCIONAL
AC-1A	Falla AC-4A, los tanques presentan partículas contaminantes, que los filtros no pueden limpiar Filtros de combustible tapados AC-3A Filtros de combustible con largos periodos sin cambiar Calidad de combustible	FALLA FUNCIONAL
AC-1B	Cauchos de los inyectores dañados	FALLA DE SERVICIO
AC-2A	Combustible sucio, filtros tapados AC-3A, tanques con suciedad AC-4A	FALLA FUNCIONAL
AC-3A	Combustible deficiente Falla en el tanque AC-4A Largos periodos de cambios de filtro	FALLA DE SERVICIO
AC-4A	Combustible de mala calidad Falta de limpieza en los tanques Tanque abierto que permita la entrada de contaminantes al combustible	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
AC-5A	Mangueras desgastadas	FALLA DE SERVICIO
TR-1A	Mala operación del conductor donde no se activa o desactiva el pedal Volante en mal estado, que provoca un desgaste en la banda del disco	FALLA FUNCIONAL
TR-2A	Mala operación del operario, donde el cambio no se hace de acuerdo con las revoluciones del motor Aceite no cambiado a tiempo Aceite contaminado con agua por daño en el enfriador de aceite de velocidades	FALLA FUNCIONAL
	Puede deberse a una cruceta desgastada TR-3B	
TR-3A	Un paso de aire deficiente a las bolsas de suspensión es generado por problemas del compresor FR-1A , donde no se genera la suficiente presión de aire	FALLA FUNCIONAL
TR-3B	Falta de grasa Falta de presión de aire en las bolsas de aire FR-1A Cruceta desgastada	FALLA FUNCIONAL
TR-4A	Falta de aceite en la transmisión Aceite con gran periodo de uso	FALLA FUNCIONAL
TR-4B	Desgaste en los retenedores en los elementos de conexión	FALLA DE SERVICIO
TR-5A	Un eje de rueda con los dientes dañados es causado por mala lubricación	FALLA FUNCIONAL
DR-1A	Desgaste por uso de la cruceta Falta de grasa en la cruceta Mala operación del conductor	FALLA FUNCIONAL
DR-2A	Uso normal del conductor	FALLA DE SERVICIO
DR-3A	Falta de aceite, un filtro del aceite de la dirección gastado	FALLA FUNCIONAL
DR-4A	Desalineación de las ruedas Las terminales se encuentran desgastadas	FALLA DE SERVICIO
SS-1A	Un vehículo conducido largo tiempo desalineado	FALLA DE SERVICIO
SS-2A	Sobre torque en los pernos de ajuste Mala operación cuando se desmonta una rueda	FALLA FUNCIONAL
SS-2B	Sobre torque en los pernos de ajuste Mala operación cuando se desmonta una rueda	FALLA DE SERVICIO
SS-2C	Falta de lubricación, aceite de transmisión sin viscosidad, no se cambiado la grasa de los rodamientos en un periodo largo Retenedor gastado Rodamientos picados Zapata sin banda FR-3G	FALLA FUNCIONAL

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
SS-2D	Retenedor en mal estado Tapa ejes no sella	FALLA DE SERVICIO
SS-2E	Rodamientos defectuosos Para la rueda delantera, los “splinders” se encuentran dañados, el buje está cedido o las balineras están defectuosas	FALLA DE SERVICIO
SS-3A	Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I	FALLA FUNCIONAL
SS-3B	Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I Condiciones del terreno, desniveles profundos	FALLA DE SERVICIO
SS-3C	Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I Condiciones del terreno, desniveles profundos	FALLA FUNCIONAL
SS-3D	Falta de alineación de las ruedas	FALLA DE SERVICIO
SS-3E	Problemas de amortiguación Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I Desgaste del buje debido al tiempo de servicio La calidad del buje deficiente	FALLA DE SERVICIO
SS-3F	Falla en los muelles SS-3A SS-3B SS-3C, donde el amortiguador tenga que soportar la compresión entre el chasis el eje Desgaste del buje de caucho que se encuentra en la base del amortiguador.	FALLA DE SERVICIO
SS-3G	Conducción continua en vías desniveladas, daño en el muelle delantero, la materialización de la falla SS-3F	FALLA DE SERVICIO
SS-3H	Una bolsa de aire fisurada SS-3K	FALLA DE SERVICIO
SS-3K	Problema con el suministro de aire desde el compresor FR-1A Daño en los muelles traseros SS-3A y SS-3B Válvula de distribución de aire a la bombona obstruida, no suministra la suficiente presión de aire	FALLA FUNCIONAL
SS-3L	Desgaste en el neumático de la bolsa o la base se desprende, daño en la amortiguación de los muelles, SS-3A y SS-3B	FALLA DE SERVICIO
SS-3I	Mala amortiguación de la tracción Problemas de los muelles SS-3A y SS-3B Conducir sobre desniveles profundos	FALLA DE SERVICIO
SS-4A	Falta de alineación DR-4A Terminales de la dirección sueltas SS-3E Buje de soporte de muelle estallado SS-2E Juego axial en la rueda, debido a “splinders” desgastados.	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
SS-4B	Sobrecarga de aire (>100 psi)	FALLA DE SERVICIO
SS-4C	Mala conducción del operario, donde no mide los pasos peatonales o muelles de carga y golpea en la cara al neumático Mala operación del técnico, sobre torque en los pernos de ajuste del rin Se conduce el vehículo con baja presión de las llantas (<100 psi) Se conduce el vehículo con una llanta pinchada	FALLA DE SERVICIO
FR-1A	Aceite de motor sin viscosidad Filtro de aire tapado AD-2A Restricciones del paso de aceite Daño en el sello de aceite o falta de la empaquetadura de la carcasa Paso de refrigerante pobre Fuga de aire en el sistema, el compresor se sobrecarga Presión de aceite alta	FALLA FUNCIONAL
FR-1B	Mal funcionamiento del gobernador Líneas de aire obstruidas No hay buena alimentación de aire en los pistones del compresor	FALLA DE SERVICIO
FR-1C	Compresor con fallas severas FR-1A y FR-1B, filtro secador completamente saturado	FALLA FUNCIONAL
FR-1D	Válvula del pedal con obstrucción	FALLA FUNCIONAL
FR-1E	La válvula de accionamiento del botón de freno obstruida No hay suministro suficiente de aire	FALLA DE SERVICIO
FR-2A	Mangueras agrietadas Mangueras derretidas por tubería de escape rota	FALLA FUNCIONAL
FR-2B	Uniones instaladas de mala calidad Sobrepresión del compresor	FALLA DE SERVICIO
FR-2C	La empaquetadura de la bomba no permite el paso de aire El resorte de la empaquetadura no tiene retorno	FALLA DE SERVICIO
FR-2D	Daño en las mangueras de conexión de aire con el tráiler, los conectores de las mangueras no tienen cauchos y dejan escapar aire Daño en el botón de activación de los frenos en la cabina	FALLA FUNCIONAL
FR-2E	Mangueras agrietadas Mala ubicación de las mangueras en la operación del vehículo se puede romper con esquinas o bordes del remolque.	FALLA FUNCIONAL
FR-2F	Los cauchos de los acoples se agrietan y dejan escapar aire de la conexión	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
FR-3A	Obstrucción interna de la cámara, daño en el resorte de la cámara. Diafragma de cámara defectuoso	FALLA FUNCIONAL
FR-3B	Una mala activación de la cámara, que dañe los dientes del trinquete Falta de lubricación	FALLA FUNCIONAL
FR-3C	El vehículo opera con bandas con bajo espesor Las bandas se cristalizan FR-3G Daño en la zapata FR-2D	FALLA FUNCIONAL
FR-3D	Una operación de los frenos de servicio sin bandas o bandas de bajo espesor Una mala intervención en cambio de bandas Una falla que se materialice en los ejes y golpea la zapata	FALLA FUNCIONAL
FR-3E	Operación de los frenos de servicio sin bandas o con poco espesor Recalentamiento de la rueda SS-2C La leva se pasó de su posición Fuga de aceite en el eje Un accionamiento continuo de las bandas de freno	FALLA FUNCIONAL
FR-3F	Operación de los frenos de servicio sin bandas o con poco espesor	FALLA DE SERVICIO
FR-3G	Operación continua de los frenos, el calor producido con el contacto entre la banda y la campana agrieta las bandas de frenos, lo cual la vuelva quebradiza.	FALLA FUNCIONAL
FR-3H	Por una operación continua, el resorte cede y no operar correctamente Operación continua de los frenos de servicio Largo periodo de uso	FALLA FUNCIONAL
FR-4A	Fugas de aceite que contaminan las cámaras de los pistoncillos Mal circulación de aceite Aceite de motor diluido con combustible	FALLA DE SERVICIO
CR-1A	Mala preparación de la pieza antes de aplicar la pintura Selección incorrecta de la pintura No se dio una textura adecuada a la pieza Entrada polvo al momento de pintar	FALLA DE SERVICIO
CR-1B	Condiciones de luz solar y agua lo cual degrada la pintura Falta de limpieza y brillo a las partes de la cabina	FALLA DE SERVICIO
CR-1C	Condiciones ambientales de lluvia, ambientes corrosivos salubres	FALLA DE SERVICIO
CR-1D	Problemas en la suspensión del vehículo que fatiga el material del chasis Problemas con los amortiguadores SS-3F , SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I	FALLA DE SERVICIO

Tabla 27 (continuación)

Código	Causas de falla	Prioridad de falla
CR-1E	Problemas en la suspensión del vehículo que fatiga el material del chasis Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I	FALLA FUNCIONAL
CR-1F	Problemas en la suspensión del vehículo que fatiga el material del chasis Problemas con los amortiguadores SS-3F, SS-3G y SS-3H Problemas con las bolsas de suspensión SS-3I	FALLA DE SERVICIO
CR-2A	Daño del amortiguador de la silla Mala operación del operario Daño en la suspensión del vehículo	FALLA DE SERVICIO
CR-2B	Mal operación del conductor Uso prolongado del cinturón	FALLA FUNCIONAL

Nota: En la tabla se muestra el listado completo de la causa de fallas expuestos anteriormente

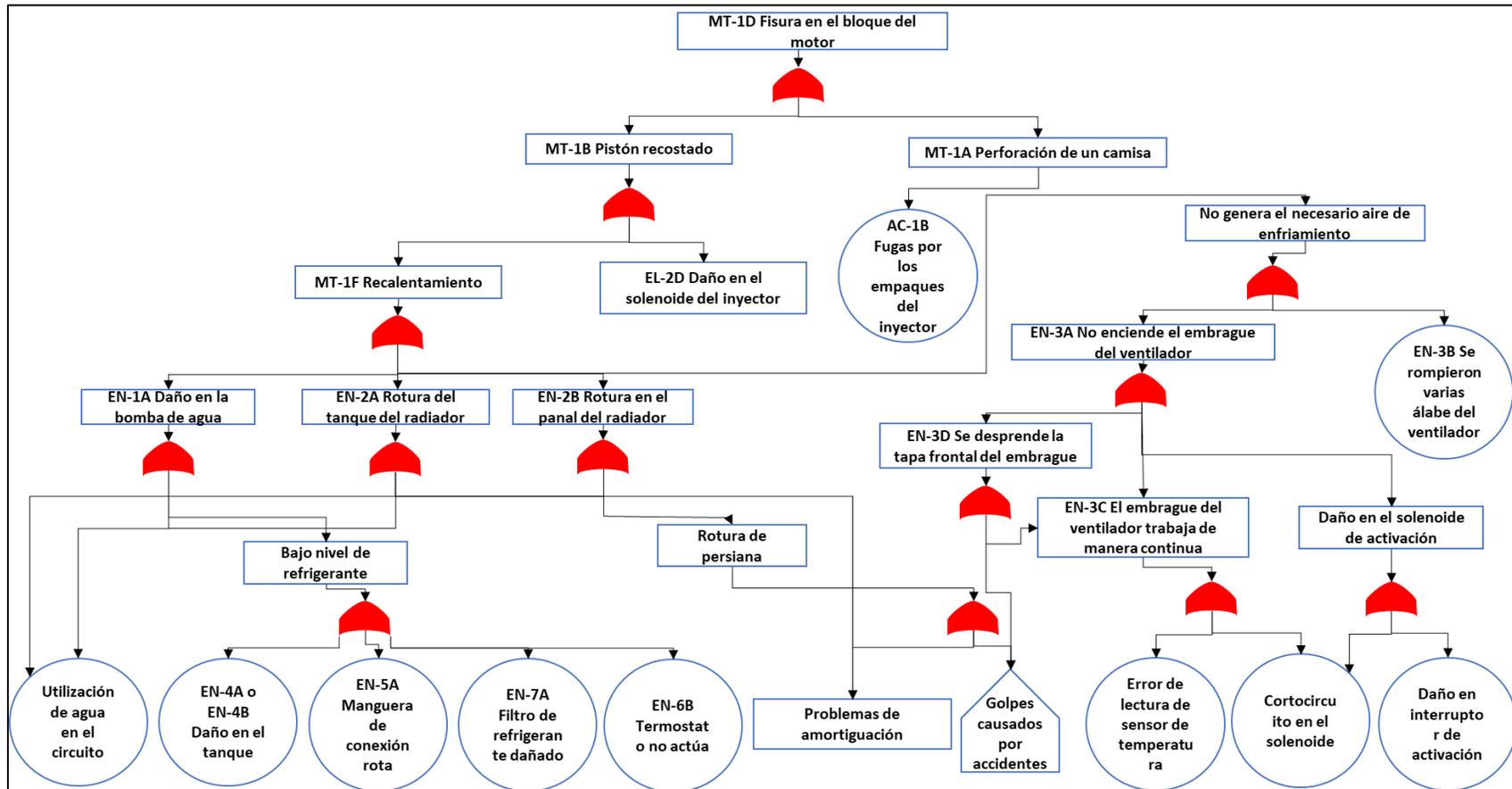
4.3.5. Árboles de falla

Utilizando el análisis ya mencionando de árbol de falla, las causas y efectos de falla se relacionan entre sí para establecer mecanismos de falla y posteriormente proponer diagramas de decisión con el fin de determinar las acciones a tomar en el evento que la falla ocurra. Tomando como referencia los símbolos explicados en apartado 2.2.5, se elaboró el árbol de falla.

4.3.5.a. FTA, MT-1D Fisura en las cámaras de combustión del bloque. Las condiciones de recalentamiento están asociadas a estados de falla en los sistemas enfriamiento, por ejemplo, daño en la bomba de agua que no permita un flujo deseado de refrigerante, rotura del tanque del radiador o daño en el panel de radiador, la causa común para estos estados de falla es la utilización de agua en vez de líquido refrigerante, lo cual causa oxidación en la bomba, el radiador y otros accesorios. Otra causa asociada, son problemas en la amortiguación donde el vehículo no apacigua los movimientos generados por el paso de desniveles, lo cual produce fatiga en el radiador, o elementos de protección como la persiana. En la **Figura 19**, se presenta el análisis de árbol de falla para el código MT-1D, Una condición severa de daño en el bloque.

Figura 19.

Análisis de árbol de falla para MT-1D daño en el bloque del motor



Nota: Se presenta el análisis de árbol de falla para una condición severa de daño del bloque del motor, en la figura presentada se desencadenan las fallas asociadas al recalentamiento, fallas relacionadas a la circulación de líquido refrigerante y daños en la activación del embrague ventilador.

4.3.5.b. FTA, Suspensión. Problemas asociados a la suspensión del vehículo producen fatiga en elementos críticos del tracto camión, como se muestra en **Figura 20**, si el vehículo no mantiene una distancia adecuada entre el chasis y la suspensión, los camiones al pasar por desniveles generan vibraciones indeseadas produciendo fatiga en diferentes componentes. Desde que se citan las fallas comunes se distinguió entre los amortiguadores delanteros y amortiguadores traseros, debido a que sus mecanismos de falla son diferentes como se puede ver en la figura. Para los amortiguadores de la parte delantera del camión, son dañados progresivamente por desalineación en el vehículo, que afectan las rótulas de que conectan los brazos de dirección con el eje delantero; el “splinder” como comúnmente se conoce, se compone de un pasador que une el “nudillo” de la dirección (se toma de la traducción literal en inglés, es el bocín del eje frontal), con el eje de frontal, también está compuesto por dos rodamientos y arandelas de ajuste, estos elementos se ven afectados por la desalineación y también por falta de lubricación.

Las bolsas de neumáticas de suspensión se encuentran en los ejes traseros, el vehículo cuenta con dos bolsas neumáticas por eje, se alimentan por una válvula niveladora, que mantiene una presión de aire de 80 psi, se ubican entre el chasis y el eje trasero. Un amortiguador defectuoso que no realice su función genera más carga sobre las bombonas y pueden llegar a estallar. Los amortiguadores pueden dañarse por desgaste de los elementos que los conectan al chasis, los cuales son elementos cilíndricos huecos, fabricados de caucho, presentan cedencia con el paso del tiempo.

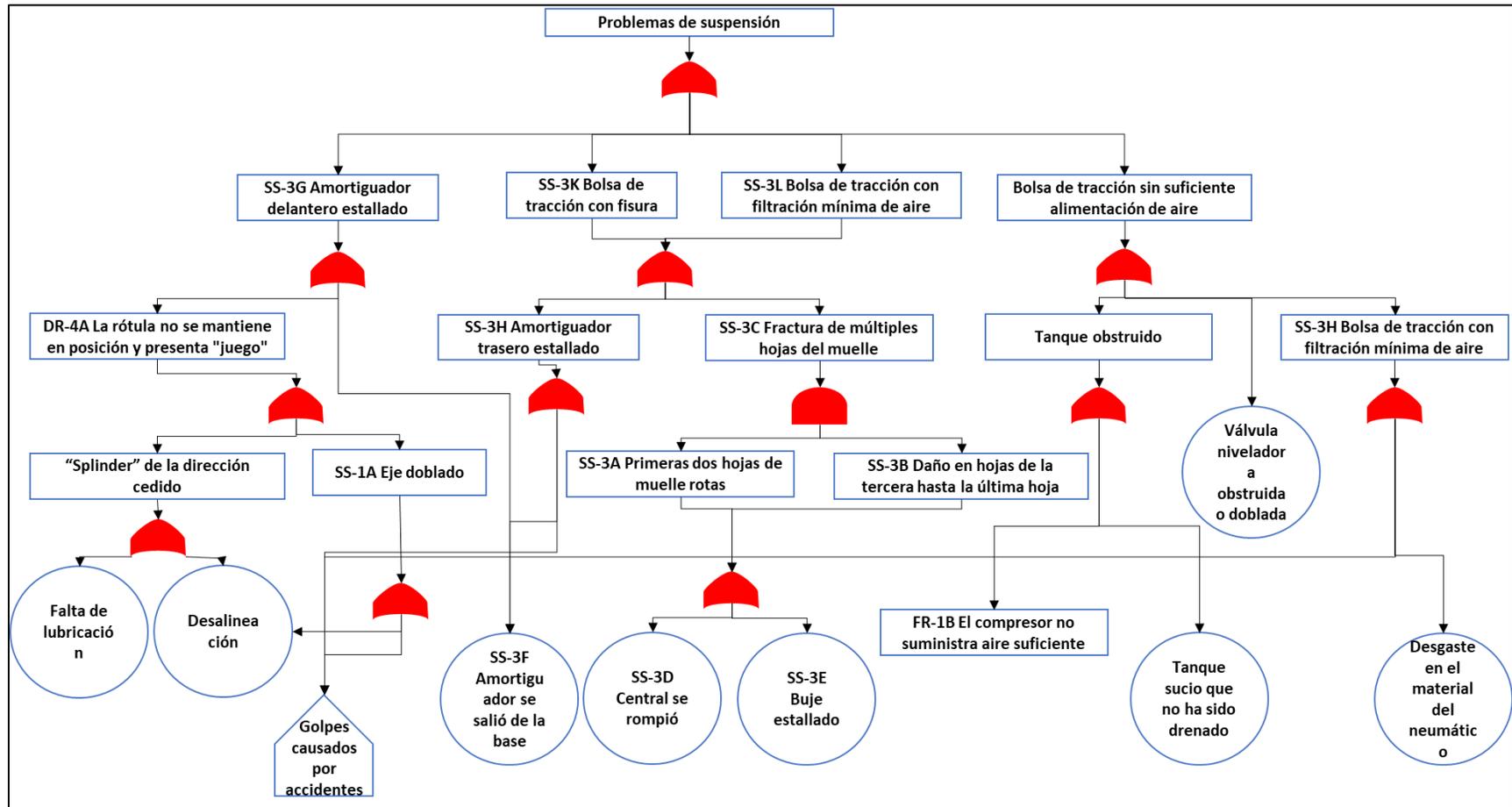
La suspensión de estos vehículos cuenta de igual manera con resortes de hojas, son sistemas rígidos y robustos, que al romperse tienen un efecto inmediato sobre las bolsas de tracción, que llegan a romperla. Los muelles a su vez pueden ser afectados por el desgaste de los bujes y pasadores que lo sostienen al chasis, además de presentarse una fractura en el tornillo (conocido como tornillo central) que une todas las hojas de resorte. Las fallas en los muelles se diferencian entre las dos primeras hojas y las últimas (contadas de arriba hacia abajo), debido a que un daño en las primeras dos hojas debe ser reemplazadas de manera inmediata, mientras que un daño en las últimas hojas puede ser atendido cuando el vehículo llegue al taller de la compañía.

Al ser un sistema neumático, puede presentarse una obstrucción en los tanques, la válvula niveladora puede no estar suministrando presión de aire suficiente a las bolsas de aire (<60psi); o también la falla puede presentarse desde los sistemas de alimentación de aire, que se presenta en un FTA aparte.

Todas las fallas presentadas en la suspensión pueden ocasionarse por causa de un impacto de accidente en la vía, considerando estos que se presenten de manera voluntaria e involuntaria por la técnica de conducción del operario

Figura 20.

Análisis de árbol de falla en la suspensión



Nota: Se presenta el árbol de análisis de falla de suspensión, las causas encontradas apuntan a problemas de lubricación y alineación, los cuales al solucionarse puede mitigar la presencia de diversos mecanismos de falla

4.3.5.c. FTA, Falla EL-2D daño en el solenoide del inyector. En la **Figura 21** se identifican tres causas de segundo nivel, fallo en el módulo de motor, puntas de los inyectores tapados y problemas de suministro de la bomba de combustible. La primera es una causa eléctrica y las otras dos son problemas en el circuito de combustible. El motor Detroit serie 60 es producido desde el año 1987 y es pionero en establecer una inyección electrónica para motores Diesel, esto determina que el suministro de combustible que llega a los cilindros del motor es controlado por un sistema electrónico, donde el núcleo es el módulo de control de motor, esto es crítico para este tipo de vehículo.

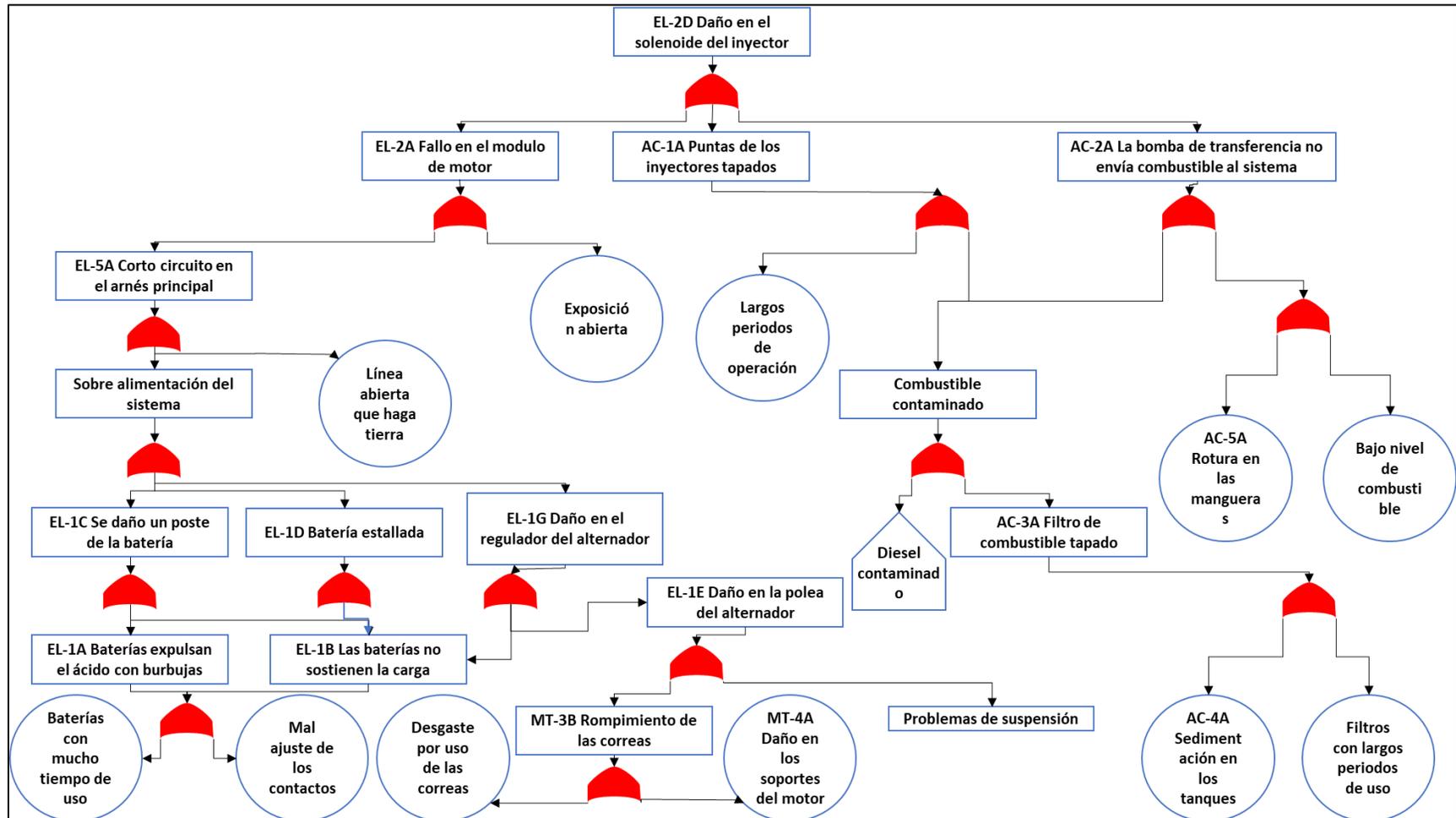
Experiencias tomadas de la compañía, estos vehículos, CL120, han tenido varias paradas en carretera por daños en este módulo de motor, ya que está expuesto al agua de las lluvias o diferentes contaminantes que dañan los circuitos del módulo, otra causa es un sobre voltaje al módulo por el arnés principal, con un cable abierto provocando tierra u otra línea eléctrica produciendo un cortocircuito. Desde los sistemas de alimentación eléctrica, las baterías pueden presentar averías por una mala instalación, donde el tornillo de contacto de la batería no está bien ajustada a los cables que la conectan al sistema; pueden no estar ubicadas de manera fija y presentar movimiento en la operación del vehículo lo cual con el tiempo rompe los vasos internos de la coraza de la batería, causando pérdidas del ácido electrolítico. Un daño en el regulador del alternador causa que éste genere sobrevoltaje al circuito, se puede presentar una falla debido a las fallas ya citadas en las baterías, si presentan algún tipo de problema, afectan los componentes internos del alternador y este no produce voltaje dentro de un rango adecuado (12V- 12,8V); el alternador también se ve afectado por rotura de correas, que dañan el inducido del rotor. Las correas pueden dañarse por desajustes en el motor causados por daños en el motor debido a problemas de suspensión (ya citados).

Las fallas en circuito de combustible, como puntas de los inyectores tapados o daños en la bomba de combustible, se presentan principalmente por contaminación en el combustible, lo cual es causado por filtros tapados con alto tiempo de uso, donde no se cambian a tiempo, por sedimentación de contaminantes presentes en el tanque donde no se les realiza limpieza, o donde el combustible alimentado de la estación de servicio,

EDS, es de mala calidad (lo anterior es muy común en Colombia, donde la calidad de los combustibles son aptos para los motores). Otra causa de daños en los inyectores es el largo uso, donde no se desmontan para realizar mantenimientos de limpieza y reemplazo de sellos. Otra causa posible para daños en la bomba de combustible es un suministro insuficiente de flujo de combustible que puede ser causado por fugas o por bajo nivel de combustible, conducir con niveles bajos de combustible.

Figura 21.

Análisis de árbol de falla para EL-2D daño en el solenoide del inyector



Nota: Se presentan las posibles causas de un daño en suministro de combustible a la cámara, como problemas básicos se distinguen problemas de las baterías, daño en las correas, otra vez se identifica problemas en la suspensión, además de contaminación del combustible. No se muestra en la figura, pero también se debe tener en cuenta la mala calidad de las baterías.

4.3.5.d.FTA, Falla FR-1B el compresor no suministra aire suficiente. Esto se puede presentar sí no, hay una entrada de aire al compresor de 30 psi, porque el filtro del aire o el intercooler se encuentran tapados, recalentamiento o puede tener mucho paso de aceite. El compresor presenta mucho paso de aceite, porque la tapa de la carcasa no se encuentra adecuadamente atornillada, líneas de retorno presentan dobleces o nudos, otra causa puede ser una presión de aceite baja, porque no hay suficiente aceite en el sistema debido a una fuga, o el aceite de motor no se ha cambiado en un largo tiempo

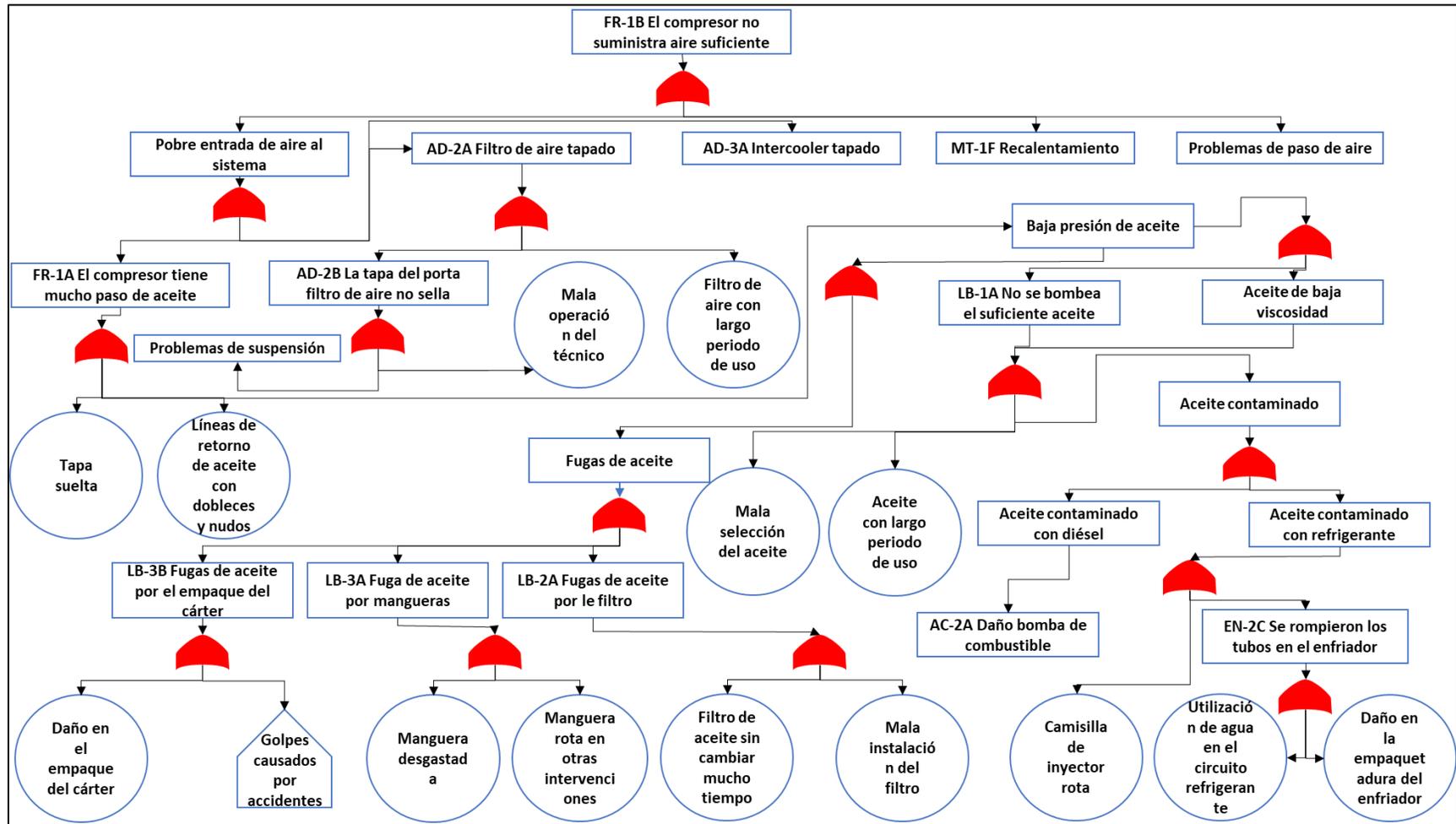
Las fugas de aceite pueden presentarse por deterioro en las mangueras de conexión o cuando son dañadas por descuido, mientras se realizan otras intervenciones. Por desgaste en empaques también se presentan fugas de aceite, como el empaque del cárter o por el empaque de la tapa válvulas. Acciones incorrectas, como sacudir o sopletear el filtro de aire, donde se estropea la estructura interna del filtro y este resulta tapado, no permitiendo la circulación de aire. De igual forma no cambiar este filtro en periodos adecuados.

La utilización de agua en el sistema de enfriamiento, con el paso del tiempo corroe los tubos del enfriador de aceite de motor, el lubricante puede llegar a contaminarse y pierde viscosidad y causar emulsiones que afectan la capacidad volumétrica del compresor y otros componentes.

En la **Figura 22**, se muestra el análisis de árbol de falla para problemas de entrega del compresor.

Figura 22.

Análisis de árbol de falla para FR-1B el compresor no suministra aire suficiente

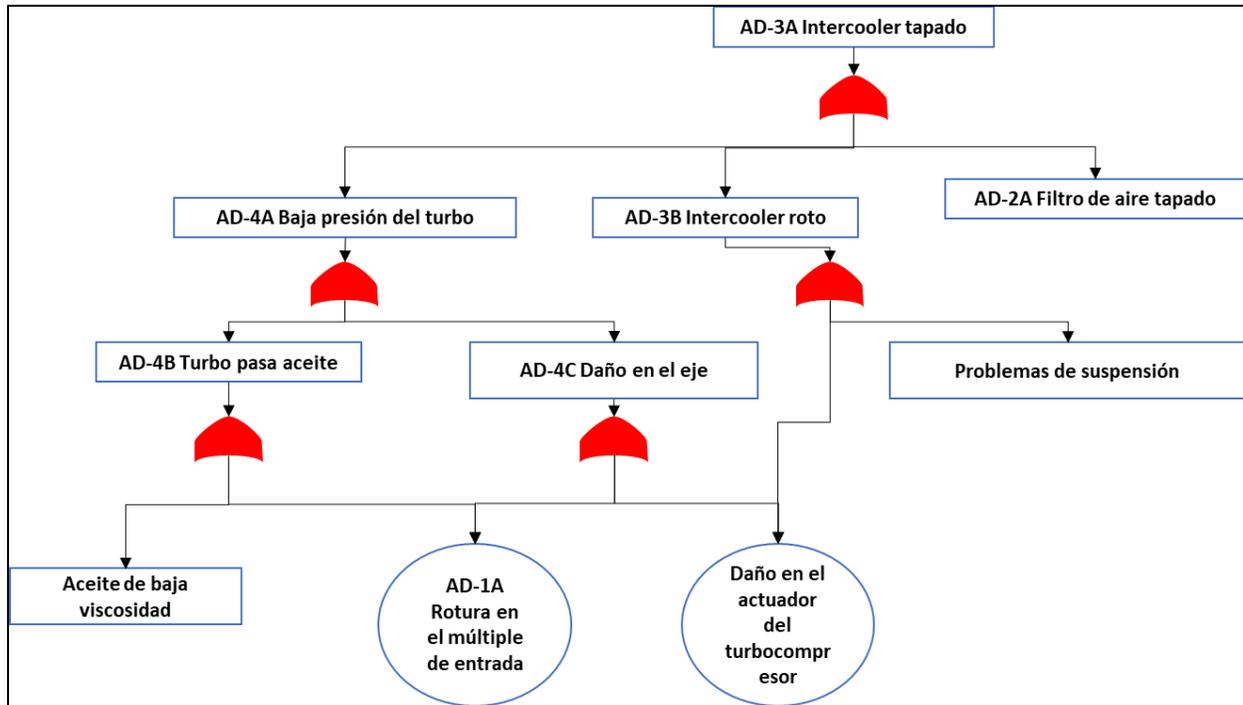


Nota: El compresor al ser lubricado por el aceite de motor, el mecanismo de falla puede ser el aceite o los filtros, fugas de aceite, también la alimentación de aire a motor puede afectar el rendimiento del compresor

4.3.5.e. FTA, falla AD-3A Intercooler tapado. El intercooler puede taparse debido a una baja presión de aceite, causada a su vez por un turbocargador pasado aceite o un daño en el eje principal de la turbina, estas fallas tienen su origen en aceite de baja viscosidad, daño en el múltiple de admisión o un daño en el actuador del turbocargador, que no regule la presión salida. El intercooler también puede taparse debido a una fisura causada por problemas de suspensión. Otro mecanismo de falla se produce por filtros de aire saturados. En la **Figura 23** se muestra el árbol de fallas para el intercooler tapado.

Figura 23.

Análisis de árbol de falla para AD-3A Intercooler tapado



Nota: En el FDA presentando se describen modos de falla ya descritos, aceite de baja viscosidad y filtro de aire tapado

4.3.5.f. FTA, vehículo no frena. Esta falla puede tener diversas causas, desde la alimentación del sistema neumático o en sistema de activación haciendo referencia a las zapatas, las bandas o las campanas. El mecanismo para una falta de suministro de aire del compresor ya está descrito, también se presenta problemas de paso de aire, donde se presentan fugas de aire en los componentes de activación como los botones que se encuentran en el tablero de instrumentos del operario, las válvulas de distribución pueden estar obstruidas temporalmente o el mecanismo completo de la válvula no puede realizar su función, se pueden presentar fugas en mangueras rotas o uniones desgastadas. El sistema neumático de los frenos es un circuito cerrado, debido a esto en operación un daño que se presente en el sistema de circulación del remolque, ya que la presión de su suministro del compresor (100 -120 psi) desciende de su rango de operación, mangueras o elementos de conexión del remolque, que permitan escape de aire, los frenos en todo el vehículo no pueden activarse. El sistema mecánico también puede afectar el paso de aire, desde bandas desgastadas, y el trinquete no pueda activarse por el vástago que no salga.

Las bandas cuando se cristalizan pierden dureza y no ejercen fricción deseada a las campanas de freno, esto puede ser causado por daño en el freno de motor, el operario tendría que utilizar solo los frenos de servicio, accionando más las bandas, la fricción genera calor en la rueda y las bandas se cristalizan. El freno de motor presenta fallas, debido a que el sistema físico, los pistoncillos se desgastan y no se activan los bloques del freno motor, también se presentan una falla eléctrica en la activación del freno motor. Además de un accionamiento continuo las ruedas se pueden recalentar debido a rodamientos “picados”, por falta de lubricación, retenedor desgastado o por el vehículo desalineado. En la **Figura 24** se muestra el árbol de falla para el sistema de freno

4.3.5.g. FTA, análisis de falla “el vehículo no genera movimiento”. Puede ser causado en cuatro mecanismos diferentes, el vehículo puede tener un daño severo en compresor que no le permite desactivar los frenos de servicio o el compresor puede tener problemas de paso de aire. El problema puede presentarse en la caja de cambios, que no permita el cambio de engranes, el daño puede ser causado por una mala conducción, mediante el mando de cambios se realice una secuencia incorrecta que fuerce el selector. En ensamble de engranes puede verse afectado por mala circulación de aceite, en situaciones donde se presenten fugas, el aceite se contamine con refrigerante o agua, debido a un daño en el enfriador de aceite de la caja. El aceite puede tener un periodo largo de uso, donde se encuentre contaminado y sin viscosidad.

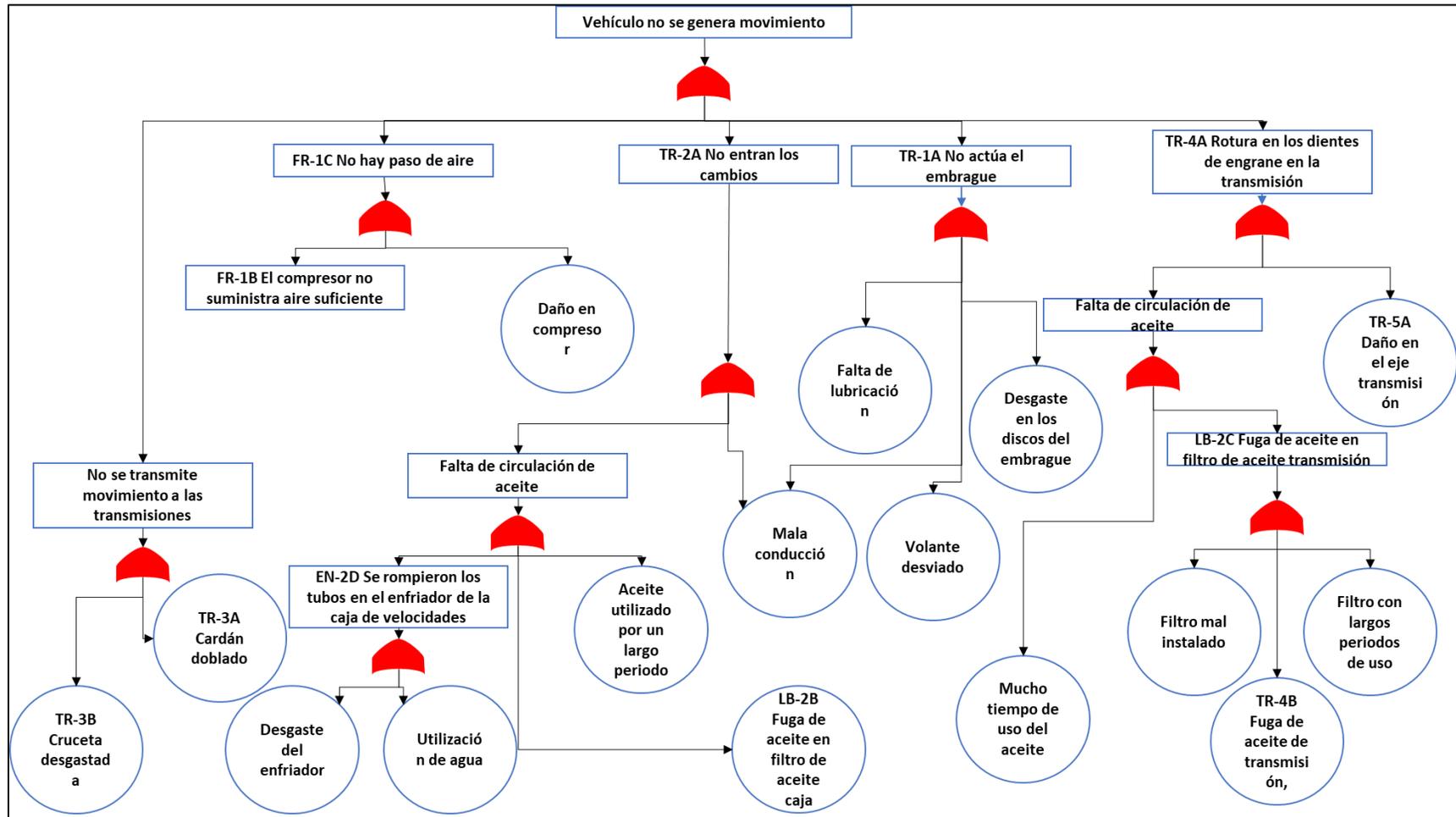
Los elementos de conexión de las transmisiones pueden ser afectados por problemas de suspensión, falta de lubricación en las crucetas.

El embrague también se ve afectado por malos hábitos de conducción debido a que se puede dar un desgaste prematuro en los discos, una falla leve, o los resortes se pueden salir de la prensa, dañando en su camino también el volante del motor. Por tiempo de uso los discos de asbesto del embrague se desgastan. De igual manera la falta de lubricación afecta la función del embrague.

Los engranajes de las transmisiones son sensibles a una mala de circulación de aceite, causada por fugas o aceite con periodos extendidos de uso. Se puede perder movimiento por daño en los dientes de engrane del eje de tracción. En la **Figura 25**, se observa el análisis de árbol de falla, descrito.

Figura 25.

Análisis de árbol de falla de vehículo no se genera movimiento

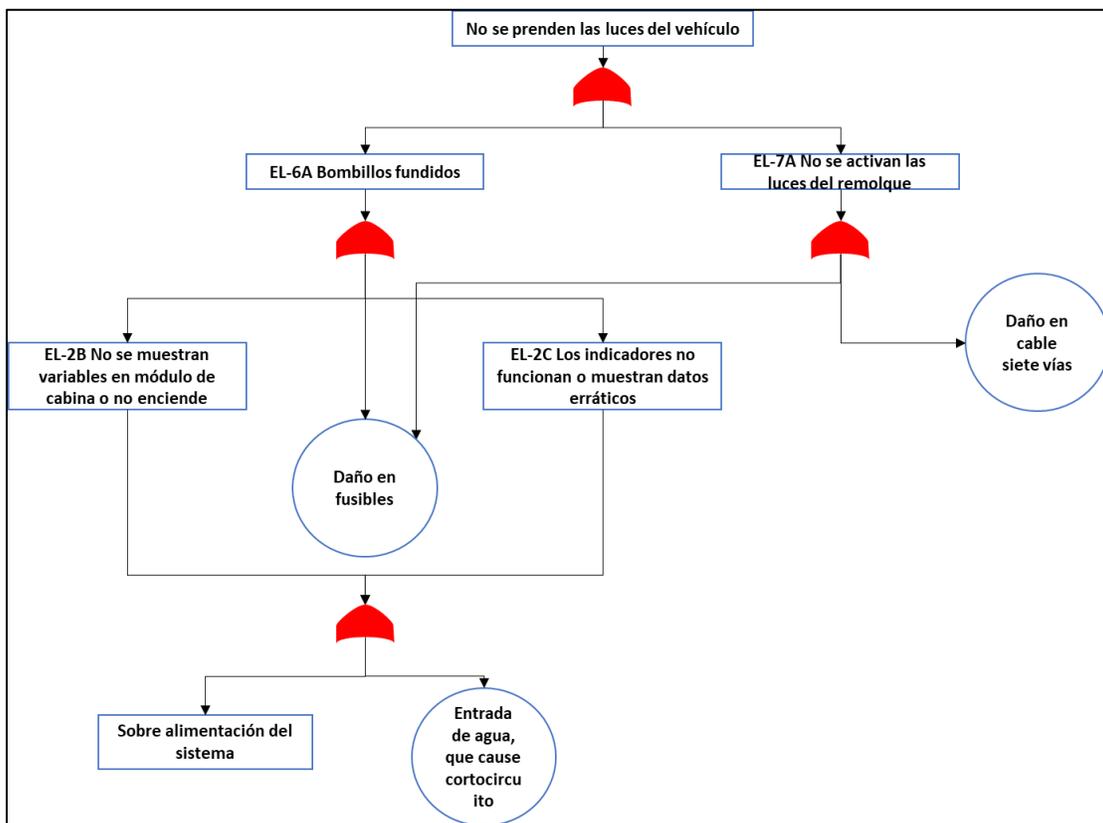


Nota: En esta figura, se analiza la falla donde el motor da arranque, pero no se genera movimiento en los ejes de tracción, por lo cual el vehículo no se puede mover.

4.3.5.h. FTA, análisis de falla “luces no prenden”. Las luces pueden no prender debido a bombillos fundidos, las luces del remolque también deben estar fallando. Los bombillos pueden fundirse debido a errores de módulo de cabina o daños de los fusibles. Todo esto puede ser causado por sobrealimentación del sistema o una exposición directa a condiciones ambientales, como lluvia, que afecten la continuidad de corriente. En la **Figura 26** se muestra el árbol de fallas para problema en el encendido de luces.

Figura 26.

Análisis de árbol de falla de vehículo no prende las luces

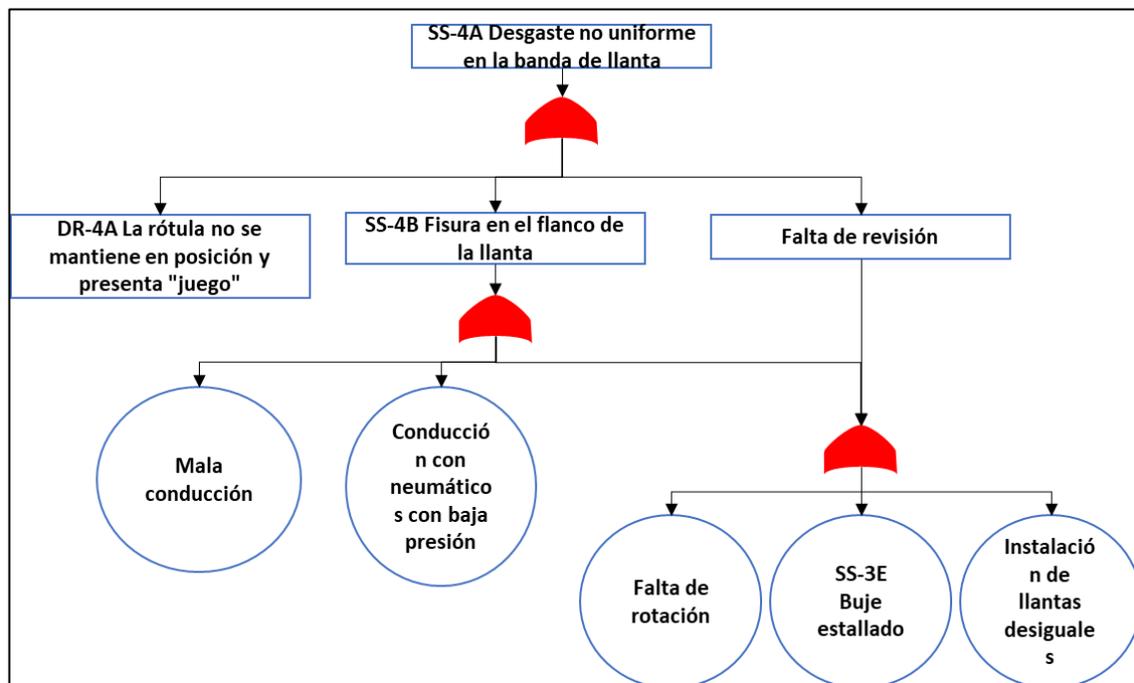


Nota: En la figura se muestran las razones encontradas para el vehículo no encienda las luces

4.3.5.i. FTA, Análisis de daño en llantas. El primer fallo común en las llantas es un desgaste prematuro en los neumáticos o un desgaste no uniforme en las bandas, que puede ser causado por un daño en las rótulas de las barras de conexión de la dirección (falla ya analizada). También puede ser causado, por falta de revisión y realización de mantenimientos preventivos en rotación, buje de muelle estallado, se realiza instalación de llantas de segunda con labrado desigual. Se presenta otro fallo común, daño de fisura en llanta en el flanco de la llanta que puede derivar en un estallido en operación de la llanta, que puede ser causado por mala conducción además de la operación con neumáticos con baja presión de aire (>100psi). En la **Figura 27**, se presenta el árbol de falla, para daños comunes en las llantas.

Figura 27.

Análisis de árbol de falla en llantas del vehículo

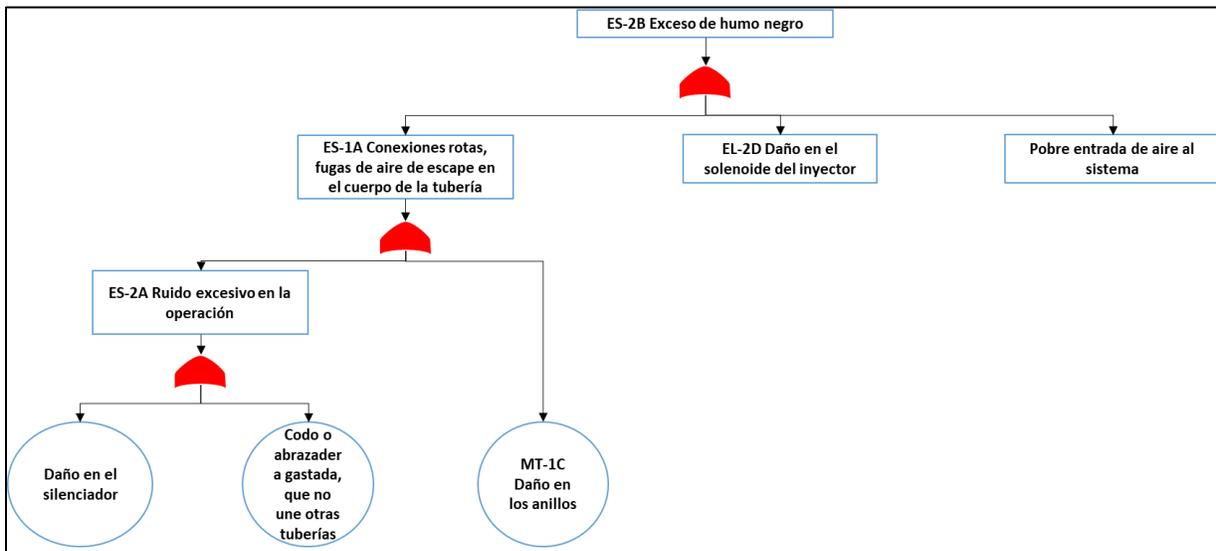


Nota: Se presenta el árbol de fallas en las llantas, se menciona un desgaste prematuro o desigual en la banda de las llantas.

4.3.5.j. FTA, Análisis de falla ES-2B. Exceso de humo negro. Una falla grave, debido a que se genera contaminación excesiva al ambiente, además que el vehículo legalmente no podría transitar en vías colombianas, debido a que es una infracción al código de tránsito, si se manifiesta la falla, el camión es conducido inmediatamente a los patios. Es causado por un suministro no controlado de combustible a la cámara de combustión, también puede ser causado por entrada pobre de aire, queda combustible libre que es quemado y forma el humo negro. El hollín generado acelera procesos de corrosión en el silenciador, codos y abrazaderas. Si los anillos del pistón se encuentran desgastados, también queda combustible demás en la cámara de combustión. En la **Figura 28**, se muestra el árbol de fallas para exceso de humo negro.

Figura 28.

Análisis de árbol de falla, exceso de humo negro

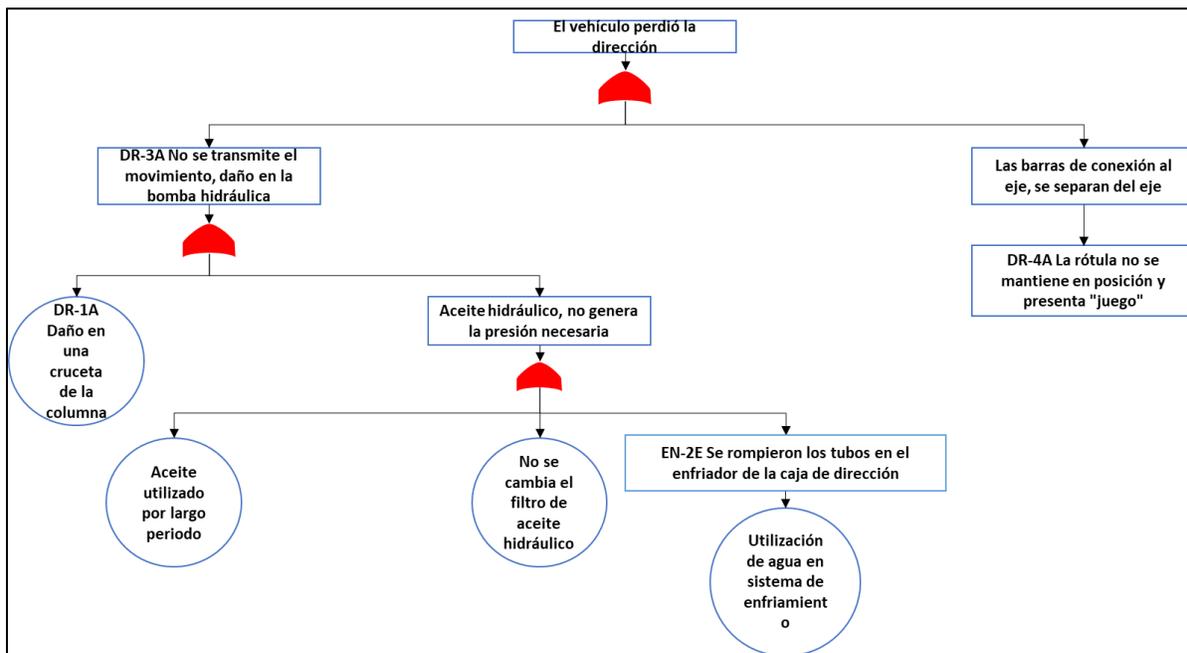


Nota: Se presenta el análisis de falla para exceso de humo causado por problemas de motor, y daños en la tubería de escape

4.3.5.k. FTA, El vehículo perdió la dirección. Esta es una falla grave, si se presenta en carretera, se puede causar un accidente grave. Se presenta por un daño en la bomba hidráulica de la dirección, debido a un daño en la cruceta que une la columna de la dirección y la bomba, se puede presentar que el aceite hidráulico no genere presión suficiente, el aceite puede tener largo tiempo de uso, el filtro del aceite hidráulico puede estar tapado. El enfriador de la caja dirección puede estar roto, contaminando el aceite. Las terminales de las barras de dirección se pueden separar por desgaste. En la **Figura 29** se muestra el análisis de falla.

Figura 29.

Análisis de falla para pérdida de dirección del vehículo



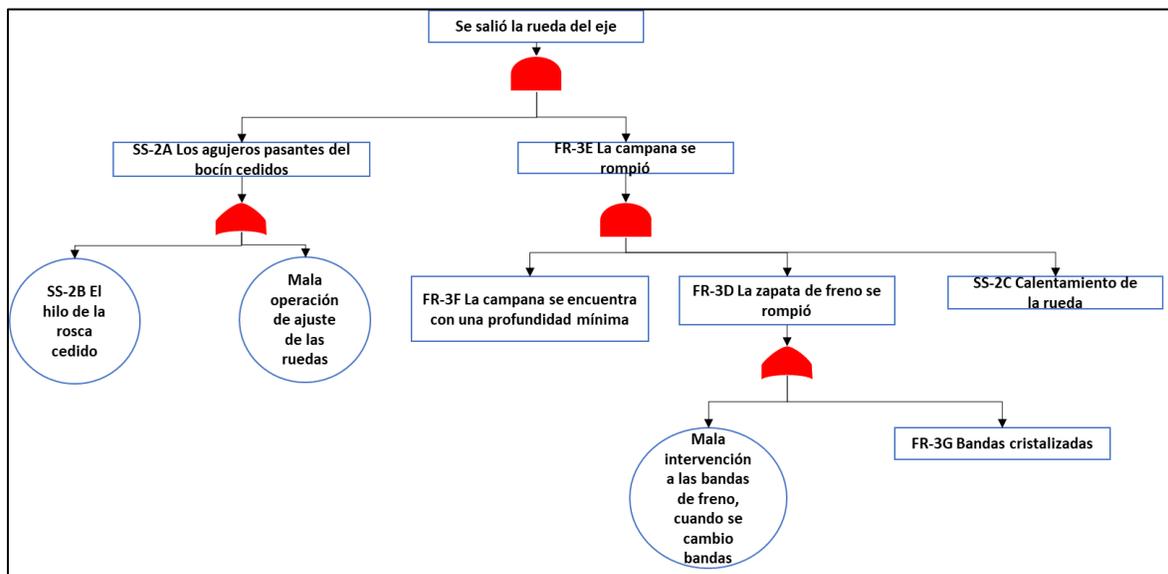
Nota: Se presenta el análisis de falla para pérdida de la dirección del vehículo

4.3.5.I. FTA, Se sale la rueda del eje. Esta falla se presenta, por desgaste de los agujeros pasantes del bocín, donde se ajustan los pernos con la campana de freno, esta falla también puede presentarse por la campana se rompe en operación. Los agujeros pasantes del bocín pueden ceder por desgaste o por deterioro del hilo de la rosca. La campana puede romperse debido a que las bandas no se cambian a tiempo y se va desgastando el ancho de la campana. Se puede romper la zapata de freno por bandas cristalizadas o por una mala intervención en las bandas cuando se cambian bandas.

También se puede dañar la campana por un recalentamiento de la rueda. El árbol de fallas para el análisis de falla se presenta en la **Figura 30**.

Figura 30.

Análisis de falla para salida de rueda del eje en operación.



Nota: La rueda del eje puede fallar en operación por daño en sistemas de suspensión y frenos.

4.3.5.m. Fallas no analizadas. No se realizó el método de FTA, por ejemplo, las fallas en la carrocería, las causas más cercanas de falla son problemas de suspensión, por condiciones ambientales, como lluvia o polvo, situaciones ambientales salubres, por ejemplo, zonas costeras, caribe o pacífica. Daño en la silla o el cinturón, se dan por condiciones de desgaste o mal uso.

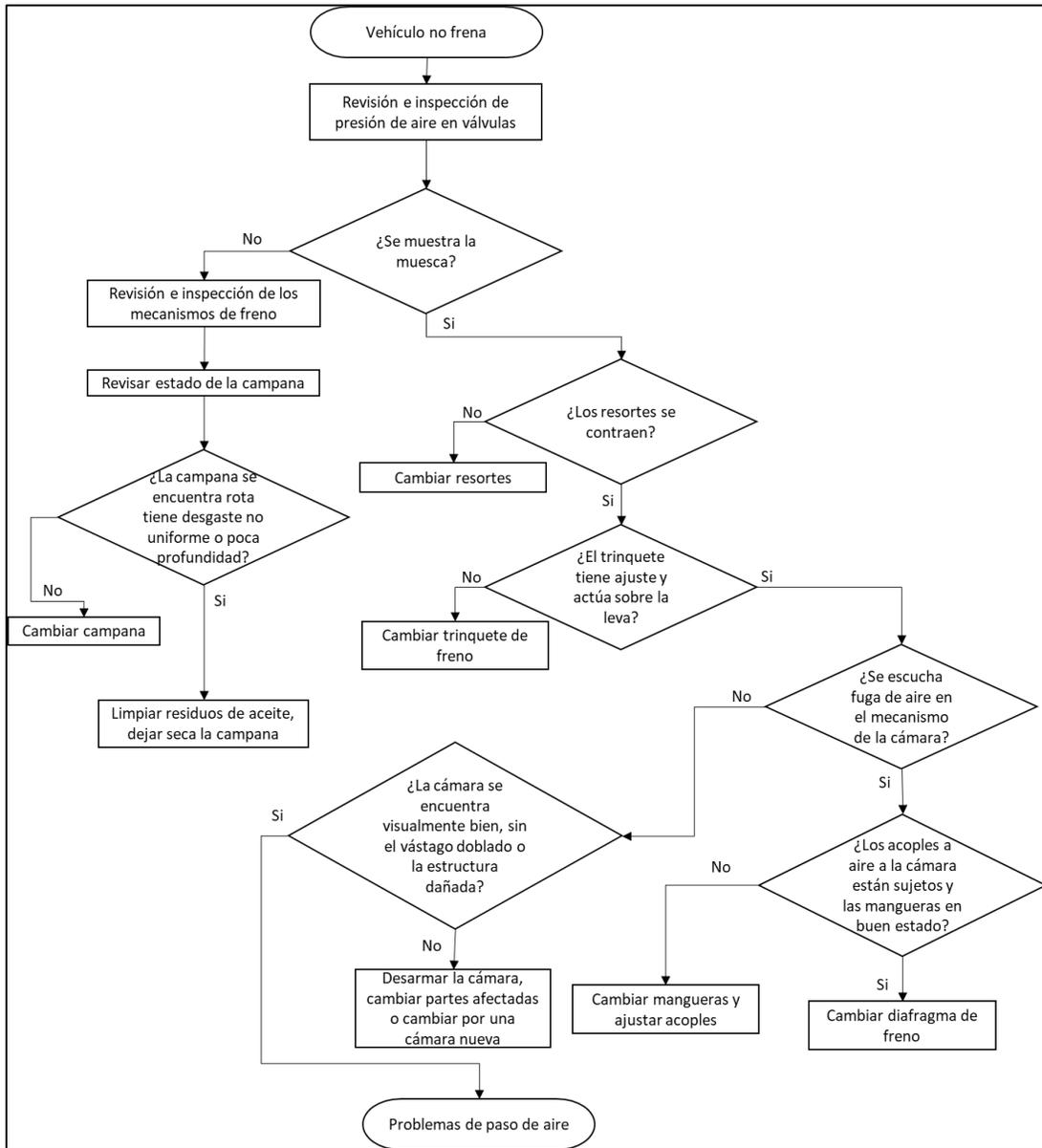
Por inspección visual se deben realizar revisiones del estado de la pintura y la carrocería, para evidenciar puntos de corrosión y daño en la pintura. De igual manera revisión del estado de las sillas y los cinturones.

4.3.6. Diagrama de procedimiento

Con base al análisis de árbol de falla descrito en el apartado anterior, se procede a consolidar los diagramas de decisión con el fin de establecer las acciones a seguir en el momento de que ocurra una falla. De la **Figura 31** a la **Figura 40**, se presentan los diagramas de decisión para los mecanismos de falla encontrados.

Figura 31.

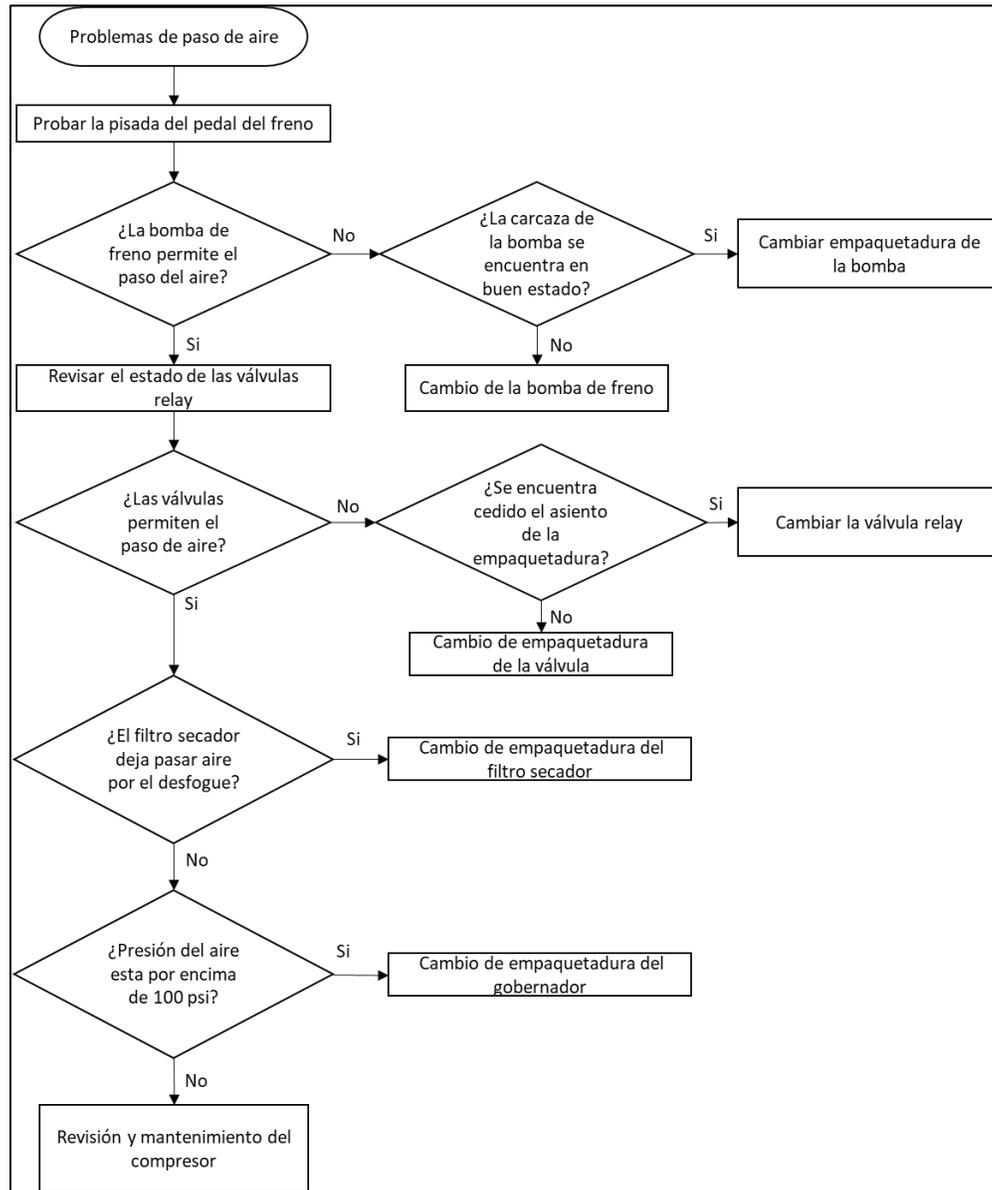
Diagrama de decisión de vehículo no frena



Nota: En la figura se muestra los pasos que se deben seguir de acuerdo con el FTA de la Figura 24

Figura 32.

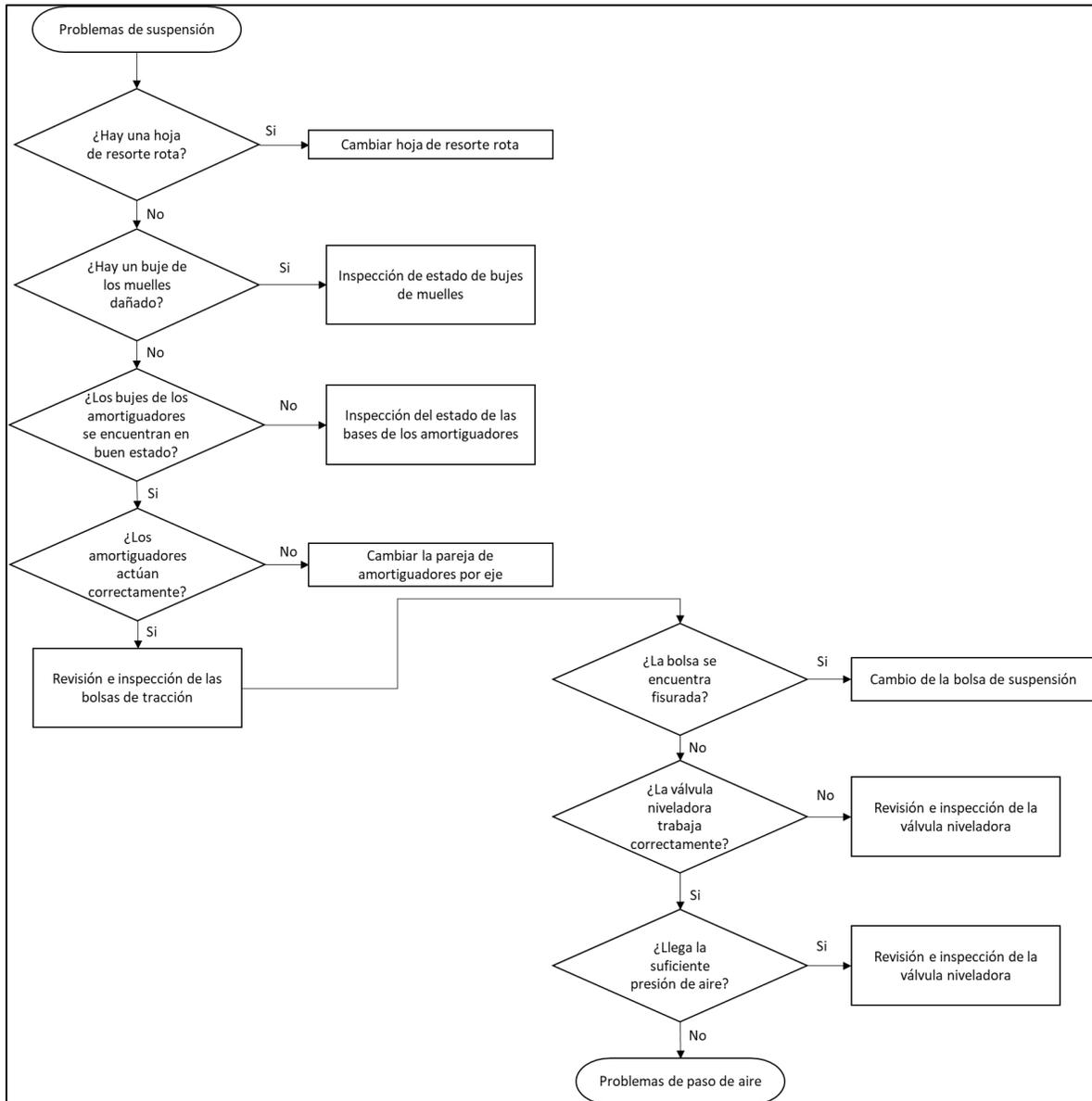
Diagrama de decisión para problemas de paso de aire



Nota: En la figura se muestra el proceso de intervención cuando el vehículo tenga falla en el paso de aire. Este diagrama de decisión fue realizado con base el FTA de la Figura 22.

Figura 33.

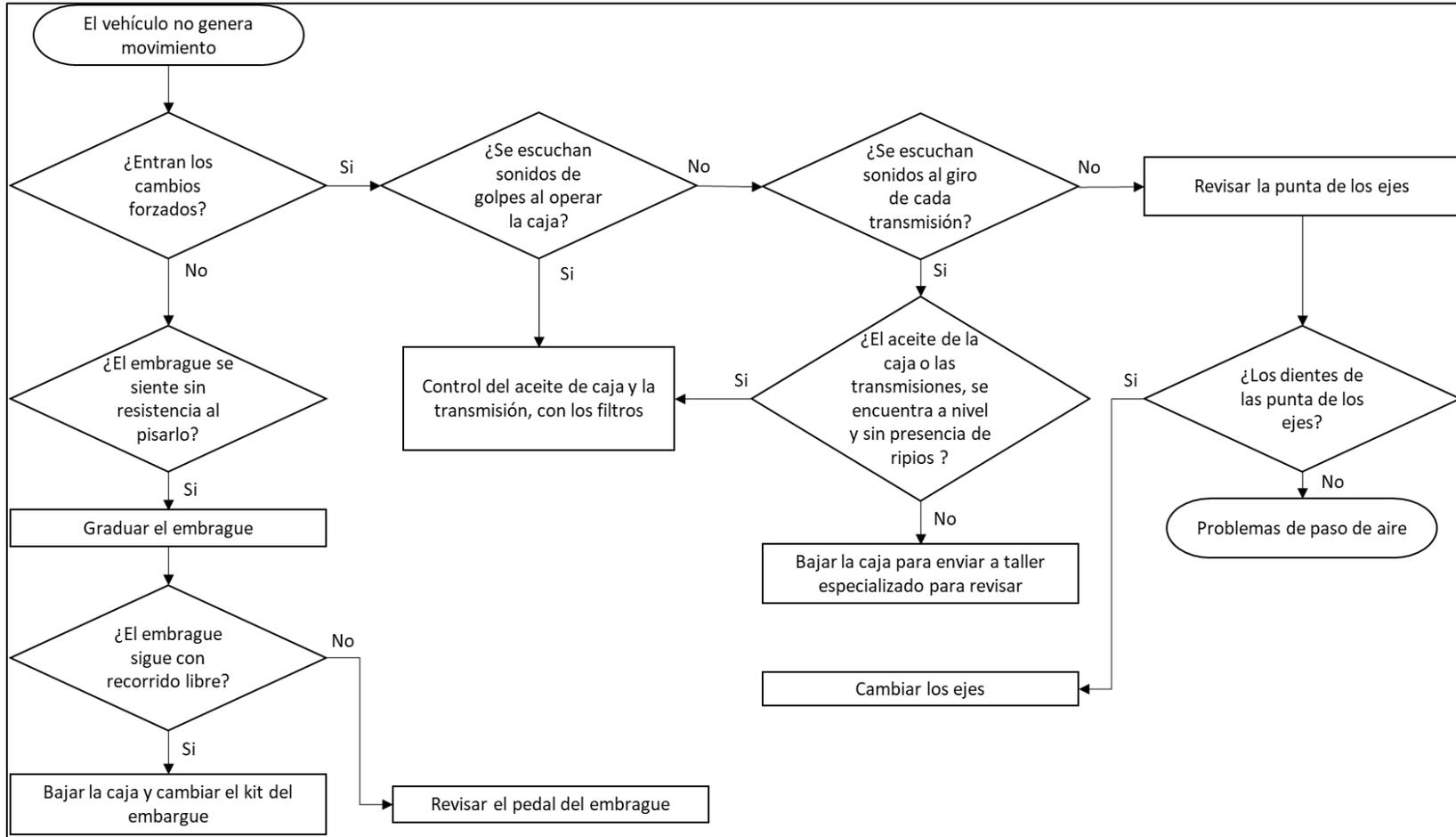
Diagrama de decisión para problemas de suspensión



Nota: En la figura se muestra el diagrama de decisión para falla en la suspensión del vehículo, donde la dirección axial de los ejes no sea paralela a la superficie. Este diagrama de decisión se realizó con base al FTA de la Figura 20.

Figura 34.

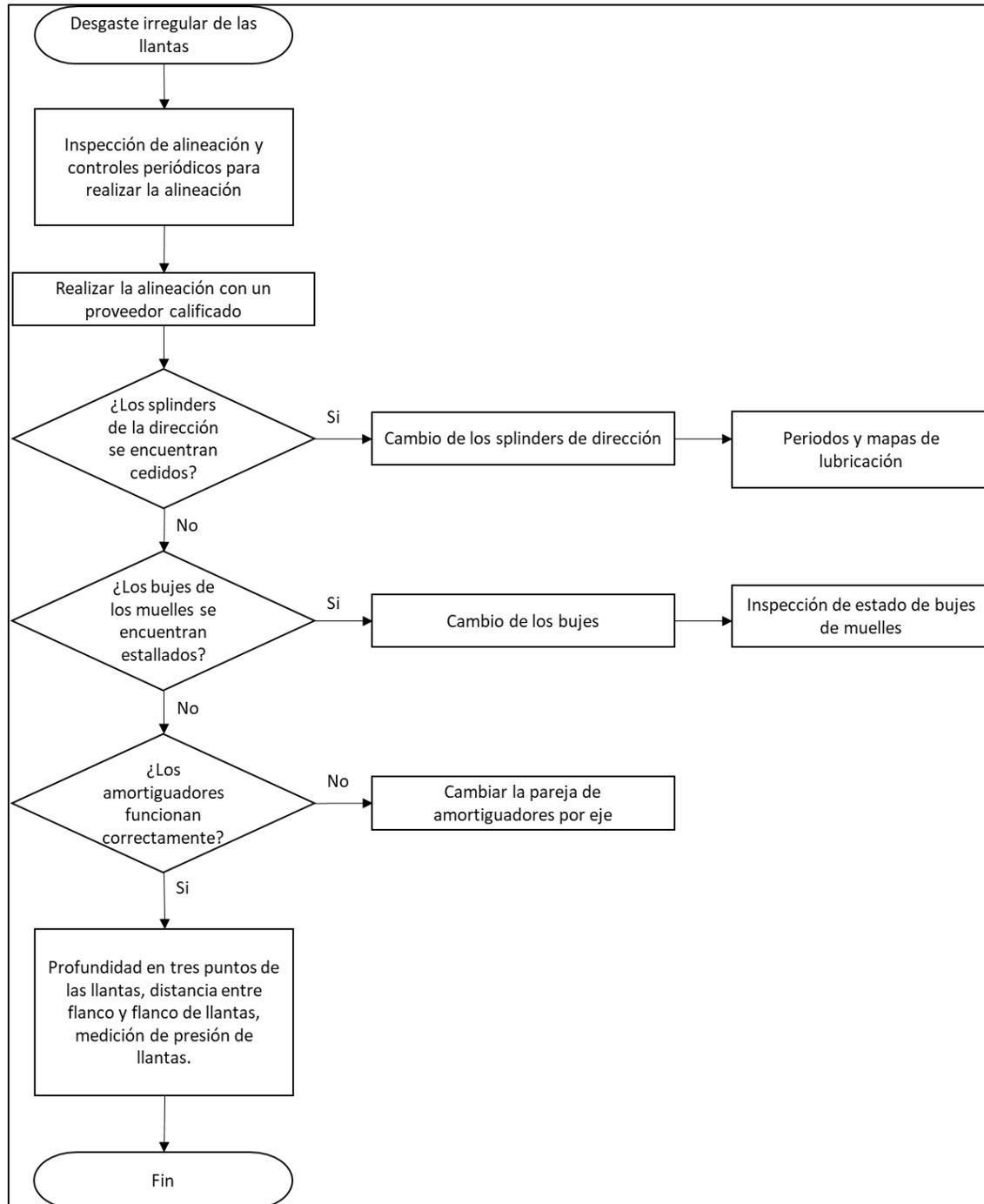
Diagrama de decisión, el vehículo no genera movimiento



Nota: Estos el evento de falla hace referencia, cuando el motor funciona sin problema, pero el vehículo no se puede trasladar. Este diagrama de decisión fue realizado con base al FTA de la Figura 25.

Figura 35.

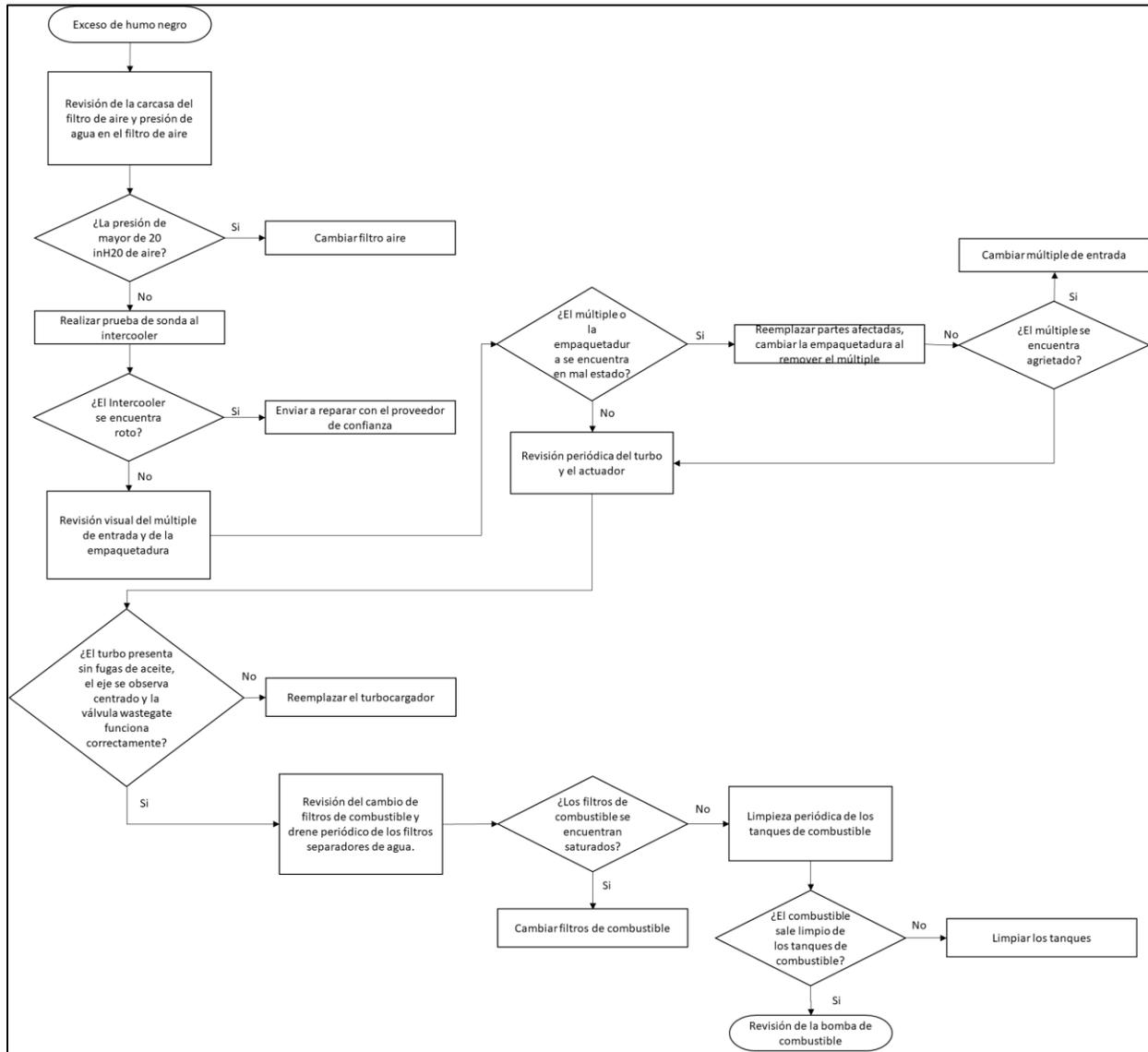
Diagrama de decisión para desgaste irregular en los neumáticos



Nota: Para el desgaste irregular de las llantas intervienen elementos del sistema de suspensión, además que la lubricación es un factor clave para mantener la alineación adecuada del vehículo. Este diagrama se basa en los FTA de Figura 20 y la Figura 27.

Figura 36.

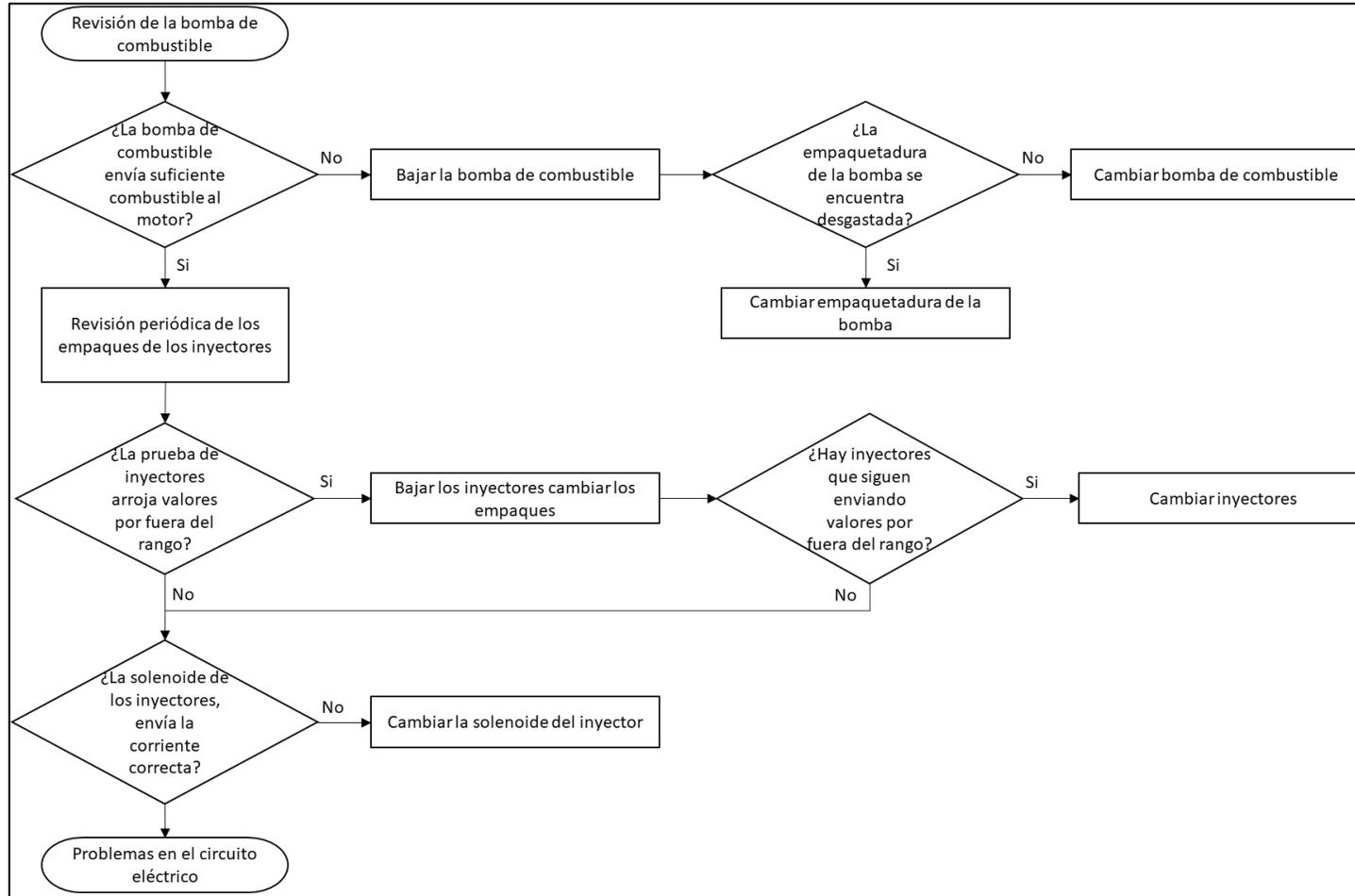
Diagrama de decisión exceso de humo negro



Nota: El diagrama describe el proceso a seguir cuando se presenta exceso de humo negro en el vehículo, es tomado de los árboles de falla de Figura 21, Figura 23 y la Figura 28

Figura 37.

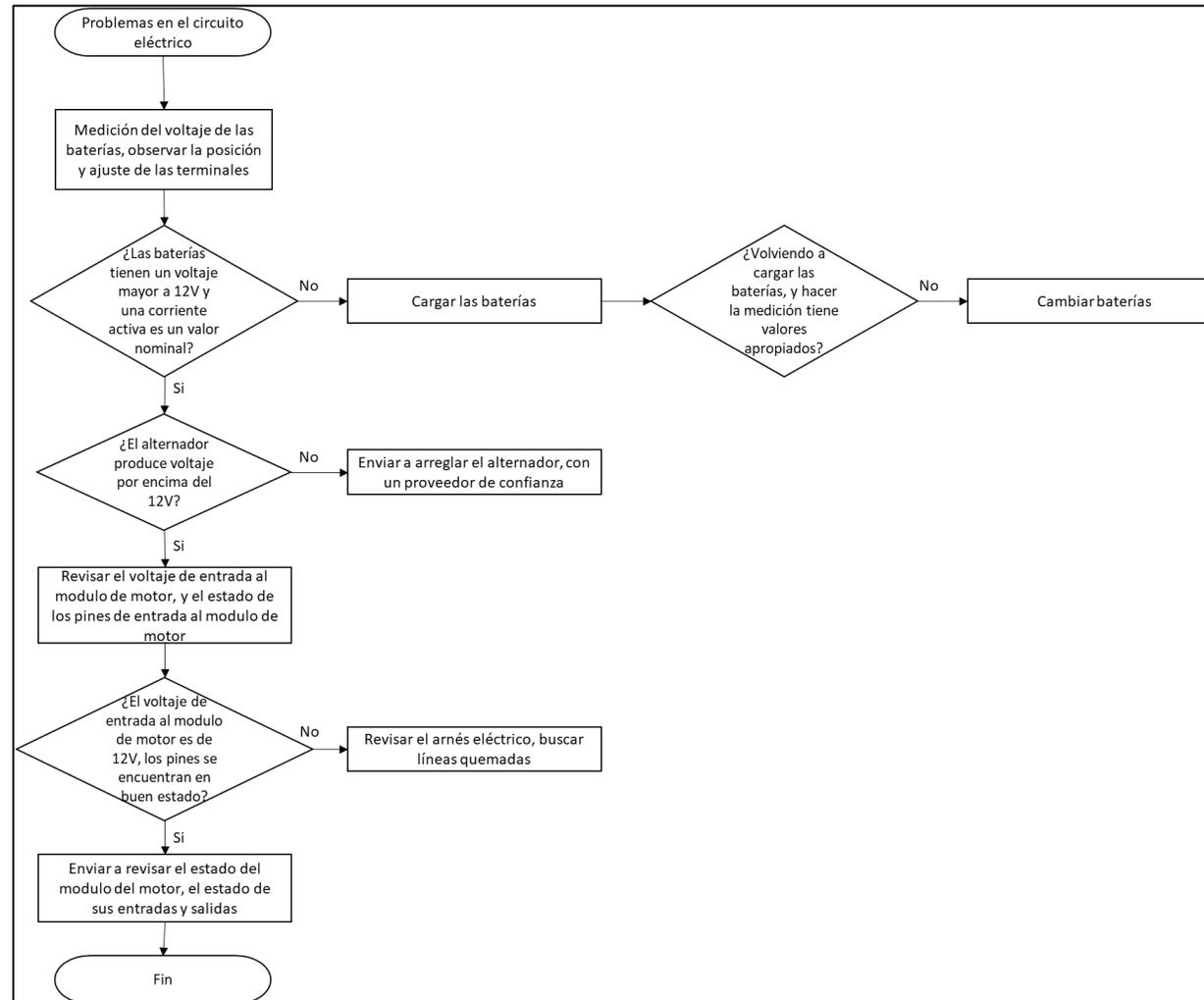
Diagrama de decisión para falla en la bomba de combustible



Nota: En la figura se muestran la serie de pasos a seguir cuando se determina una falla en la bomba de combustible o de levante como se conoce comúnmente, este diagrama se basa en el FTA de la Figura 21.

Figura 38.

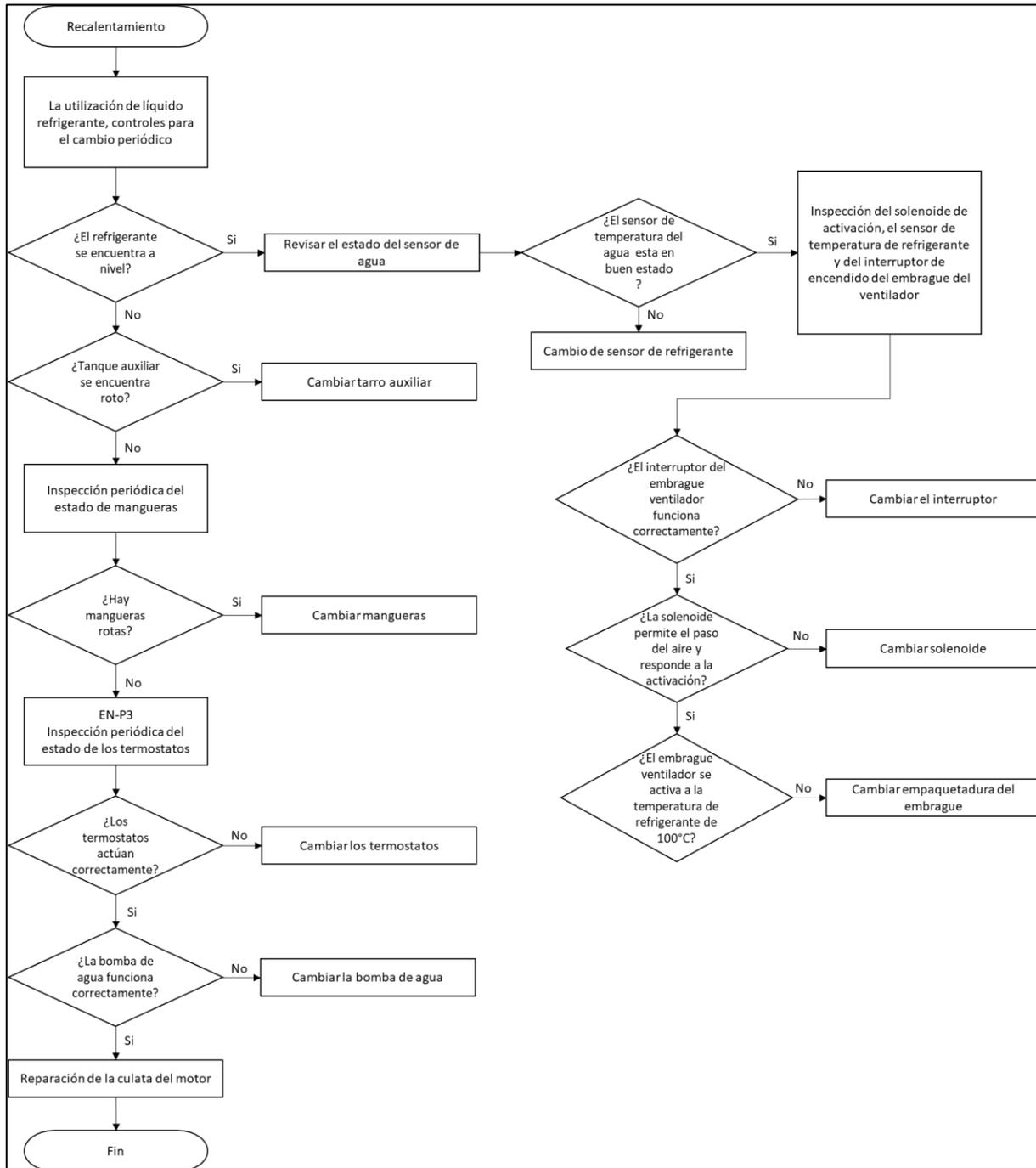
Problemas en el circuito eléctrico



Nota: En la figura se muestra el diagrama de decisión en caso de que se detecte una falla en el circuito eléctrico del vehículo, el diagrama se toma del FTA de la Figura 21

Figura 39.

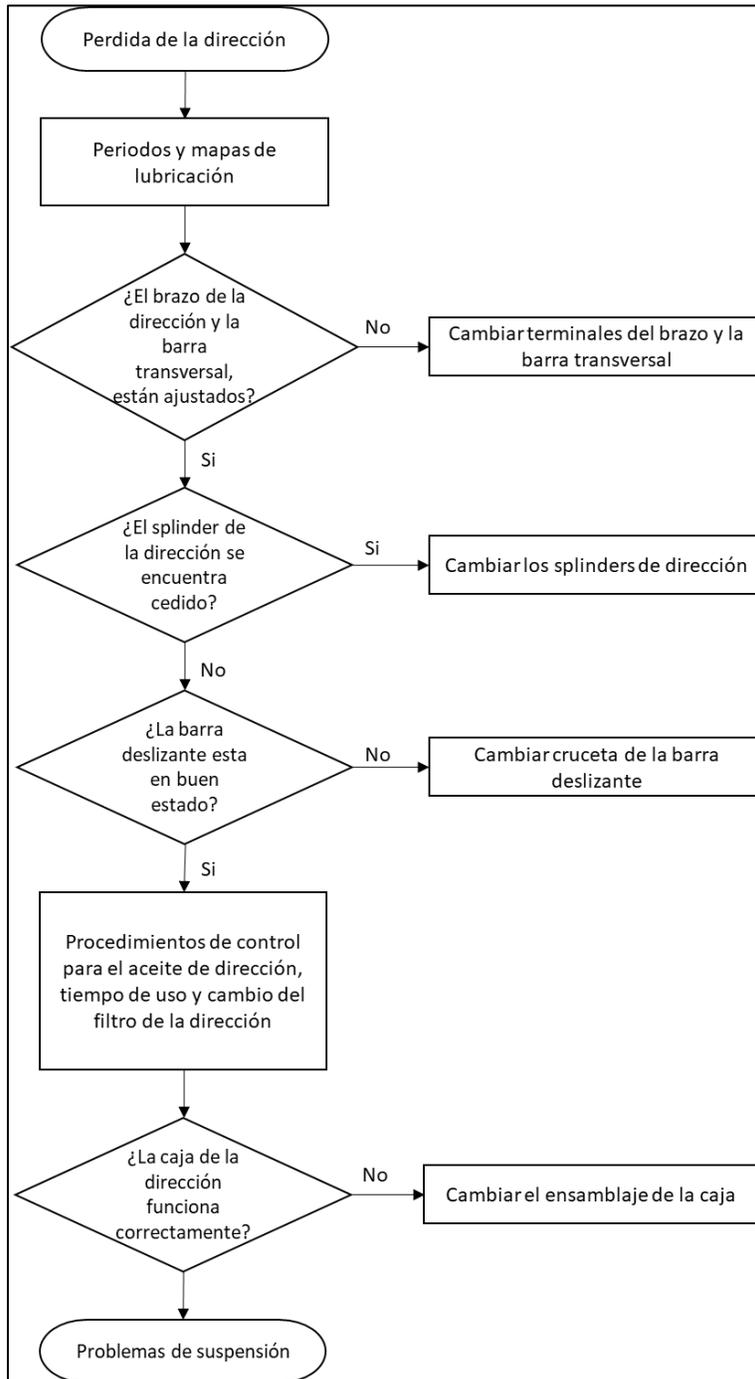
Diagrama de decisión para recalentamiento



Nota: En la figura se muestra el diagrama de decisión cuando el vehículo se le presente recalentamiento, este diagrama se realiza en base al FTA de la Figura 19.

Figura 40.

Diagrama de decisión para pérdida de dirección



Nota: En el diagrama de decisión mostrado se presentan los pasos de revisión para la pérdida de dirección, se basa en el FTA de la Figura 29

4.3.7. Procedimientos

Realizado el análisis de falla, se determinaron los procedimientos que se deben establecer para mitigar las fallas mayores que se describen, como condiciones severas en el motor, daño en el bloque, pistón recostado, de igual condiciones severas en sistemas de seguridad como los frenos y la suspensión. Como lo proponen los distintos manuales consultados de las metodologías descritas de mantenimiento, las acciones que se proponen deben estar enfocadas a la prevención. Se exponen acciones que algunas deben ser realizadas por terceros, debido que en la infraestructura de la compañía no se pueden realizar este tipo de procedimientos como pruebas de aceite o alineación. En la **Tabla 28**, se muestra el listado de fallas determinadas en el análisis de falla. Los procedimientos se describen conforme a recomendaciones de la marca Freightliner y la casa matriz Daimler, son tomados del manual de Detroit [35] (los procedimientos se pueden ver en el **ANEXO 2**). Para el presente trabajo se establece la siguiente nomenclatura para los procedimientos establecidos.

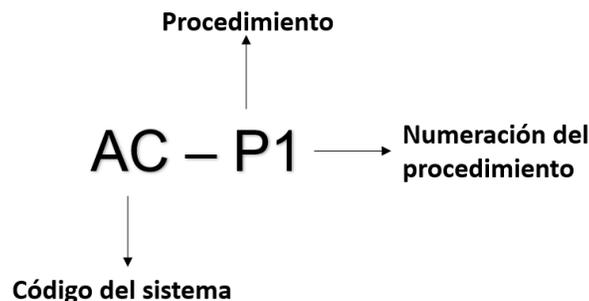


Tabla 28.

Lista de procedimientos establecidos

Código	Procedimiento
AC-P1	Revisión periódica de los empaques de los inyectores
AC-P2	Limpieza periódica de los tanques de combustible
AC-P3	Revisión del cambio de filtros de combustible y drene periódico de los filtros separadores de agua.
AC-P4	Reemplazo de bomba de combustible
AC-P5	Cambio de inyectores
AD-P1	Revisión de la carcasa del filtro de aire y presión de agua en el filtro de aire
AD-P2	Revisión visual del múltiple de entrada y de la empaquetadura
AD-P3	Revisión periódica del turbo y el actuador

Tabla 28 (continuación)

Código	Procedimiento
AD-P4	Desmonte e instalación de intercooler
AD-P5	Reemplazo de turbocargador
CR-P1	Inspección visual se deben realizar revisiones del estado de la pintura y la carrocería, para evidenciar puntos de corrosión y daño en la pintura. De igual manera revisión del estado de las sillas y los cinturones.
DR-P1	Procedimientos de control para el aceite de dirección, tiempo de uso y cambio del filtro de la dirección.
DR-P2	Cambiar splinters de dirección
DR-P3	Cambio de terminales de los brazos de dirección
DR-P4	Cambio de cruceta del brazo deslizante
DR-P5	Desmonte e instalación del ensamblaje de la caja
EL-P1	Medición del voltaje de las baterías, observar la posición y ajuste de las terminales
EL-P2	Revisión y ajuste de las unidades de luces
EL-P3	Cambio de baterías
EL-P4	Desmonte e instalación de alternador
EL-P5	Desmonte e instalación de módulo de motor
EN-P1	La utilización de líquido refrigerante, controles para el cambio periódico
EN-P2	Inspección periódica del estado de mangueras
EN-P3	Inspección periódica del estado de los termostatos
EN-P4	Inspección del solenoide de activación, el sensor de temperatura de refrigerante y del interruptor de encendido del embrague del ventilador
EN-P5	Desmonte y revisión del sensor de temperatura del refrigerante
EN-P6	Cambio del tarro auxiliar de refrigerante
EN-P7	Desmonte e instalación de la bomba del agua
ES-P1	Procedimientos para la revisión del estado del silenciador, los codos y abrazaderas de los tubos de escape.
FR-P1	Revisión y mantenimiento del compresor
FR-P2	Revisión e inspección de presión de aire en válvulas
FR-P3	Revisión e inspección de las bandas, los mecanismos de freno, resorte, leva
FR-P4	Revisar estado de la campana
FR-P5	Cambiar campana
FR-P6	Limpieza de la campana
FR-P7	Cambiar resortes de las zapatas
FR-P8	Cambio de trinquete de freno
FR-P9	Desarmar cámara y cambiar partes afectadas
FR-P10	Cambio de mangueras y acoples
FR-P11	Cambiar diafragma de freno
FR-P12	Probar pisada del pedal
FR-P13	Cambio de bomba de freno
FR-P14	Cambio de empaquetadura de la bomba de freno
FR-P15	Cambio de válvula relay
FR-P16	Cambio de empaquetadura de la válvula relay
FR-P17	Cambio de empaquetadura del filtro secador
FR-P18	Cambio de empaquetadura del gobernador

Tabla 28 (continuación)

Código	Procedimiento
LB-P1	Periodos y mapas de lubricación
LB-P2	Revisión del estado de la junta del cárter
LB-P3	Revisión del estado de las mangueras del aceite
LB-P5	Pruebas de aceite para determinar el kilometraje correcto para realizar el cambio
LB-P6	Control del aceite de caja y la transmisión, con los filtros
MT-P1	Inspección de estado de correas y soportes de motor
SS-P1	Inspección de alineación y controles periódicos para realizar la alineación
SS-P2	Inspección del estado de las bases de los amortiguadores
SS-P3	Inspección de estado de bujes de muelles
SS-P4	Inspección y drenaje periódica de los tanques de alimentación de aire de la suspensión
SS-P5	Revisión e inspección de la válvula niveladora
SS-P6	Revisión e inspección de las bolsas de tracción
SS-P7	Revisión e inspección de la grasa de los retenedores
SS-P8	Profundidad en tres puntos de las llantas, distancia entre flanco y flanco de llantas, medición de presión de llantas.
SS-P9	Cambio de hoja de resorte rota
SS-P10	Cambio de amortiguadores de suspensión
SS-P11	Cambio de bolsa de suspensión
TR-P1	Graduación del embrague
TR-P2	Cambio del kit de embrague
TR-P3	Revisión del pedal del embrague
TR-P4	Revisión y cambio del eje de transmisión
TR-P5	Bajar caja de velocidades

Nota: Se presenta el listado de procedimientos, codificado por el código del sistema, la letra "P", de procedimiento y un número consecutivo.

En la **Tabla 29**, se relacionan los procedimientos con las fallas que atenúan, los procedimientos mitigan fallas a los componentes que interviene, pero de igual forma, contribuye disminuir o evitar la ocurrencia de falla en elementos relacionados. También se muestra la periodicidad sugerida para efectuar cada procedimiento, se presenta en distancia (kilómetros) y en tiempo, se propone realizar el procedimiento en el intervalo que primero ocurra (distancia o recorrido). Estos procedimientos van a hacer realizados por personal idóneo vinculado directamente o por contratación externa.

Tabla 29.*Fallas que atenúan y periodicidad de los procedimientos*

Código	Falla que atenúan	Periodicidad
AC-P1	MT-1A Perforación de una camisa	Bimensualmente 20000 km
	MT-1B El pistón se recostó sobre la camisa	
	MT-1C Daño en anillos	
	MT-1D Fisura en las cámaras de combustión	
	MT-2B Daño en una válvula	
	AC-1A Puntas de los inyectores tapados	
	AC-1B Fugas por los empaques del inyector	
	ES-2B Exceso de humo negro	
AC-P2	EL-2D Daño en la bobina del inyector	Anualmente 120000 km
	MT-1E El vehículo no enciende	
	ES-2B Exceso de humo negro	
	EL-2D Daño en la bobina del inyector	
	AC-1A Puntas de los inyectores tapados	
	AC-3A Filtro de combustible tapado	
AC-P3	AC-4A Sedimentación en los tanques	Cambio de filtros, cada 24000 km Drenaje de los filtros de combustible, diario
	AC-5A Rotura en las mangueras de combustible	
	MT-1E El vehículo no enciende	
	ES-2B Exceso de humo negro	
	EL-2D Daño en la bobina del inyector	
	AC-1A Puntas de los inyectores tapados	
AC-P4	AC-3A Filtro de combustible tapado	En la eventualidad que falle
	AC-4A Sedimentación en los tanques	
	AC-5A Rotura en las mangueras de combustible	
AC-P4	MT-1E El vehículo no enciende	En la eventualidad que falle
	ES-2B Exceso de humo negro	
	AC-2A La bomba de transferencia no envía combustible al sistema	

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
AD-P1	MT-1E El vehículo no enciende	Mensualmente	10000 km
	AD-1A Rotura en el múltiple de entrada		
	AD-2A Filtro de aire tapado		
	AD-2B La tapa del porta filtro de aire no sella		
AD-P2	AD-1A Rotura en el múltiple de entrada	Bimensualmente	20000 km
	AD-2A Filtro de aire tapado		
	AD-4A Baja presión del turbo		
	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
AD-P3	ES-2B Exceso de humo negro	Bimensualmente	20000 km
	MT-1E El vehículo no enciende		
	AD-1A Rotura en el múltiple de entrada		
	AD-4A Baja presión del turbo		
AD-P4	AD-4B Turbo pasa aceite	Bimensualmente	20000 km
	AD-4C Daño en el eje principal de la turbina de turbocompresor		
	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
	ES-2B Exceso de humo negro		
AD-P5	AD-2A Filtro de aire tapado	Anualmente	120000 km
	AD-4A Baja presión del turbo		
	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
	ES-2B Exceso de humo negro		
AD-P6	AD-1A Rotura en el múltiple de entrada	En la eventualidad que falle	
	AD-3A Intercooler tapado		
	AD-3B Intercooler roto		
	AD-4A Baja presión del turbo		
AD-P6	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
	ES-2B Exceso de humo negro		
	MT-1E El vehículo no enciende		
	AD-4A Baja presión del turbo		
AD-P6	AD-4B Turbo pasa aceite		
	AD-4C Daño en el eje principal de la turbina de turbocompresor		
	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
	ES-2B Exceso de humo negro		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
CR-P1	CR-1A Burbujas en la pintura	Lavado de la cabina y el chasis, mensualmente	
	CR-1B Pérdida de color y brillo		
	CR-1C Oxido en el chasis		
	CR-1D Agrietamiento del chasis		
	CR-1E Fractura en los ejes transversales		
	CR-1F Rompimiento de la persiana		
	CR-2A La silla no amortigua		
CR-2B Cinturón deshilachado	Revisión de la silla, diariamente		
DR-P1	DR-1A Daño en una cruceta de la columna	Revisión de la caja de dirección, trimestral	30000 km
	DR-3A No se transmite el movimiento	Cambio de aceite, anualmente	120000 km
DR-P2	SS-2E La rueda presenta juego axial	Inspección semestral de su estado, El cambio, en la eventualidad que se encuentre desgaste	60000 km
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
	SS-4A Desgaste no uniforme en la banda de llanta		
	SS-4B Fisura en el flanco de la llanta		
DR-P3	DR-3A No se transmite el movimiento	Inspección semestral de su estado, El cambio, en la eventualidad que se encuentre desgaste	60000 km
	DR-4A La rótula no se mantiene en posición y presenta "juego"		
	SS-2E La rueda presenta juego axial		
	SS-4A Desgaste no uniforme en la banda de llanta		
	SS-4B Fisura en el flanco de la llanta		
DR-P4	DR-1A Daño en una cruceta de la columna	Inspección semestral de su estado, El cambio, en la eventualidad que se encuentre desgaste	60000 km
	DR-3A No se transmite el movimiento		
DR-P5	DR-1A Daño en una cruceta de la columna	Anualmente	120000 km
	DR-3A No se transmite el movimiento		
	DR-4A La rótula no se mantiene en posición y presenta "juego"		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
EL-P1	EL-1A Baterías expulsan el ácido con burbujas	Semestralmente	60000 km
	EL-1B Las baterías no sostienen la carga de un día a otro		
	EL-1C Se dañó un poste de la batería		
	EL-1D Batería estallada		
	EL-1F El vehículo no da arranque		
	EL-1G Daño en el regulador del alternador		
	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor		
	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor		
	EL-2B No se muestran variables en módulo de cabina o no enciende		
EL-2C Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos			
EL-P2	EL-6A Bombillos fundidos	Semestralmente	60000 km
	EL-7A No se activan las luces del remolque		
EL-P3	EL-1A Baterías expulsan el ácido con burbujas	En la eventualidad que falle	
	EL-1B Las baterías no sostienen la carga de un día a otro		
	EL-1C Se dañó un poste de la batería		
	EL-1D Batería estallada		
	EL-1F El vehículo no da arranque		
	EL-1G Daño en el regulador del alternador		
	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor		
	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor		
	EL-2B No se muestran variables en módulo de cabina o no enciende		
EL-2C Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos			
EL-P4	EL-1A Baterías expulsan el ácido con burbujas	En la eventualidad que falle	
	EL-1B Las baterías no sostienen la carga de un día a otro		
	EL-1C Se dañó un poste de la batería		
	EL-1D Batería estallada		
	EL-1E Daño en la polea del alternador		
	EL-1F El vehículo no da arranque		
	EL-1G Daño en el regulador del alternador		
	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor		
	EL-2B No se muestran variables en módulo de cabina o no enciende		
EL-2C Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos			

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
EL-P5	EL-2A El módulo de motor no enciende el motor	En la eventualidad que falle	
	EL-2B No se muestran variables en módulo de cabina o no enciende		
	EL-2C Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos		
	EL-2D Daño en la bobina del inyector		
	EL-4B No se activa el cruceo		
	EL-4C No se activa el freno de motor		
	EL-5A Corto circuito en el arnés principal		
EN-P1	MT-1A Perforación de una camisa	Anualmente	120000 km
	MT-1B El pistón se recostó sobre la camisa		
	MT-1C Daño en los anillos		
	MT-1D Fisura en las cámaras de combustión del bloque		
	MT-1E El vehículo no enciende		
	MT-1F Recalentamiento		
	EN-1A Se rompió el eje principal de la bomba de agua		
	EN-2A Rotura del tanque del radiador		
	EN-7A Filtro de circuito de enfriamiento estallado		
	EN-5A Se rompieron las mangueras que conducen al radiador		
	EN-6B El termostato no actúa		
EN-2C Se rompieron los tubos en el enfriador de aceite de motor			
EN-2D Se rompieron los tubos en el enfriador de la caja de velocidades			
EN-2E Se rompieron los tubos en el enfriador de la caja de dirección			
EN-2B Rotura en el panel del radiador			
EN-P2	MT-1E El vehículo no enciende	Diariamente	
	MT-1F Recalentamiento		
	EN-5A Se rompieron las mangueras que conducen al radiador		
EN-P3	MT-1F Recalentamiento	Semestralmente	60000 km
	EN-6B El termostato no actúa		
EN-P4	MT-1F Recalentamiento	Bimensualmente	40000 km
	EN-3A No enciende el embrague del ventilador		
	EN-3B Se rompieron varias álabes del ventilador		
	EN-3C El embrague del ventilador trabaja de manera continua		
	EN-3D Se desprende la tapa frontal del embrague		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
EN-P5	MT-1E El vehículo no enciende	Bimensualmente	40000 km
	MT-1F Recalentamiento		
	EL-2C Los indicadores no funcionan o muestran datos erráticos		
EN-P6	MT-1F Recalentamiento	Inspección bimensual de su estado, cambio en la eventualidad que falle	20000 km
	EN-4A Se rompió el tanque y deja escapar el refrigerante		
	EN-4B La tapa no sella bien y deja escapar el refrigerante		
EN-P7	MT-1B El pistón se recostó sobre la camisa	Inspección bimensual de su estado, cambio en la eventualidad que falle	20000 km
	MT-1E El vehículo no enciende		
	MT-1F Recalentamiento		
	EN-1A Se rompió el eje principal de la bomba de agua		
ES-P1	ES-1A Conexiones rotas, fugas de aire de escape en el cuerpo de la tubería	Trimestralmente	30000 km
	ES-2A Ruido excesivo en la operación		
	ES-2B Exceso de humo negro		
FR-P1	SS-3K Bolsa de tracción con fisura	Bimensualmente	20000 km
	SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire		
	FR-1A El compresor no tiene retorno de aceite		
	FR-1B El compresor no suministra el aire suficiente		
	FR-1C No hay paso de aire		
	FR-2C Válvula sin paso		
FR-2D Los frenos de remolque no se activan			
FR-P2	FR-1C No hay paso de aire	Revisión del estado de los frenos quincenalmente. Cambio del filtro secador cada 563000 km	5000 km
	FR-1D El pedal de freno no actúa		
	FR-1E Fugas en aire por el botón de parqueo de los frenos		
	FR-2A Manguera rota		
	FR-2B Unión deteriorada		
	FR-2C Válvula sin paso		
FR-2F Los acoples al remolque dejan escapar el aire			
FR-P3	FR-1D El pedal de freno no actúa	Quincenalmente	5000 km
	FR-3C La leva de freno salió de su posición		
	FR-3D La zapata de freno se rompió		
FR-P4	FR-3E La campana se rompió	Semestralmente	60000 km
	FR-3F La campana se encuentra con una profundidad mínima		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
FR-P5	FR-3E La campana se rompió FR-3F La campana se encuentra con una profundidad mínima	En la eventualidad que falle	
FR-P6	FR-3E La campana se rompió FR-3F La campana se encuentra con una profundidad mínima FR-3G Bandas cristalizadas	Semestralmente	60000 km
FR-P7	FR-3H Resorte no se contrae	En la eventualidad que falle	
FR-P8	FR-3B El trinquete no mantiene la graduación	En la eventualidad que falle	
FR-P9	FR-3A El vástago de la cámara no se activa	En la eventualidad que falle	
FR-P10	FR-2E Manguera del remolque rotas	En la eventualidad que falle	
FR-P11	FR-3A El vástago de la cámara no se activa	En la eventualidad que falle	
FR-P12	FR-1D El pedal de freno no actúa FR-2C Válvula sin paso FR-2D Los frenos de remolque no se activan	Mensualmente	10000 km
FR-P13	FR-1D El pedal de freno no actúa FR-2C Válvula sin paso FR-2D Los frenos de remolque no se activan	En la eventualidad que falle	
FR-P14	FR-1D El pedal de freno no actúa FR-2C Válvula sin paso FR-2D Los frenos de remolque no se activan	En la eventualidad que falle	
FR-P15	FR-1D El pedal de freno no actúa FR-2C Válvula sin paso FR-2D Los frenos de remolque no se activan FR-2F Los acoples al remolque dejan escapar el aire	En la eventualidad que falle	

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
FR-P16	FR-1D El pedal de freno no actúa	En la eventualidad que falle	
	FR-2C Válvula sin paso		
	FR-2D Los frenos de remolque no se activan		
	FR-2F Los acoples al remolque dejan escapar el aire		
FR-P17	FR-1B El compresor no suministra el aire suficiente	En la eventualidad que falle	
	FR-1C No hay paso de aire		
	FR-1D El pedal de freno no actúa		
	FR-1E Fugas en aire por el botón de parqueo de los frenos		
FR-P18	FR-1B El compresor no suministra el aire suficiente	En la eventualidad que falle	
	FR-1C No hay paso de aire		
	FR-1D El pedal de freno no actúa		
	FR-1E Fugas en aire por el botón de parqueo de los frenos		
LB-P1	TR-3B Cruceta desgastada	Quincenalmente	5000 km
	DR-1A Daño en una cruceta de la columna		
	DR-4A La rótula no se mantiene en posición y presenta "juego"		
	SS-2C Calentamiento de la rueda		
LB-P2	LB-3B Fugas de aceite por el empaque del cárter	Mensualmente	10000 km
LB-P3	LB-3A Fugas de aceite por manguera en el motor	Diariamente	
LB-P5	MT-1C Daño en los anillos	Cada 15000 km Cada 17500 km Cada 20000 km	
	MT-1D Fisura en las cámaras de combustión del bloque		
	AD-4A Baja presión del turbo		
	AD-4B Turbo pasa aceite		
	AD-4C Daño en el eje principal de la turbina de turbocompresor		
	FR-1A El compresor no tiene retorno de aceite		
	FR-1B El compresor no suministra el aire suficiente		
FR-4A Pistoncillos del freno de motor se deterioran			
LB-P6	LB-2B Fuga de aceite en filtro de aceite caja	Anualmente	120000 km
	LB-2C Fuga de aceite en filtro de aceite transmisión		
	TR-4A Rotura en los dientes de engrane en la transmisión		
	TR-4B Fuga de aceite de transmisión		
	TR-5A No se trasmite movimiento		
	SS-2C Calentamiento de la rueda		
SS-2D Fuga de aceite por el eje			

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
MT-P1	MT-3A Rompimiento de las correas	Mensualmente	10000 km
	MT-4A Soportes del motor reventados		
	ES-1A Conexiones rotas, fugas de aire de escape en el cuerpo de la tubería		
	EN-2A Rotura del tanque del radiador		
	SS-3E Buje estallado		
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
SS-P1	SS-3I Bolsa de tracción de la cabina con fisura	Trimestralmente	30000 km
	TR-3A Cardán doblado		
	TR-3B Cruceta desgastada		
	DR-4A La rótula no se mantiene en posición y presenta "juego"		
	SS-1A Eje doblado		
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3E Buje estallado		
SS-P2	SS-3F Amortiguador se salió de la base	Diariamente	100000 km
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
	SS-3H Amortiguador trasero estallado		
	SS-3K Bolsa de tracción con fisura		
	SS-3I Bolsa de tracción de la cabina con fisura		
	SS-4A Desgaste no uniforme en la banda de llanta		
	SS-4B Fisura en el flanco de la llanta		
	SS-4C Rin doblado en la zona del talón		
	SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire		
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
SS-P3	SS-3C Rotura de múltiples hojas	Diariamente	
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3E Buje estallado		
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
SS-P4	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja	Bimensualmente	20000 km
	SS-3C Rotura de múltiples hojas		
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3K Bolsa de tracción con fisura		
	SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire		
	SS-3I Bolsa de tracción de la cabina con fisura		
	FR-1B El compresor no suministra el aire suficiente		
SS-P5	TR-3A Cardán doblado	Bimensualmente	20000 km
	TR-3B Cruceta desgastada		
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
	SS-3C Rotura de múltiples hojas		
SS-P6	SS-1A Eje doblado	Diariamente	
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
	SS-3H Amortiguador trasero estallado		
	SS-3K Bolsa de tracción con fisura		
	SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire		
	SS-3I Bolsa de tracción de la cabina con fisura		
	SS-4A Desgaste no uniforme en la banda de llanta		
	SS-4B Fisura en el flanco de la llanta		
SS-4C Rin doblado en la zona del talón			
SS-P7	CR-1E Fractura en los ejes transversales	Semestralmente	60000 km
	TR-4A Rotura en los dientes de engrane en la transmisión		
	SS-2A Los agujeros pasantes del bocín cedidos		
	SS-2B El hilo de la rosca cedido		
	SS-2C Calentamiento de la rueda		
	SS-2E La rueda presenta juego axial		
	FR-3D La zapata de freno se rompió		
SS-P8	FR-3G Bandas cristalizadas	Mensualmente	10000 km
	FR-3H Resorte no se contrae		
	CR-1F Rompimiento de la persiana		
	SS-4A Desgaste no uniforme en la banda de llanta		
	SS-4B Fisura en el flanco de la llanta		
SS-4C Rin doblado en la zona del talón			

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
SS-P9	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas	En la eventualidad que falle	
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
	SS-3C Rotura de múltiples hojas		
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3E Buje estallado		
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
	SS-3H Amortiguador trasero estallado		
	SS-3K Bolsa de tracción con fisura		
SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire			
SS-P10	TR-3A Cardán doblado	En la eventualidad que falle	
	TR-3B Cruceta desgastada		
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
	SS-3C Rotura de múltiples hojas		
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3E Buje estallado		
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
SS-3H Amortiguador trasero estallado			
SS-3K Bolsa de tracción con fisura			
SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire			
SS-P11	TR-3A Cardán doblado	En la eventualidad que falle	
	TR-3B Cruceta desgastada		
	SS-3A Primeras dos hojas de muelle rotas		
	SS-3B Fractura de una de las hojas de la tercera hasta la última hoja		
	SS-3C Rotura de múltiples hojas		
	SS-3D Central se rompió		
	SS-3E Buje estallado		
	SS-3F Amortiguador se salió de la base		
	SS-3G Amortiguador delantero estallado		
SS-3H Amortiguador trasero estallado			
SS-3K Bolsa de tracción con fisura			
SS-3L Bolsa de tracción con filtración mínima de aire			
TR-P1	TR-1A No actúa el embrague	Mensualmente	10000 km
	TR-2A No entran los cambios, el vehículo no opera		
	TR-5A No se transmite movimiento		

Tabla 29 (continuación)

Código	Falla que atenúan	Periodicidad	
TR-P2	TR-1A No actúa el embrague TR-2A No entran los cambios, el vehículo no opera TR-5A No se trasmite movimiento	En la eventualidad que falle	
TR-P3	TR-1A No actúa el embrague TR-2A No entran los cambios, el vehículo no opera TR-5A No se trasmite movimiento	Bimensualmente	20000 km
TR-P4	TR-4A Rotura en los dientes de engrane en la transmisión TR-5A No se trasmite movimiento	Revisión Semestral, Cambio en la eventualidad que falle	60000 km
TR-P5	TR-5A No se trasmite movimiento	En la eventualidad que falle	

Nota: En la tabla se relacionan las fallas que atenúa cada procedimiento, con su periodicidad de uso

4.3.7.a. Formatos de inspección. Utilizando la herramienta del buscador de Google, se establecen los formatos de inspección de los vehículos, se plantea esta ayuda tecnológica para ahorrar el uso de papel, es una herramienta eficaz para el registro de información debido a que los registros quedan incluidos en una hoja de datos, es fácilmente manipulable para realizar gráficos o calcular estadísticas. Para la codificación de las unidades se utilizan las placas de los vehículos, las cuales son cambiadas a las reales de la compañía. Para el manejo de la información en un primer momento se añaden datos de entrada, como la placa, el kilometraje y la fecha de la inspección, se puede ver en la **Figura 41**.

Figura 41.

Información de entrada para los formatos



The screenshot shows a Google Form titled "Formatos de inspección" (Inspection Formats) with the subtitle "Formulario de inspección de vehículos" (Vehicle Inspection Form). The form contains two main sections:

- Fecha de la inspección** (Inspection Date): A date selection field with the placeholder text "Mes, día, año" (Month, day, year) and a calendar icon. A red asterisk indicates it is a required field.
- Vehículo *** (Vehicle): A dropdown menu with five options:
 1. XMH917
 2. XMH918
 3. XMH922
 4. XRP868
 5. XRP869

Nota: En la figura se muestra el formulario de Google para la entrada de la información de inicio de la inspección. Tomado: Formularios de Google. Disponible en internet <https://cutt.ly/Qcmoknk>

Como ejemplo de los formatos de inspección se muestran en la **Figura 42**, apartes orientados para la revisión del sistema de admisión, donde se ingresan calificaciones cualitativas y cuantitativas.

Figura 42.

Formato de inspección para el sistema de admisión

AD-Admisión

Descripción (opcional)

Presión de agua en el tablero

Texto de respuesta corta

Estado de múltiple de admisión

	Si	No
Presenta grietas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Presenta manchas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene mas de 1 mm la entrada a la...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nota: En la figura se presentan apartes de los formularios de inspección, en este caso se muestra aspectos de revisión para el sistema de admisión. Tomado: Formularios de Google. Disponible en internet <https://cutt.ly/Qcmoknk>

En la **Figura 43**, se muestra el formato físico que se utilizara en caso de alguna contingencia donde no se pueda utilizar los formularios de Google.

Figura 43. Formato físico en caso de contingencia

MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHICULOS		Versión: 01			
MT FO XXX		Vigencia: Diciembre de 2014			
TIPO DE VEHICULO : Camión Refrigerado Tractocamión Van Portacontenedor					
fecha _____		Placa _____ KM _____			
GRUPO	SECCION	ACTIVIDADES	ACTIVIDAD REALIZADA		OBSERVACIONES
			SI	NO	
	LUBRICACION	1. Verificar Nivel de aceite motor e inspección de fugas - Engrase general			
		2. Verificar ajuste tapas Carter			
	ENFRIAMIENTO	3. Controlar proporción de mezcla de líquido refrigerante (50/50)			
		4. Verificar la estanqueidad y puntos de roce de las tuberías del sistema de refrigeración			
		5. Verificar estado de radiador e Intercooler (puntos de roce)			
		6. verificar el estado del ventilador			
	COMBUSTIBLE	7. verificar estanqueidad y puntos de roce en las tuberías y ductos del sistema de combustible			
		8. Verificar tanques, tapas de combustible y filtros			
	SISTEMA DE TURBOALIMENTACION	9. Verificar estado de tuberías y ductos de humedad			
		10. Limpiar filtros de Aire			
MOTOR	OTROS	11. Verificar niveles de aceite servodirección y agregar si se requiere			
		12. Verificar la estanqueidad y puntos de roce de las tuberías y sistema hidráulico y neumático			
		13. Reemplazar el estado de las correas			
		17. Verificar y corregir tensión de correas			
	NEVELES	18. Comprobar el nivel de aceite hidráulico de la caja, agregar si es necesario			
		19. Verificar Nivel diferencial			
CAJA	OPERACION	20. Verificación de componentes mecánicos. Cruceatas			
		21. Revisión visual de conexiones eléctricas			
REPUESTOS GENERADOS					
CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	NUOVO	REMAN	COSTO
OBSERVACIONES					
TECNICO RESPONSABLE MANTENIMIENTO			JEFE DE MANTENIMIENTO		

Nota: En la figura se muestra el formato físico sugerido en caso de que no se pueda utilizar los formularios de Google.

4.3.7.b. Sistemas de gestión de la información. Mediante el sistema de Gestión de Relación del Usuario, que obtuvo la compañía durante el desarrollo del presente trabajo, Freight Trans Manager, se realiza una gestión completa de todos los procesos de la compañía incluido el mantenimiento. En la **Figura 44**, se muestra la información básica de los equipos, la placa, el propietario, la marca y la ciudad de matrícula, son algunos de los datos que ingresan al sistema. En la parte superior se encuentran enlaces a otras tablas relacionadas a los equipos, los cuales son Servicios y Combustible.

Figura 44. Información básica de vehículos

Freight Trans Mana... Home Loads Trips Carriers Expenses Fleet Workers Lane Quotes A

Equipment

Related List Quick Links ⓘ

Services (10+) Inspection (7) Files (5) Loads (0) Fuel (10+)

Driving Distances (1) Expenses (0) Loads (Trailer) (0) Violations (0) Fleet (0)

Show All (15)

Unit Number	Tenedor
Coupled with	Propietario
Type	License Plate
Tractomula	License Plate City
Model	Guamal
Make	License Plate State/Province
Freightliner	Meta
Line	License Plate Country
M2 112	Colombia
Cilindraje	Purchase Date
12800	

Nota: En la figura se muestra la información básica que se ingresa para los vehículos, se distingue la marca, la línea, la ciudad donde se matriculo. Tomado: FTM.

<https://cutt.ly/IQktEIO>.

4.3.7.c. Hoja de vida de los vehículos. En el registro de cada vehículo, los mantenimientos realizados a cada vehículo quedan guardados en los enlaces de Servicios como se vio en la **Figura 44**. En la **Figura 45**, se puede ver el listado de Servicios realizados a un tracto camión donde se diferencia el tipo de servicio que se efectuó, en la figura se pueden ver listados cambios de aceite de motor y cambio de llantas, el apellido del mecánico que realizo la intervención y la fecha de creación del registro.

Figura 45. Listado de Servicios para un vehículo

<input type="checkbox"/>	Service ↑	Category	End	Mecanico	Driving ...
1	<input type="checkbox"/> S-0	Engine oil change	1/03/2020, 12:00 AM		D-3
2	<input type="checkbox"/> S-100	Engine oil change	14/01/2020, 12:00 AM		D-26
3	<input type="checkbox"/> S-1000	Truck Tires	23/11/2018, 12:00 AM	Vidales	D-1
4	<input type="checkbox"/> S-1001	Truck Tires	23/11/2018, 12:00 AM	Vidales	D-13

Nota: En la figura se muestra el listado de Servicios realizados a un vehículo específico, los campos relacionan el tipo de servicio realizado. Tomado: FTM. <https://cutt.ly/IQktEIO>.

4.3.7.d. Solicitudes de mantenimiento. Las solicitudes de mantenimiento se desarrollan, mediante Reportes de Daño o Defects, como aparece en FTM. Mediante un grupo de mensajería electrónica los conductores realizan sus reportes de daño, identificando el número del equipo la fecha y la descripción del daño, luego son importados al FTM. Este reporte genera un número automático de identificación de registro. Los servicios pueden relacionarse con los reportes de daño, mediante el número de identificación del reporte de daño. El formulario de Defect o Reporte de Daño se puede ver en la **Figura 46**

Figura 46. Ejemplo de solicitud de mantenimiento

New Defect

Information

Defect ID

Fecha reporte: 1/08/2021

Description

Equipment: Search Fleet...

Cancel Save & New Save

Nota: En la figura se muestra la solicitud de mantenimiento por parte del conductor. Tomado: FTM. <https://cutt.ly/IQktEIO>

4.3.7.e. Adquisición de información e Indicadores. Cada registro de la tabla de Servicio, como se ve en la **Figura 47**, está compuesto de campos como el código del registro, la

fuerza del servicio, que distingue si fue por un reporte de daño o un servicio programado; el taller donde fue reparado, mediante este campo se puede definir si el mantenimiento se desarrolló en la compañía o en un taller externo, Reporte de daño (Defect, como aparece en la figura), identifica el número del registro del reporte que realiza el conductor, en el campo que Equipment, se ingresa el número de placa, la Categoría identifica el tipo de servicio. Por último, se encuentran la fecha hora de inicio y finalización de las intervenciones, como se puede ver en la parte inferior derecha.

Figura 47. Campos de la tabla Servicio

Service S-1000	
Details	
Service	Repair Shop
S-1000	
Source	Location
	Bogota
Defect	Mecanico
	Vidales
Equipment	Category
	Truck Tires
Estimate	Description
Odometro	Status
0	
Unidad del horometro	Start
km	23/11/2018, 12:00 AM
Amount	End
	23/11/2018, 12:00 AM

Nota: En la figura se pueden observar los campos que conforman a la tabla de Servicio. Tomado: FTM. <https://cutt.ly/IQktEIO>.

Por medio de los tiempos tomados en los Servicios, mensualmente se pueden definir varios indicadores.

- Disponibilidad: Mediante este indicador se puede evaluar mensualmente la disponibilidad de las unidades, para identificar cuales equipos pasan más tiempo en el taller que operando. Las horas totales pueden ser obtenidas por medio del escáner del módulo de motor o el sistema GPS de la compañía.

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

- Índice de cumplimiento de la planificación: Los Servicios pueden ser programados para mantenimientos preventivos como cambios de aceite de motor, caja velocidades o transmisión. El nivel de eficacia para el cumplimiento de estos servicios puede ser medido de la siguiente forma:

$$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{\# \text{ Servicios terminados a la fecha}}{\# \text{ Servicios Totales}}$$

- Coste promedio de las horas de mantenimiento por vehículo. Las horas empleadas en mantenimiento se pueden monetizar de la siguiente manera, teniendo en cuenta el tiempo invertido en la reparación de un equipo sobre el costo total de mano de obra y repuestos que se requirieron para su reparación.

$$\text{Coste de hora promedio} = \frac{\# \text{ Horas de mantenimiento}}{\text{Coste total de mantenimiento}}$$

4.3.7.f. Manejo de Inventario. En el FTM se desarrolló, la gestión de repuestos donde se identifican todos los repuestos como lo dice Santiago García [7] en la Gestión del Mantenimiento, donde los repuestos deben ser identificados con un código, el tipo del repuesto, la descripción y/o referencia comercial, fabricante y el coste. Los registros de repuestos se muestran en la **Figura 48**. Dentro de los repuestos se tiene que distinguir aquellos repuestos que son consumibles, genéricos y específicos. Los consumibles son de mayor rotación, los genéricos son piezas que puede ser fabricadas por varios proveedores y las específicas solo son elaboradas por el fabricante.

La cantidad de repuestos dentro del almacén se establece por criterio de los expertos y la experiencia, para el caso de la compañía de transporte, los mayores consumibles son los filtros y el aceite, por ejemplo, semanalmente se debe tener cuatro kits de filtros para las CL120 y dos canecas de aceite 15w40. De igual forma se deben tener en el almacén

un juego de dos llantas delanteras y ocho llantas de tracción para estos tractocamiones. Esto es para los repuestos consumibles. Como repuestos específicos se debe tener una existencia en una unidad de un módulo de cabina, un módulo de motor, embrague, bomba del agua, embrague ventilador, radiador, alternador y arranque

Se propone que los inventarios sean realizados trimestralmente, pero solo para los repuestos consumibles. Para los repuestos específicos realizar aleatoriamente una revisión de las existencias.

Figura 48. Registros de repuestos

 Part PT-1000	Item ID IM-3885
	Movement Type Inbound
Part ID PT-1000	Part PT-1768
Description Llanta Infinity 29580R22.5	Quantity 6
System Suspension	Absolut Quantity 6
Autopart Llanta rodante	Entregado a/Recibido por Vidales
Marca Infinity	Observacion
Tipo de Repuesto Consumible	Precio

Nota: En figura se puede ver los campos que componen los registros de inventario. Tomado: FTM.
<https://cutt.ly/IQktEIO>.

En el siguiente apartado se muestra el análisis financiero, el manejo ambiental y de seguridad industrial propuesto.

4.4. Elaboración de evaluación financiera, ambiental y de seguridad ocupacional

Establecidos los procedimientos para la revisión y dado el caso la intervención de los vehículos, se procede a consolidar la evaluación financiera, ambiental y de seguridad en el trabajo para los operadores de mantenimiento que realizan las intervenciones.

4.4.1. Análisis financiero

Para demostrar la viabilidad de implementación se plantea la utilización del indicador financiero CAUE, en el cual los ingresos y egresos se convierten en una serie uniforme de pagos durante un año, mediante esta operación se pueden comparar dos alternativas de costos distintos, esta definición es parafraseada del libro de Guillermo Bacca [36]. Se toma un estudio de cinco años donde se presentan los costos totales de mantenimiento de cada año y el costo de mantenimiento en carretera, este último está incluido en el total, es un valor indeseado en la operación ya que si se presenta genera demoras en la ruta de los vehículos. Se propone como una herramienta de gestión que lleve a cero los costos en carretera por mantenimiento, en especial aquellos que actualmente suceden en operación y son resultado de tiempos muertos en ruta. Se evalúa el CAUE del mantenimiento con el costo de carretera y el mantenimiento sin este costo de carretera.

4.4.1.a. Cálculo de la Tasa Interna de Oportunidad (TIO). Para determinar el CAUE se requiere primero calcular la tasa interna de oportunidad, la cual es “la tasa más alta que un inversionista sacrifica para poder llevar a cabo un proyecto” [36]. Para determinar la TIO, se utiliza la siguiente fórmula la cual fue tomada de la guía del autorregulador de mercado de valores de Colombia [37].

$$TIO = DTF * TIEI * TI - 1$$

Donde al DTF es la tasa depósito a término fijo, la cual es un valor determinado por el banco de la república donde establece el interés de captación de los bancos, para noviembre del año 2020 este valor se encuentra 1,95% efectivo anual, esta valor fue consultado de la página del banco de la república [38], el TIEI es la tasa interna esperada por inversionista, la cual es consultada por datos de inversión en proyectos en bonos de

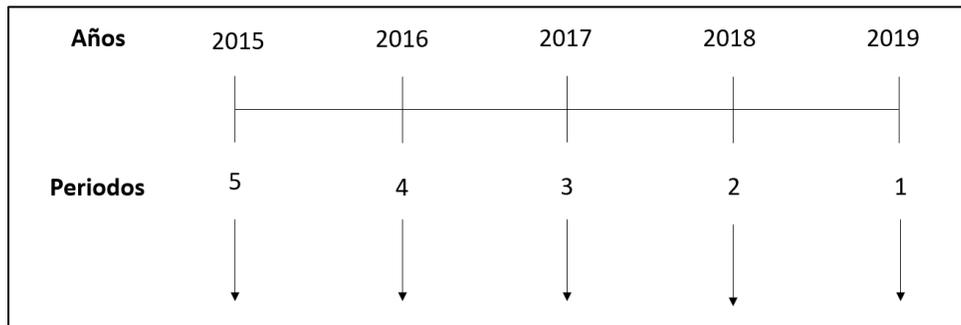
la bolsa de valores de Colombia [39], a cinco años es valor tomado es de 6,25%. TI, es la tasa de inflación la cual es de 3%, este valor es consultado de la página del banco de la república [38].

$$TIO = (1 + 1,95\%)(1 + 6,25\%)(1 + 3\%) - 1 = 11,57\%$$

4.4.1.b. Flujo de caja. Los costos de mantenimiento para las 11 unidades columbia en un periodo de tiempo de cinco años se muestran en la **Tabla 30**, todos los costos de mantenimiento se llevan a valor presente y se calcula el costo anual equivalente conforme a los años de operación que se muestran en la tabla, debido a que no todos los vehículos tienen los cinco años de servicio para calcularlos a un mismo periodo. La representación gráfica del flujo de caja se presenta en la **Figura 49**, donde se presentan los años de los costos representados en periodos, las fechas hacia abajo representan que se realizara el análisis para los costos.

Figura 49.

Flujo de costos de mantenimiento



Nota: En la figura se muestra una representación del flujo de caja para cada vehículo

Tabla 30.*Costos de mantenimiento de los vehículos a cinco años*

Placa	2015		2016		2017		2018		2019	
	Costos totales de mantenimiento	Costos en carretera	Costos totales de mantenimiento	Costos en carretera	Costos totales de mantenimiento	Costos en carretera	Costos totales de mantenimiento	Costos en carretera	Costos totales de mantenimiento	Costos en carretera
XMH917	\$ 5.272.879	\$ 802.500	\$ 9.102.569	\$ 530.000	\$ 21.465.752	\$ 2.073.720	\$ 29.262.741	\$ 4.427.647	\$ 21.584.557	\$ 534.600
XMH918	\$ 10.703.501	\$ 1.182.600	\$ 16.438.619	\$ 1.232.000	\$ 35.801.994	\$ 3.055.900	\$ 11.842.704	\$ 3.377.500	\$ 14.307.914	\$ 2.298.524
XMH922	\$ 12.913.311	\$ 1.043.200	\$ 19.457.911	\$ 1.452.000	\$ 26.233.093	\$ 2.854.008	\$ 14.505.049	\$ 4.808.300	\$ 22.424.881	\$ 3.131.900
XRP868	\$ 8.033.132	\$ 1.056.800	\$ 11.928.286	\$ 1.274.200	\$ 4.204.003	\$ 1.916.700	\$ 8.152.847	\$ 4.884.800	\$ 13.112.483	\$ 2.421.499
XRP869	\$ 3.959.219	\$ 296.000	\$ 11.291.637	\$ 1.480.000	\$ 22.432.706	\$ 2.048.725	\$ 14.016.029	\$ 5.255.900	\$ 13.068.276	\$ 2.476.100
XRP870	\$ 5.125.008	\$ 1.231.900	\$ 32.924.242	\$ 1.582.300	\$ 25.380.252	\$ 4.028.050	\$ 24.523.035	\$ 1.604.000	\$ 10.656.314	\$ 3.028.250
YFQ335			\$ 479.551	\$ 80.000	\$ 2.439.760	\$ 976.000	\$ 3.514.032	\$ 2.588.100	\$ 5.224.927	\$ 864.500
YFQ336					\$ 2.546.000	\$ 1.367.000	\$ 4.044.500	\$ 730.000	\$ 5.863.524	\$ 2.457.100
YFQ338			\$ 454.000	\$ 404.000	\$ 3.823.114	\$ 2.280.500	\$ 2.927.700	\$ 2.571.200	\$ 2.382.733	\$ 1.412.900
YFQ685					\$ 206.600	\$ 650.000	\$ 1.408.500	\$ 1.031.500	\$ 1.888.110	\$ 1.202.600
YFQ686					\$ 2.888.700	\$ 1.056.200	\$ 8.861.200	\$ 3.628.700	\$ 2.504.996	\$ 436.500

Nota: En la tabla se muestran los costos de mantenimiento para cada unidad, para los vehículos que el valor aparece en blanco, se debe a que son años en los cuales no estaban en operación.

4.4.1.c. Valor futuro. Como se presentaron valores del pasado se llevarán a futuro mediante la siguiente formula, la cual fue tomada del libro de Guillermo Bacca [36].

$$VF = P(1 + TIO)^n$$

Donde VF, es valor futuro, P es el pago al periodo escogido, TIO, es la tasa interna de oportunidad y n son el número de periodos, todo será llevado a efectivo anual. Como muestra de cálculo se presenta el del vehículo YFQ686, a tres periodos con los costos totales de mantenimiento.

Placa	3	2	1
YFQ686	\$ 2.888.700	\$ 8.861.200	\$ 2.504.996

$$VF = 2'888.700(1 + 11,57\%)^3 + 8'861.200(1 + 11,57\%)^2 + 2'504.996(1 + 11,57\%)^1$$

$$VF = \$24'643.434$$

Luego se calcula el CAUE, tomando en cuenta que este vehículo solo posee tres periodos de análisis.

$$\$24'643.434 = x(1 + 11,57\%)^3 + x(1 + 11,57\%)^2 + x(1 + 11,57\%)^1$$

$$x = \$5'188.861$$

En la **Tabla 31**, se muestra el CAUE total de mantenimiento para todos los vehículos

Tabla 31.

CAUE valores totales de mantenimiento

Vehículo	CAUE
XMH917	-\$ 16.156.328
XMH918	-\$ 21.917.184
XMH922	-\$ 23.501.296
XRP868	-\$ 11.175.904
XRP869	-\$ 15.932.808
XRP870	-\$ 24.257.644
YFQ335	-\$ 3.803.599
YFQ336	-\$ 5.742.451
YFQ338	-\$ 3.128.010
YFQ685	-\$ 1.615.302
YFQ686	-\$ 6.572.818
Total	-\$ 133.803.344

Nota: En la tabla se presentan los valores de CAUE para los costos totales de mantenimiento

Ahora se presenta el cálculo del CAUE restando al valor total los costos de arreglos en carretera, los cuales como se mencionó anteriormente son indeseados y se pretenden eliminar utilizando los procedimientos establecidos en el presente trabajo de grado. En la **Tabla 32** se muestran los costos restando el valor de los mantenimientos en carretera.

Tabla 32.

Costos sin mantenimiento en carretera

Placa	Costos sin mantenimiento en carretera				
	2015	2016	2017	2018	2020
XMH917	\$ 4.470.379	\$ 8.572.569	\$ 19.392.032	\$ 24.835.094	\$ 21.049.957
XMH918	\$ 9.520.901	\$ 15.206.619	\$ 32.746.094	\$ 8.465.204	\$ 12.009.390
XMH922	\$ 11.870.111	\$ 18.005.911	\$ 23.379.085	\$ 9.696.749	\$ 19.292.981
XRP868	\$ 6.976.332	\$ 10.654.086	\$ 2.287.303	\$ 3.268.047	\$ 10.690.984
XRP869	\$ 3.663.219	\$ 9.811.637	\$ 20.383.981	\$ 8.760.129	\$ 10.592.176
XRP870	\$ 3.893.108	\$ 31.341.942	\$ 21.352.202	\$ 22.919.035	\$ 7.628.064
YFQ335		\$ 399.551	\$ 1.463.760	\$ 925.932	\$ 4.360.427
YFQ336			\$ 1.179.000	\$ 3.314.500	\$ 3.406.424
YFQ338		\$ 50.000	\$ 1.542.614	\$ 356.500	\$ 969.833
YFQ685			\$ 443.400	\$ 377.000	\$ 685.510
YFQ686			\$ 1.832.500	\$ 5.232.500	\$ 2.068.496

Nota: En la tabla se muestran los costos eliminando las intervenciones en carretera

En la **Tabla 33**, se muestran los resultados de CAUE sin tener en cuenta los mantenimientos realizados en carretera.

Tabla 33.

CAUE sin mantenimiento en carretera

Vehículo	CAUE
XMH917	-\$ 19.266.622,09
XMH918	-\$ 19.175.154,14
XMH922	-\$ 20.232.119,08
XRP868	-\$ 8.333.635,35
XRP869	-\$ 13.089.869,23
XRP870	-\$ 21.434.932,94
YFQ335	-\$ 2.332.634,01
YFQ336	-\$ 3.642.591,68
YFQ338	-\$ 952.328,58
YFQ685	-\$ 694.363,04
YFQ686	-\$ 4.211.381,85
	-\$ 113.365.631,99

Nota: Se presentan en la tabla el valor del CAUE sin los mantenimientos de carretera

De acuerdo con el análisis anterior se cuantifica en términos de porcentaje el ahorro en costos de mantenimiento

$$1 - \frac{\$ 113.365.631,99 \text{ CAUE sin mantenimiento en carretera/}}{\$ 133.803.343,82 \text{ CAUE total}}$$

$$= 15\%$$

15%

4.4.1.d. Resultados del análisis financiero. Comparando los valores del CAUE obtenidos, se obtiene un ahorro del 15% en el mantenimiento, teniendo en cuenta que si se implementan todos los procedimientos descritos en el presente trabajo se eliminarían los costos en carretera de los vehículos. Este porcentaje es un valor mínimo, debido a que, si se implementa correctamente los procedimientos descritos, se pretende que los costos de mantenimiento bajen, porque dentro de los demás costos descritos en muchos vehículos se incluyen intervenciones extensas de arreglos de motor y otros mantenimientos correctivos costosos. Solo se tuvo en cuenta el mantenimiento en

carretera, ya que en la estructura contable de la compañía era el único ítem que se podía desprender de los costos totales.

4.4.2. Matriz ambiental

Como responsabilidad social del desarrollo de las actividades de mantenimiento, se plantean acciones para la correcta disposición de productos desechados, como por ejemplo llantas, baterías, aceite y filtro. De igual manera con el objetivo de velar por la seguridad de los operarios de mantenimiento se describen los elementos de seguridad básica que deben portar los técnicos y operarios en la ejecución de tareas de mantenimiento.

4.4.2.a. Llantas. Es el subproducto que más ocupa espacio, aunque para el ministerio de transporte no se considera un subproducto contaminante, de igual forma se debe realizar una buena disposición de estos residuos [40]. Si las llantas en sus costados no presentan cortes, pinchaduras o desgaste, sumado a que la banda de rodamiento haya cumplido su desgaste antes que se vean los hilos de alambre en la superficie, las llantas son utilizadas por el vendedor para un proceso de reencauche donde cambian la banda de rodamiento de la llanta. Estas llantas reencauchadas son utilizadas para los ejes de tracción y como llantas en los remolques.

Las llantas que no cumplen las condiciones para entrar a procesos de reencauche deben ser almacenadas en “sitios adecuados”, definido por el ministerio de ambiente, son lugares que cumplen con las siguientes características:

- Pertenecen a sistemas de procesamiento de llantas usadas
- Tienen medidas de protección contra incendios
- Se almacenan en sitios cubiertos
- Tienen la documentación y publicidad alusiva al almacenamiento y reciclaje de llantas.

La resolución 1326 del año 2017, el ministerio de ambiente [41], establece que es obligación de los productores de llantas, los vendedores, establecer planes para la

recolección y almacenamiento de llantas usadas, el cual debe ser presentando ante la ANLA, Autoridad nacional de licencias ambientales. Como “consumidores” según la resolución citada la empresa debe:

1. Retornar o entregar las llantas usadas en los puntos de recolección establecidos por los productores
2. Seguir las instrucciones de manejo seguro suministradas por los productores de llantas
3. Acudir al reencauche de las llantas usadas cuando sea viable, con el fin de minimizar la generación de residuos sólidos.

En la **Tabla 34** se muestra el control de llantas donde se muestra el registro de la información para la disposición final de las llantas, donde se relaciona el serial del neumático, la placa del vehículo, fecha de instalación, posición de colocación, kilometraje, si la llanta fue reencauchada o no y alguna observación

Tabla 34.

Ejemplo de control

cod_serial	placa_llanta	fecha colocación	posición	kilometraje	Reencauche	Observación
0000	SZXIII	28/05/2015	3		No	
0000	SXVIII	21/04/2018	5	0	Sí	
0001	SZXIII	28/05/2015	4		No	
0002	SZXIII	28/05/2015	5		No	
0003	SZXIII	28/05/2015	6		No	
0004	SZXIII	28/05/2015	7		No	
0004	RIIIIII	22/02/2017	3	0	Sí	
0005	SZXIII	28/05/2015	8		No	
0005	SIIIIII	28/02/2017	3	0	Sí	
0006	SZXIII	28/05/2015	9		No	
0006	SIIIIII	28/02/2017	4	0	Sí	

Nota: En la tabla se muestra objeto de control de las llantas, para identificar aquellas que se entregan para disposición final.

De igual forma se solicita la información que exige la resolución a los proveedores que suministran las llantas.

4.4.2.b. Baterías. Es un residuo altamente contaminante debido a los compuestos químicos ácidos utilizados como electrolitos dentro del cuerpo de la batería. Son denominadas por el ministerio de ambiente [42] como baterías plomo ácido y mediante la resolución 372 del 2009 define que los vendedores de baterías deben disponer de centros de acopio adecuados para el almacenaje de estos cascos usados para que sean utilizados el proceso de fabricación de nuevas baterías. No se puede entregar baterías en sitios que no cuenten con medidas de seguridad y vender a recicladores informales.

Como sistema de recolección los vendedores establecen descuentos en compra de baterías nuevas por la entrega de cascos de batería usados. En la **Tabla 35** se muestra la manera como se registra la información para el manejo de las baterías.

Tabla 35.

Control de baterías

No batería	Placa batería	Fecha compra	Meses garantía
56840	SRPIII	01/04/2016	18
56841	SRPIII	01/04/2016	18
56842	SRPIII	01/04/2016	18
53800	WFHIII	20/04/2016	18

Nota: Ejemplo de control de baterías

4.4.2.c. Aceite y filtros usados. El aceite es el subproducto más contaminante que se produce en el mantenimiento de vehículos debido a que es un compuesto orgánico cancerígeno que afecta a cualquier ser vivo, de igual forma deja contaminados ecosistemas acuíferos. Se presentan de manera conjunta con los filtros debido a que son procesados por los mismos proveedores, que realizan la recolección y entrega para el procesamiento de estos subproductos. La compañía estableció un convenio con una compañía de recolección debidamente avalada por el ministerio de medio ambiente. En la **Figura 50** se muestra el certificado tipo donde la empresa de recolección certifica a la compañía por la entrega de aceite, para su posterior entrega a una empresa avalada para el procesamiento. En este caso la empresa de procesamiento fabrica combustible ecológico.

Figura 50.

Certificado de entrega para la disposición de aceite

NIT: _____ de la resolución 00788

CERTIFICA QUE:

La empresa _____ Identificada con NIT. No. _____
ubicada en la dirección _____ BARRIO: VISION COLOMBIA, 1 Entrego
a _____ un volumen de Aceite usado para disposición final, el
cual se relaciona a continuación:

MES DE RECOLECCION	NO.DE FORMATO DE MOVILIZACIÓN	CANTIDAD DE GL	PLACA DEL VEHÍCULO
JULIO DEL 2020	9230	185	UFR 978

El volumen de aceite usado fue recolectado directamente en las instalaciones del Generador, y Fue movilizado por las unidades de transporte de la empresa _____ identificada con NIT. _____ con REGISTRO DE MOVILIZACION No. 040 de la RESOLUCION No.00788 del mes de Julio del 2012; modificada por la RESOLUCION No. 00371 DE FEBRERO DE 2017.

Siendo entregado en la planta del dispositor final _____ identificada con _____ Autorizado por la secretaria de ambiente. Mediante la resolución 0367 del 04 de abril del 2006 y Registro de movilización 035 del 2011.

En constancia de lo anterior se expide la presente en Bogotá D.C el día martes 15 de septiembre del 2020.

Atentamente,

Nota: En la figura se muestra el certificado de entrega de aceite usado

4.4.3. Elementos de seguridad y salud en el trabajo

Para proponer opciones de mejora para la planta física se buscan puntos de mejora mediante una inspección visual. **Figura 51** se evidencian zonas de disposición de residuos físicos sin la debida demarcación ni separación por tipo de material.

Figura 51.

Inspección visual para zonas no demarcadas



Nota: En la imagen se pueden ver zonas no demarcadas

En la **Figura 52**, se pueden observar situaciones de riesgo provocadas por cableado suelto que puede causar accidentes laborales, en este caso se debe realizar socialización a los operarios sobre la importancia del orden al momento de operar equipos eléctricos y el peligro que representa dejar cables en la superficie, que puedan generar algún tropiezo.

Figura 52.

Situaciones inseguras provocadas por falta de orden durante las intervenciones



Nota: En la imagen se puede observar zonas inseguras causadas por falta de organización con los equipos utilizados en las intervenciones realizadas

Para la **Figura 53**, se observa la falta de demarcación de zonas de trabajo y para el almacenaje de materiales. Se proponen acciones de mejora para la demarcación y señalización de zonas de trabajo y las zonas de disposición de residuos sólidos y peligrosos como lo son los diferentes aceites.

Figura 53.

Falta de demarcación de zonas de trabajo



Nota: En la imagen se puede observar que las zonas de trabajo no se encuentran demarcadas, tampoco se señalizan las zonas para el almacenaje de materias primas

Para asegurar el bienestar físico de las personas involucradas en el proceso de mantenimiento se establece un matriz de elementos de seguridad y salud en el trabajo. En la **Tabla 36** se muestra la matriz de elementos de seguridad y salud para mantenimiento.

Tabla 36.

Matriz de EPPS

ZONA DEL CUERPO	ELEMENTO PROTECCIÓN PERSONAL		USO	MECANIO	AUXILIAR DE MANTENIMIENTO
	Nombre	Imagen del Elemento			
CABEZA	Casco		<p>USO: Utilizar de manera permanente, por su resistencia al impacto, penetración, compresión lateral, salpicaduras químicas o igneas. No debe usarse encima de gorras u otros elementos que no permitan un adecuado ajuste. Se sugiere como medida de seguridad hacer chequeos periódicos a los cascos de uso diario, inspeccionando cada una de sus partes y reemplazando aquellas que presenten deterioro. Usado en las actividades de (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DEL CASCO).</p> <p>Mantenimiento: el casco debe permanecer limpio, la limpieza se debe realizar con agua y jabón, se debe dejar secar antes de usarlo El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
OIDOS	Protector auditivo tipo copa para ensamblar a casco		<p>USO: Se debe usar antes de ingresar a la zonas de ruido continuo, ubicados sobre los oídos cubriendo completamente la zona de las orejas y no retirar mientras se encuentren en el área de exposición. El persona que usa casco los ensamblarán en el mismo en las ranuras diseñadas para tal fin, escoger preferiblemente el casco y el protector auditivo de la misma marca, para facilitar el ajuste.</p> <p>Mantenimiento: los protectores auditivos deben permanecer limpios, la limpieza se debe realizar con agua y jabón, se deben dejar secar antes de usarlos El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
OJOS Y CARA	Gafas de seguridad		<p>USO: Lente claro: Para uso en interiores donde es necesaria la protección contra impactos por partículas que al soplar pueden caer en los ojos. Usar con banda elástica para evitar que los lentes se caigan al piso. Usar específicamente (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DE LAS GAFAS).</p> <p>Mantenimiento: las gafas deben permanecer limpias, la limpieza se debe realizar con agua y jabón, se debe dejar secar antes de usarlas El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>		
	Monogafas de seguridad		<p>USO: Protege los ojos del impacto de objetos relativamente grandes como, remaches, puntillas, astillas, fragmentos de metal y madera. Para labores de mecanizado, cincelado, metalmecánica, remachado, ebanistería, cepillado, tomeado. Permite el uso de anteojos formulados. Los de ventilación directa evitan el empañamiento de los lentes a través de sus orificios laterales. Los de ventilación indirecta tienen lumbreras de ventilación las cuales permiten la circulación del aire para evitar el empañamiento de los lentes (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DE LAS MONOGAFAS).</p> <p>Mantenimiento: las monogafas deben permanecer limpias, la limpieza se debe realizar con agua y jabón, se debe dejar secar antes de usarlas El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
	Careta para soldadura		<p>USO: Recomendada para proteger los ojos y la cara en trabajos donde se emplea la soldadura de arco especialmente en labores "sobre cabeza", en riesgos que presenten radiaciones calóricas o luminicas, infrarrojas, ultravioletas y chispas.</p>	X	X

Tabla 36 (continuación)

ZONA DEL CUERPO	ELEMENTO PROTECCIÓN PERSONAL		USO	MECANIO	AUXILIAR DE MANTENIMIENTO
	Nombre	Imagen del Elemento			
PROTECCIÓN RESPIRATORIA	Respirador media cara (VERIFICAR TIPO DE MÁSCARA - REFERENCIA Y MARCA)		<p>USO: Es utilizado para actividades de (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DEL RESPIRADOR) y tareas donde se realicen labores en presencia de material particulado, humo, gases y vapores tales como: mantenimiento, soldadura, pulidora (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DEL RESPIRADOR) . El EPP debe estar compuesto por: Una mascarilla en silicona, ajustable, con cabezal de arnés y con correas de ajustefrontal.</p> <p>Mantenimiento: el respirador debe permanecer limpio, la limpieza se realiza con agua y jabón, se debe dejar secar antes de usarlo</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
PROTECCIÓN RESPIRATORIA	Cartuchos para ensamblar a respirador media cara		<p>USO: Es utilizado para actividades de (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DE LOS CARTUCHOS) y tareas donde se realicen labores en presencia de material particulado tales como: (PONER LAS ÁREAS O PROCESOS EN LOS QUE SE REQUIERE EL USO DE LOS CARTUCHOS) . Los cartuchos reemplazables vienen codificados para cada riesgo: Cartucho negro: Vapores orgánicos; Cartucho blanco: Gases ácidos; Cartucho amarillo: Vapores orgánicos y gases ácidos; Cartucho verde oliva: Amoníaco; Cartucho Naranja: Pintura; Cartucho Azul: Humos metálicos; Cartucho Verde: Aplicación en plaguicidas; Cartucho gris: Material particulado;</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente, no presenta limpieza</p>	X	X
MANOS	Guantes Vaqueta		<p>USO: Para trabajos generales que requieran niveles de resistencia a la abrasión</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
	Guantes de Nitrilo		<p>USO: Controla riesgos químicos líquidos como ácidos orgánicos, soluciones saturadas, álcalis, hidrocarburos alifáticos, éteres, aldehídos, alcoholes y aminas. Para manipulación de ácido acético, fórmico, tánico, Soluciones de amonio, acetato, carbonato, lactado, hidróxido de amonio, Bencina de Petróleo, formaldehído, acetaldehído, etanol, metanol, butanol, amílico, anilina, etilnilina, metilnilina, metil etil y butilaminas.</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
	Mangas o guantes tipo mosquetón		<p>USO: Controla riesgos donde se presente proyección de partículas, chispa de soldadura y pulidora</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X

Tabla 36 (continuación)

ZONA DEL CUERPO	ELEMENTO PROTECCIÓN PERSONAL		USO	MECANIO	AUXILIAR DE MANTENIMIENTO
	Nombre	Imagen del Elemento			
PIES	Botas de seguridad		<p>USO: Protege de riesgos mecánicos, por manejo de materiales, Proyección de partículas como chispas Locativos como condiciones de la superficie o almacenamiento de partes salientes punzantes o cortantes Para el desarrollo de operaciones de mantenimiento, contacto de materiales corto punzantes, trabajos en bodegas , talleres de mecanizado, troquelado, construcción, cizallado y ebanistería</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
	Polainas en carnaza		<p>USO: Protege de riesgos mecánicos, por manejo de materiales, Proyección de partículas como chispas, locativos como condiciones de la superficie o almacenamiento de partes salientes punzantes o cortantes. Para el desarrollo de operaciones de mantenimiento, contacto de materiales corto punzantes, trabajos en bodegas , talleres de mecanizado, troquelado, construcción, cizallado y ebanistería</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X
CUERPO	Peto en carnaza		<p>USO: Protege de riesgos mecánicos, por manejo de materiales, Proyección de partículas como chispas, locativos como condiciones de la superficie o almacenamiento de partes salientes punzantes o cortantes. Para el desarrollo de operaciones de mantenimiento, contacto de materiales corto punzantes, trabajos en bodegas , talleres de mecanizado, troquelado, construcción, cizallado y ebanistería</p> <p>El cambio se realiza de acuerdo al deterioro que el elemento presente</p>	X	X

Nota: En la tabla se presentan todos los elementos de seguridad personal que deben utilizar los operarios de mantenimiento.

5. CONCLUSIONES

Actualmente la empresa no tiene una estructura sólida en el área de mantenimiento, faltan procedimientos para la intervención de vehículos. Con el análisis de criticidad realizado se determinó que los vehículos más prioritarios para establecer un plan de mantenimiento son las Freightliner Columbia con motor Detroit serie 60.

Comparando los tipos de metodologías que existen en teoría, RCM, TPM y FMEA, más la información obtenida en el diagnóstico inicial de la compañía, se eligió el FMEA para estructurar el plan de mantenimiento. Se utilizó como herramienta de análisis el FTA, para agrupar fallas comunes y establecer modos de falla comunes para los sistemas.

Como primera parte para estructurar el plan de mantenimiento y dando cumplimiento a la metodología escogida del FMEA, se describe toda la información técnica del vehículo, para conocer a fondo cómo funciona y poder dividirlo en sistemas. Se identificaron 12 sistemas, dentro de los cuales se encontraron diversos subsistemas y componentes que contribuyen al objeto funcional del camión, los cuales son transportar carga dentro del límite establecido por la norma colombiana, un consumo de combustible eficiente, un nivel de emisiones que no afecte a las personas y que brinde seguridad al conductor y demás actores viales. Mediante lo anterior se estructuró el objetivo del plan de mantenimiento.

Siguiendo los pasos de la metodología escogida, para la estructuración del plan de mantenimiento, se describen 134 fallas comunes en los sistemas establecidos, realizando el FTA y diagramas de proceso, se establecen 32 procedimientos para prevenir y mitigar la materialización de estas fallas. Muchas de las fallas del motor son prevenidas por diversas acciones como monitoreos a tiempo en los sistemas de lubricación y enfriamiento, cambios oportunos de aceite de motor, cambios de refrigerante y no permitir fugas de aceite o refrigerante. Como resultado de la estructuración del plan de mantenimiento se establecen, por ejemplo, revisiones y

pruebas constantes en los inyectores para prevenir pérdidas de potencia en el motor o mucho más grave un daño en la culata del motor.

Por medio del indicador CAUE, se realizó un análisis financiero que dio como resultado un 15% de reducción en los costos, si no se presentan fallas en ruta que conlleven a la intervención de los vehículos en carretera.

Realizando el análisis ambiental y de seguridad industrial, se establecen lineamientos ambientales y de seguridad en el trabajo para cumplir con partes interesadas internas y externas que se pueden ver afectadas en la operación del vehículo o en la realización del mantenimiento.

El plan de mantenimiento propuesto en el presente trabajo es un “documento vivo” debido a que está expuesto a constante cambio. A medida que se presenten nuevas incidencias, se involucran procesos de análisis que modifican, añaden o vuelven obsoletos los procedimientos de inspección o intervención.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Colombia. Ministerio de transporte, Resolución 0001565 (6, junio de 2014). Por la cual se expide la Guía metodológica para la elaboración del Plan Estratégico de Seguridad Vial. Bogotá, 2001.
- [2] S. Byttner, Self monitoring for maintenance of vehicle fleets, Chicago: Data Mining and Knowledge Discovery, 2017.
- [3] F. E y K. M, Treatment of accumulative variables in data driven prognostics of lead acid batteries Linköping University, Linköping , 2015.
- [4] Q. Huan, Reliability analysis of subway vehicles based of the data on the operational failures, 2017.
- [5] M. Petrovic, V. Popovic y B. Vasic, The Possibility for FMEA Method Improvement and its Implemantion into Bus Life Cycle. Universidad de Belgrado, Belgrado, 2010.
- [6] R. P. P. V. J. Gallikova, Implementation of FMEA method in maintenance of Semi Trailer combination Universidad de Zilina, Zilina, 2016.
- [7] S. García, Organización y gestión integral de mantenimiento, Madrid: Díaz de los Santos, 2003.
- [8] Ford company, FMEA Handbook version 4.2, Dearborn: Ford motor company, 2011.
- [9] Instituto colombiano de normalización y certificación, NTC ISO 31000 2011 Gestión del riesgo. Principios y directrices, Bogotá: ICONTEC, 2011.
- [10] M. Basson, RCM Risk based reliability centered maintenance, South Norwalk, EE.UU: Industrial press, 2018.
- [11] G. H. y. A. Smith, RCM- Gateway to word class maintenance, Oxford: Butterworht, 2004.
- [12] C. E., Total productive maintenance, strategies and implementation guide, Dayton, EEUU.: CRC Press, 2016.

- [13] R. Keith Mobley, Maintenance Engineering Handbook. McGraw-Hill Education, Nueva York, 2014.
- [14] P. T, Six Sigma Handbook, Fifth Edition, McGraw Hill, Nueva York, 2018.
- [15] Colombia. Ministerio de transporte. Operación del transporte de carga por carretera en Colombia. Dirección general de transporte y tránsito automotor. Bogotá. Bogotá, 2001.
- [16] Colombia. Ministerio de transporte, «Boletín de coyuntura económica al transporte de carga en Colombia, grupo de logística y carga,» Diciembre 2015. [En línea]. Disponible en: <https://cutt.ly/1bYmup5>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].
- [17] Colombia. Ministerio de transporte, Decreto 173. Por el cual se reglamenta el servicio público de transporte de carga terrestre automotor de carga. Ministerio, Bogotá, 2011.
- [18] O. Gómez, Régimen jurídico del transporte terrestre en Colombia. Corporación fondo de prevención vial, Bogotá: Corporación fondo de prevención vial, 2011.
- [19] Colombia, Constitución política, Bogotá, 1991.
- [20] Colombia. Corte Constitucional, Sentencia C-468/11. Requisito de saber leer y escribir para obtener licencia de conducción de vehículos automotores, Bogotá, 2011.
- [21] Portafolio, Accidentes viales cobran al año 6500 y casi 4 billones, Portafolio, Bogotá, 2019.
- [22] Colombia. Ministerio de transporte, Resolución 0004100. Por el cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. Bogotá, 2004.
- [23] Colombia. Ministerio de transporte, Resolución 0005443. Por la cual se adopta la parametrización y el procedimiento para el registro de información al registro nacional automotor del registro único nacional de tránsito, RUNT. Bogotá, 2009.

- [24] General motors Colombia, Ficha técnica camión NHR [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/CZZOKa> . [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [25] General motors Colmotores, Ficha técnica camión NPR. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/3R5oZT>. [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [26] General motors Colmotores, Ficha técnica camión NQR. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/KinhSF> . [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [27] General motors Colmotores, Ficha técnica camión FRR. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/7Mk1bq> . [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [28] General motors Colmotores, Ficha técnica camión FTR. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/F853q5> . [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [29] Hino Colombia, Ficha técnica camión hino dutro, [En línea]. Disponible en: <http://hino.com.co/wp-content/uploads/2019/02/Dutro-Pro.pdf>. [Último acceso: 30 Agosto 2020].
- [30] Hyundai Venezuela, Ficha técnica camión Hyundai HD65 [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/LZMs7p> . [Último acceso: 06 Septiembre 2020].
- [31] Freightliner, *Freightliner Columbia 120*, Ciudad de México: Detroit company, 2009.
- [32] Freightliner, Ficha técnica M2 112 tracto, Bogotá: Freightliner Mercedes, 2013.
- [33] Freightliner México, Ficha técnica Cascadia, Freightliner México, México D.E., 2018.
- [34] Kenworth de la montaña, Camión T370, Kenworth de la montaña, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/N34SV30>. [Último acceso: 17 Noviembre 2020].
- [35] Detroit diesel, Manual de mantenimiento serie 60 EPA98 04, Michigan: Detroit diesel, 2020.
- [36] G. Bacca, Ingeniería económica, Bogotá: Fondo educativo panamericano, 2010.
- [37] Autorregulador del mercado de valores de Colombia, Guía de estudio matemáticas financieras AMV, Bogotá, 2019.

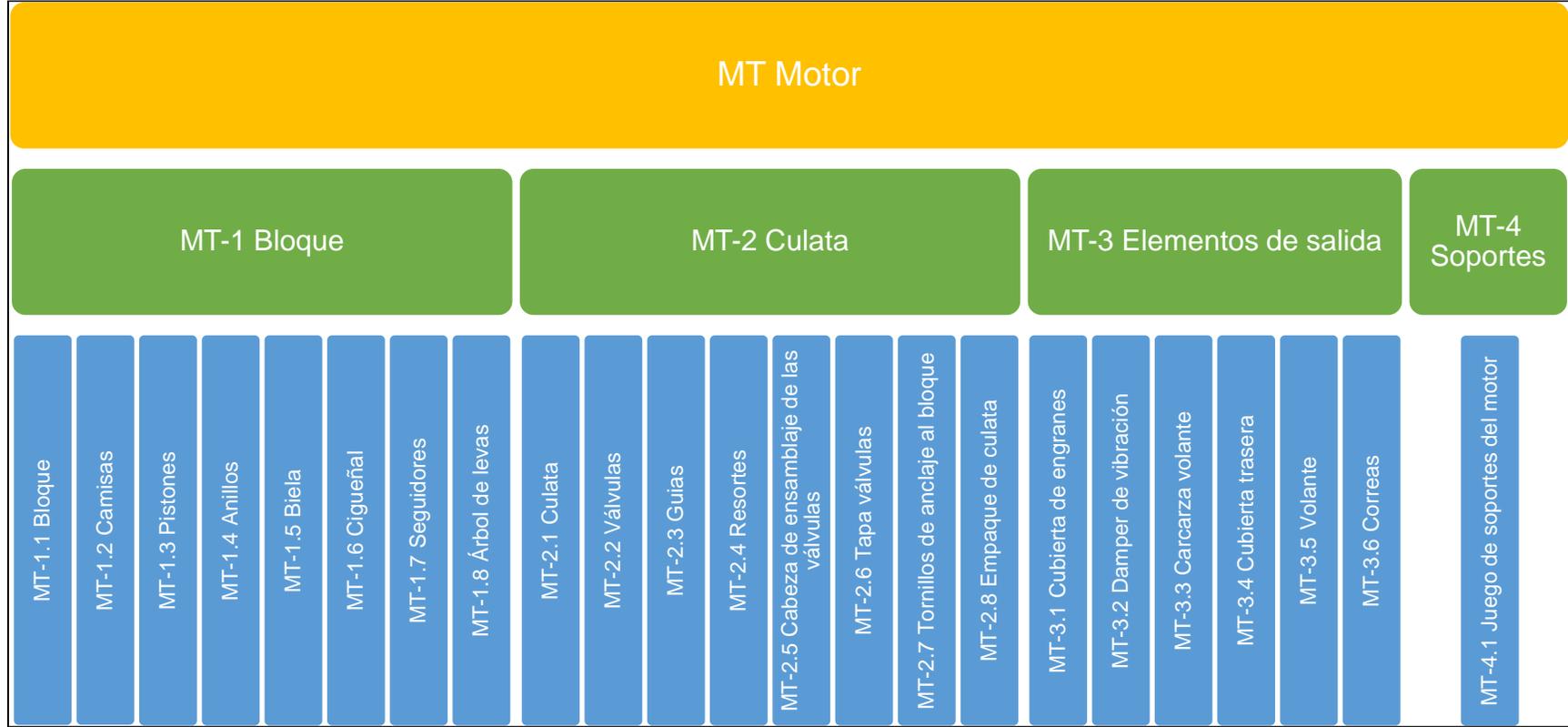
- [38] Banco de la república de Colombia, Banrep. Banco de la república de Colombia, 5 Diciembre 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/BLvDjts>. [Último acceso: 6 Diciembre 2020].
- [39] Bolsa de valores de Colombia, Bolsa de valores de Colombia. Bolsa de valores de Colombia, 4 Diciembre 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/BLvDjt>. [Último acceso: 7 Diciembre 2020].
- [40] Colombia. Ministerio de ambiente, Ministerio de ambiente. 1 Agosto 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/4lrrmH> [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [41] Colombia. Ministerio del medio ambiente, Resolución 1326, Por cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y dictan otras disposiciones. Ministerio de ambiente, Bogotá, 2017.
- [42] C. M. d. ambiente, Minambiente. Ministerio de ambiente, 1 Agosto 2020. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/n43tVW>. [Último acceso: 10 Diciembre 2020].
- [43] FENALCO y ANDI, «Informe de vehículos de carga en Colombia.,» 2017. [En línea]. Disponible en: <https://acortar.link/xYh17m> . [Último acceso: 2020 Mayo 22].
- [44] Colombia. Policía nacional, Revisión técnico mecánica, Bogotá, 2007.
- [45] Kenworth de la montaña, Tractocamión T800 Kenwroth de la montaña, 2013. [En línea]. Available: <https://acortar.link/xlalg8> [Último acceso: 17 Noviembre 2020].
- [46] Detroit diesel, Multiple cylinder cutout service routine Detroit diesel, Michigan, 2009.
- [47] Detroit diesel, Manual del conductor Columbia, Michigan: Daimler trucks, 2016.
- [48] Instituto colombiano de normalización y certificación, NTC 4788 2000, Bogotá: ICONTEC, Tipología para vehículos de transporte de carga terrestre.
- [49] Caterpillar, Cómo tomar una buena muestra de aceite, Michigan: Caterpillar, 2000.

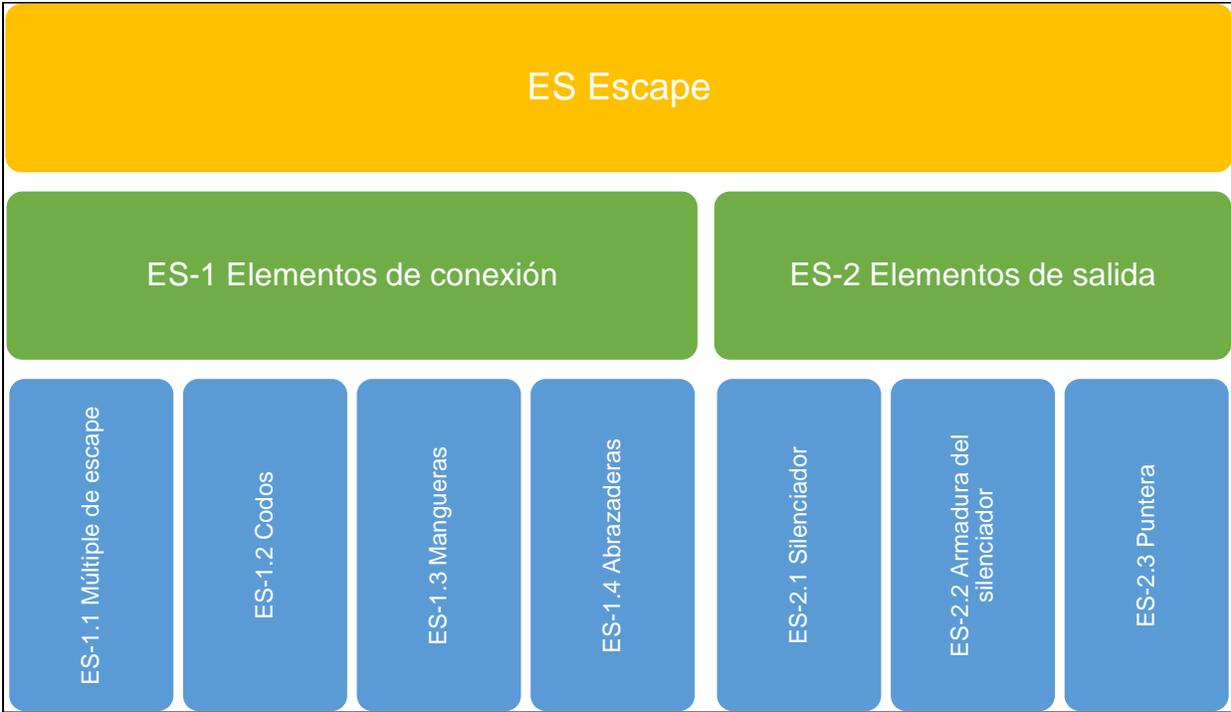
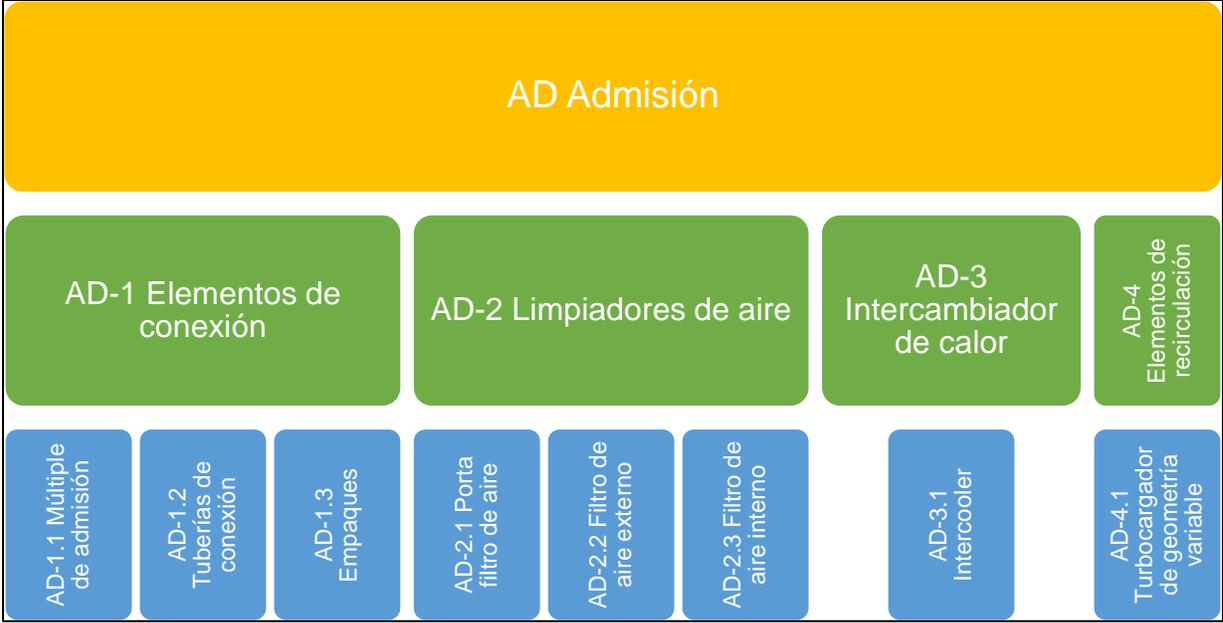
- [50] Bogotá. Alcaldía mayor, *Guía paso a paso: Plan estratégico de seguridad vial PESV*, Bogotá: Red empresarial de seguridad vial, 2019.
- [51] [Manual Estructuración del Trabajo de Grado. Fundación Universidad de América, 2021. [PDF]

ANEXOS

ANEXO 1

DIVISIÓN EN SUBSISTEMAS Y ELEMENTOS PRINCIPALES





LB Lubricación

LB-1 Bombas

LB-1.1 Bomba de aceite de motor

LB-1.2 Bomba de aceite de caja de velocidades

LB-1.3 Bomba de aceite de la transmisión

LB-2 Elementos filtrantes

LB-2.1 Filtro de aceite de motor

LB-2.2 Filtro de aceite de caja

LB-2.3 Filtro de aceite de transmisión

LB-3 Líneas de distribución

LB-3.1 Mangueras de circulación en el motor

LB-3.2 Mangueras de distribución en la caja de velocidades

LB-3.3 Manguera de succión del carter

LB-3.4 Carter

EN Enfriamiento

EN-1 Bombas

EN-1.1 Bomba de agua

EN-2 Intercambiadores de calor

EN-2.1 Radiador

EN-2.2 Enfriador de aceite de motor

EN-2.3 Enfriador de aceite de caja de velocidades

EN-2.4 Enfriador de la bomba de dirección hidráulica

EN-2.5 Enfriador de combustible

EN-3 Ventiladores

EN-3.1 Ventilador

EN-3.2 Embrague ventilador

EN-3.3 Enfocador

EN-4 Tanques

EN-4.1 Tanque de compensación

EN-5 Elementos de conexión

EN-5.1 Mangueras de radiador

EN-5.2 Mangueras del tanque de compensación

EN-6 Elementos de control

EN-6.1 Termostato

EN-7 Elementos filtrantes

EN-7.1 Filtro de agua

EL Eléctrico - Electrónico

EL-1 Sistemas de alimentación

EL-1.1 Baterías

EL-1.2 Alternador

EL-1.3 Arranque

EL-1.4 Interruptor de arranque

EL-1.5 Interruptor magnético

EL-2 Sistemas electrónicos de control

EL-2.1 Módulo de motor

EL-2.2 Módulo de control de cabina

EL-2.3 Tablero de instrumentos

EL-2.4 Medidores de parámetros

EL-2.5 Solenoide del inyector

EL-3.1 Sensor de velocidad del motor

EL-3.2 Sensor de temperatura de refrigerante

EL-3.3 Sensor de temperatura de aire

EL-3.4 Sensor de empuje del turbo cargador

EL-4 Mecanismos de control del operario

EL-4.1 Acelerador

EL-4.2 Pedal de freno

EL-4.3 Switch de posición de embrague

EL-4.4 Freno de parqueo

EL-4.5 Control de crucero

EL-4.6 Activación del Freno de motor

EL-4.7 Control de luces

EL-5 Elementos de conexión

EL-5.1 Arnés principal

EL-5.2 Pines de conexión

EL-6 Luces

EL-6.1 Unidades delanteras

EL-6.2 Luces de cabina

EL-7 Elementos de conexión al remolque

EN-7.1 Conector del cable siete vías

AC Alimentación de combustible

AC-1
Sistema
de
inyección

AC-1.1 Inyector

AC-2
Sistema de
bomba

AC-2.1 Bomba de transferencia

AC-3
Elementos
filtrantes

AC-3.1 Filtro separador de agua

AC-3.2 Filtro secundario de combustible

AC-4 Tanques
de combustible

AC-4.1 Tanque de combustible LH

AC-4.2 Tanque de combustible RH

AC-5 Líneas de combustible

AC-5.1 Mangueras del tanque

AC-5.2 Líneas de distribución en el sistema de inyección

AC-6
Intercambiador

AC-6.1 Enfriador de combustible

TR Transmisión

TR-1 Embrague

TR-1.1 Disco frontal

TR-1.2 Separador

TR-1.3 Disco trasero

TR-1.4 Prensa

TR-1.5 Balinera de lubricación

TR-1.6 Palanca de control

TR-1.7 Disco de freno

TR-1.8 Manguera de grasa

TR-2.1 Barra de cambios

TR-2.2 Eje impulsor

TR-2.3 Contra eje

TR-2.4 Eje de reversa

TR-2.5 Eje principal

TR-2.6 Eje auxiliar

TR-2.7 Engranés de cambios

TR-2.8 "Clutch deslizante"

TR-2.9 Rodamientos axiales

TR-2.10 Carcaza del embrague

TR-2.11 Carcaza de la caja auxiliar

TR-2.12 Selector de cambios

TR-2.13 Unión principal

TR-3 Elementos de conexión

TR-3.1 Uniones universales

TR-3.2 Crucetas

TR-3.3 Cardanes

TR-4 Ejes de ruedas

TR-4.1 Eje de rueda derecha

TR-4.2 Eje de rueda izquierda

TR-5 Transmisiones

TR-5.1 Transmisión delantera

TR-5.2 Transmisión trasera

TR-5.3 Armadura de trans delantera

TR-5.4 Armadura de trans trasera

DR Dirección

DR-1
Columna

DR-1.1 Eje de la dirección

DR-1.2 Eje deslizante

DR-2
Manubrio

DR-2.1 Manubrio

DR-3 Bomba Hidráulica

DR-3.1 Tanque de aceite hidráulico

DR-3.2 Filtro de aceite hidráulico

DR-3.3 Mangueras

DR-3.4 Engrane de la dirección hidráulica

DR-3.5 Bomba de la dirección hidráulica

DR-4 Uniones al eje frontal

DR-4.1 Brazo curvo de la dirección

DR-4.2 Brazo corto de la dirección

DR-4.3 Brazo transversal de la dirección

DR-4.4 Terminales de conexión entre elementos de unión

DR-4.5 Nudillos de la dirección

DR-4.6 Splinder de dirección

SS Suspensión

SS-1 Ejes

SS-1.1 Eje viga delantero

SS-1.2 Eje de tracción delantero

SS-1.3 Eje de tracción trasero

SS-2.1 Bocín

SS-2.2 Pernos de anclaje del bocín

SS-2.3 Retenedor delantero

SS-2.4 Rodamiento delantero interno

SS-2.5 Rodamiento delantero externo

SS-2.6 Retenedor trasero

SS-2.7 Rodamiento trasero interno

SS-2.8 Rodamiento trasero externo

SS-2.9 Tapa ejes delantero

SS-2.10 Tapa ejes trasero

SS-2.11 Bocín trasero

SS-2.12 Tuercas de sujeción del eje

SS-3.1 Muelle delantero

SS-3.2 Bujes de sujeción muelle delantero

SS-3.3 Soporte de chasis del muelle

SS-3.4 Tornillo central del muelle

SS-3.5 Grapas delanteras

SS-3.6 Muelle trasero

SS-3.7 Bujes de sujeción muelle trasero

SS-3.8 Grapas traseras

SS-3.9 Amortiguadores delanteros

SS-3.10 Amortiguadores traseros

SS-3.11 Amortiguador de cabina

SS-3.12 Amortiguador trasero

SS-3.13 Bolsa de aire de cabina

SS-3.14 Bolsa de aire de la suspensión

SS-4.1 Llantas de dirección

SS-4.2 Llantas de tracción

SS-4.3 Rin

SS-4.4 Válvula de aire

SS-4.5 Rin de rueda interna

FR Frenos

FR-1 Sistema de alimentación y limpieza

FR-1.1 Compresor

FR-1.2 Gobernador

FR-1.3 Filtro secador

FR-1.4 Tanque de alimentación

FR-1.5 Tanque primario I

FR-1.6 Tanque primario II

FR-1.7 Tanque secundario

FR-2 Elementos de distribución

FR-2.1 Mangueras hacia las cámaras

FR-2.2 Válvula relay delantera

FR-2.3 Válvula relay trasera

FR-2.4 Válvula de acción rápida

FR-2.5 Válvula de doble chequeo

FR-2.6 Manguera de conexión al remolque

FR-2.7 Botón de parqueo

FR-2.8 Botón de frenos del remolque

FR-3 Accionamiento

FR-3.1 Cámaras delanteras

FR-3.2 Trinquete de freno

FR-3.3 Leva

FR-3.4 Zapata delantera

FR-3.5 Bandas delanteras

FR-3.6 Resortes delantera

FR-3.7 Cámara trasera

FR-3.8 Campana delantera

FR-3.9 Campana trasera

FR-3.10 Rodajas

FR-4 Freno de motor

FR-4.1 Bloque delantero

FR-4.2 Bloque trasero

FR-4.3 Pistones

CR Carrocería

CR-1 Cabina externa

CR-2 Cabina interna

CR-1.1 Cabina

CR-1.2 Capó

CR-1.3 Puerta

CR-1.4 Panorámico

CR-1.5 Vigas laterales de tracción

CR-1.6 Vigas transversales del chasis

CR-1.7 Persiana

CR-1.8 Limpiaparabrisas

CR-2.1 Silla del conductor

CR-2.2 Control de ventanas

CR-2.3 Cinturón de seguridad

ANEXO 2

Procedimientos de intervención

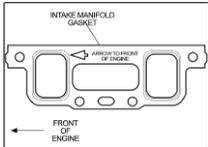
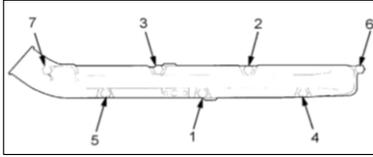
REVISIÓN PERIÓDICA DE LOS EMPAQUES DE LOS INYECTORES		Versión: 00
AC P1		2020
Elementos:		
Nexiq USB link 2		
Programa Diagnostic link 8		
Computador Windows 7 o con una versión superior		
Palanca de 15 in		
Juego de copas alta de 1 in		
Pulidora de mano		
Rueda de alisado 3 in		
Solvente de limpieza AC delco		
Periodicidad		
Cada dos meses		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Prueba de corte de cilindros		
1	Encender el motor	
2	Esperar que el motor logre la temperatura de operación	
3	Conectar el Nexiq al computador y al puerto de conexión del módulo del camión	
4	Asegurarse que el nivel del filtro de partículas diesel (DPF), se encuentre en	
5	Apagar el aire acondicionado	
6	Dejar en posición de apagado el interruptor del embrague ventilador	
7	Seleccionar la prueba de recorte de cilindros desde rutinas de servicio, ajustar	
8	Permitir que la velocidad del motor estabilice	
9	Realizar un corte de cilindros dual	
9,1	Hacer clic en <u>off</u> para los cilindros 1 y 6, esperar 15 segundos	
9,2	Hacer clic en encender todos los cilindros y esperar 5 segundos	
9,3	Hacer clic para los cilindros 2 y 5, esperar 15 segundos	
9,4	Hacer clic en encender todos los cilindros	
9,5	Hacer clic en <u>off</u> para los cilindros 3 y 4, esperar 15 segundos	
9,6	Hacer clic en encender todos los cilindros, esperar 5 segundos	
10	Realizar prueba de tres cilindros	
10	Hacer clic en <u>off</u> para los cilindros 1,2 y 3, esperar 15 segundos	
10	Hacer clic en encender todos los cilindros, esperar durante 5 segundos	
10	Hacer clic en <u>off</u> para los 4, 5 y 6, esperar 15 segundos	
10	Hacer clic en encender todos los cilindros	
11	Reiniciar el motor a una velocidad de 600 RPM y oprimir <u>reset</u>	
12	Permitir que el motor estabilice la velocidad del motor	
13	Cerrar las ventanas y cerrar el interruptor de encendido	
14	Revisar la información en el panel de resultados	
<i>Los valores anómalos son aquellos con una desviación de 0.2°</i>		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1.Cambio de empaques de los inyectores		
1	Remover y limpiar la tapa válvulas	
2	Drenar la culata, removiendo las líneas de entrada y salida, de los acoples en la	
3	Remover el eje de los balancines del motor	
4	Desconectar las terminales electrónicas atornilladas y remover los cables	
5	Remover la abrazadera del inyector	
6	Levantar el inyector de su asiento en la culata, insertando una palanca debajo	
7	Cubrir el agujero del inyector para evitar la entrada de contaminantes. Limpiar el	
8	Limpiar el inyector con un solvente de limpieza y secar con aire comprimido	
9	Cambiar los empaques	

LIMPIEZA PERIÓDICA DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE		Versión: 00 2020	REVISIÓN DEL CAMBIO DE FILTROS DE COMBUSTIBLE Y DRENE PERIÓDICO DE LOS FILTROS SEPARADORES DE AGUA.		Versión: 00 2020
AC P2			AC P3		
Elementos:			Elementos:		
Juego de copas hexagonales de 1/2 in			Llave Davco 482017		
Tapones imantados de 1/2 in			Filtro Donaldson P550851		
5 galones de combustible diésel			Periodicidad		
Periodicidad			El filtro se debe cambiar por recomendación de fabricante cada 24,000 km		
Cada año			La inspección y el drenaje la realiza diariamente el operario		
<u>INSPECCIÓN</u>			<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Limpieza periodica del tanque de combustible			1. Drenaje del filtro		
1	Estacionar el vehículo en un sitio plano, apagar el motor, activar los frenos de parqueo.		1	Diariamente el operario suelta la válvula de drenaje y revisa que la saturación del filtro no supere la marca indicada en el filtro.	
2	Desconectar las baterías		<u>INTERVENCIÓN</u>		
3	Remover el filtro separador de agua y el filtro de combustible		1.Procedimiento para cambio		
4	Instalar nuevos filtros		1	Apagar el motor, activar los frenos de parqueo	
5	Desconectar las líneas de alimentación del filtro separador, y limpiar la línea		2	Ubicar un recipiente limpio debajo del filtro, atar una manguera a la válvula de drenaje que se dirija al recipiente	
6	Instalar la línea de combustible al filtro del motor		3	Remover la tapa superior y abrir la válvula de drenaje, para vaciar completamente el combustible, luego cerrar la válvula de drenaje	
7	Desconectar la línea de retorno del chasis que viene del filtro de motor		4	Utilizar una llave especial para el collar del filtro	
8	Drenar todo el combustible de los tanques en un recipiente. Utilizar un sistema de filtración primario para remover y separar el agua y los sedimentos del combustible para que pueda ser reutilizado		5	Remover el collar y la tapa superior del filtro	
9	Conectar el sistema de filtración primario a la entrada de combustible/agua del chasis y la línea de retorno desde la entrada del motor, bombear combustible de manera separada. Drenar los tanques y disponer el combustible contaminado		6	Limpiar los hilos de la base del filtro de combustible	
10	Remover los tanques del vehículo		7	Instalar el filtro P550851	
11	Adicionar vapor hasta que el agua de salida salga del tanque limpia		8	Instalar los cauchos de la tapa superior del filtro	
12	Instalar tapones en las salidas del tanque		9	Ajustar la tapa superior y el collar	
13	Agregar dos galones de combustible en el tanque y colocar la tapa, pasar combustible por todo el tanque, asegurándose que toda la superficie interna del tanque quede impregnada de diésel		10	Alistar el sistema	
14	Drenar todo el combustible del tanque, disponer de manera adecuada todo el combustible contaminado		10,1	Asegurarse que la válvula de drenaje se encuentre cerrada	
15	Instalar los tanques de combustible en el vehículo		10,2	Rellenar en el ensamblaje del filtro con combustible limpio	
16	Utilizar un sistema de filtración primario para separar el combustible, llenar los tanques con combustible		10,3	Encender el motor, cuando la presión de aceite aumentar la velocidad del motor, durante uno o dos minutos para purgar el aire del sistema	
17	Conectar las baterías		10,4	Revisar fugas y apagar el motor	

	REEMPLAZO DE BOMBA DE COMBUSTIBLE	Versión: 00
	AC-P4	2020
Elementos:		
Bomba de combustible DDE Serie 60 D23537686		
Juego de copa y rache de 1/2"		
Periodicidad		
En la eventualidad de daño en la bomba		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Cambio de válvula niveladora		
1	Aplicar los frenos de parqueo y trabar las llantas	
2	Tener el motor apagado, cerrar el interruptor de las baterías	
3	Drenar todos los tanques de combustible	
4	Remover los tornillos que ajustan la bomba a la parte trasera del compresor	
5	Colocar el empaque de la bomba nueva	
6	Ubicar la bomba de combustible nueva	
7	Ajustar los tornillos	
8	Alimentar los tanques de combustible	
9	Encender el vehículo, verificar que no existan fugas en el acople de la bomba	

	CAMBIO DE INYECTORES	Versión: 00
	AC-P5	2020
Elementos:		
Juego de 6 inyectores D5235575		
Juego de copa y rache de 1 in		
Pulidora de mano		
Rueda de alisado 3 in		
Periodicidad		
En la eventualidad de daño en los inyectores		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Cambio de inyectores		
1	Remover y limpiar tapa válvulas	
2	Drenar el aceite de la parte superior de la culata, suspendiendo las líneas de entrada y salida de aceite	
3	Desmontar el eje de balancines del motor	
4	Desconectar las terminales electrónicas atornilladas y remover los cables	
5	Remover la abrazadera que sostiene los inyectores	
6	Levantar el inyector de su asiento en la culata, insertando una palanca en la parte inferior	
7	Limpiar los asientos de los inyectores con el disolvente y secar con aire comprimido	
8	Insertar los inyectores nuevos o reparados	

REVISIÓN DEL ESTADO DEL FILTRO DE AIRE Y DE LA CARCASA FILTRO DE AIRE		Versión: 00
AD P1		2020
Elementos:		
Filtro de aire Donaldson P527682		
Destornillador de estrella		
Periodicidad		
La revisión se debe hacer cada mes		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1.Inspección de presión de agua en el filtro.		
1	Verificar el medidor con el vehículo apagado, asegurándose que el indicador se encuentre en una zona segura	
2	Si el indicador está por encima del máximo, pulsar el botón reset	
3	Operar el vehículo a máximo 1800 RPM y observar la medida del indicador	
4	Si la presión de agua mantiene esta presión se debe reemplazar el filtro de aire.	
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1.Cambio de filtro		
1	Apagar el motor, activar los frenos de parqueo	
2	Alzar el capó	
3	Remover los cuatro tornillos que ajustan la tapa de la carcasa (no utilizar movimiento de impacto, esto provoca daño en los agujeros que sostienen los	
4	Haciendo palanca remover el filtro de aire	
5	Verificar limpieza de los conductos del filtro de aire, limpiar la carcasa interna del filtro de aire	
6	Inspeccionar el nuevo filtro de aire, verificando estado óptimo de las mallas metálicas, de los empaques de caucho, encender una lampara al interior de filtro para verificar la no presencia de huecos.	
7	Instalar el nuevo filtro de aire	
8	Instalar la tapa de la carcasa del filtro de aire con un torque de 95 lbf in, ajustar con un patrón cruzado	
9	Verificar el ajuste de la tapa	
10	Bajar el capó	

REVISIÓN VISUAL DEL MÚLTIPLE DE ENTRADA Y DE LA EMPAQUETADURA		Versión: 00
AD P2		2020
Elementos:		
Tres empaques del múltiple de admisión		
Motortool		
Disco de arena gruesa		
Disco de arena mediana		
Periodicidad		
Cada dos meses se debe inspeccionar visualmente el múltiple sin desmontarlo		
INSPECCIÓN		
1. Inspección visual de múltiple		
1	Verificar visualmente que el múltiple no se encuentre con grietas o fisuras	
INTERVENCIÓN		
1. Remover el múltiple		
1	Desconectar la conexión del sensor de presión del turbocargador el múltiple de entrada. Sujetar el cuerpo del sensor, halar para desmontar el sensor de	
2	Desinstalar el sensor de temperatura de aire	
3	Desajustar las abrazaderas que unen el múltiple de entrada y el intercooler	
4	Desinstalar las líneas del compresor de aire de la parte inferior del múltiple	
5	Remover los siete tornillos que sujetan el múltiple y la culata	
6	Dar golpes suaves para separar el múltiple de entrada de la culata	
7	Quitar y disponer los empaques del motor	
8	Desmontar el múltiple de entrada	
2. Limpiar el múltiple		
1	Quitar el material residual del empaque de la culata y de las superficies de conexión del múltiple	
2	Para limpiar las superficies del múltiple y de la culata se utiliza un motor tool	
2,1	Las superficies de acero se utiliza el motor tool con un disco de arena gruesa, el equipo debe estar configurado de 15000 a 18000 RPM	
2,2	Las superficies de aluminio son aisladas por medio de un disco de arena mediana	
3	Limpiar todas las partes con gasolina	
4	Secar todas las partes con aire comprimido	
3. Inspección del múltiple de entrada		
1	Inspeccionar visualmente el múltiple buscando grietas, abolladuras u otros	
2	Inspección la superficie de conexión buscando imperfecciones que afecten su	
	Revisar deformación en la superficie de conexión del múltiple, mediante una regla de 0,5 m por 6 mm colocada a lo largo de múltiple, medir el reborde de conexión tiene una medida mínima de 0,127 mm. Si la medida no es acorde se debe enviar a rectificar la superficie del múltiple.	
3		
4. Instalación del múltiple		
1	Instalar los tres empaques nuevos en la superficie de conexión del múltiple con la indicación que tiene el empaque hacia el frente del motor	
		
2	Sujetar los tornillos 6 y 7 a mano, luego los tornillos restantes ajustar con un toque de 43-54 lb ft, en la secuencia de ajuste	
		
3	Conectar el sensor de presión del turbocargador y presionar el conector y el	
4	Conectar el sensor de temperatura de aire	
5	Sujetar las abrazaderas y colocarlas en posición	
6	Reconectar la línea de aire del compresor.	

REVISIÓN PERIÓDICA DEL TURBO Y EL ACTUADOR		Versión: 00
AD P3		2020
Elementos:		
Cancho de cadena		
Ensamblaje de trinquete y cadena		
Nexiq USB link 2		
Programa Diagnostic link 8		
Protector del turbocargador J-26554		
Periodicidad		
Cada dos meses revisar el turbocargador, realizar inspección y ajuste al actuador del turboca		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Inspección visual del turbocargador		
1	Revisar tornillos y tuercas sueltas o que no estén	
2	Ductos dañados o que no estén, en la admisión y el escape	
3	Líneas de alimentación y drenaje dañados	
4	Grietas o partes deterioradas en la carcasa del turbocargador	
5	Fugas de aceite o refrigerante	
6	Reemplazar partes dañadas con nuevas	
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Desinstalación del turbocargador		
1	Desconectar y remover los ductos del intercooler en la carcasa del compresor	
2	Desconectar y remover las mangueras de entrada del compresor	
3	Desconectar los ductos de escape del turbocargador	
4	Remover la línea de aceite de la parte superior del ensamblaje	
5	Remover la línea de drenaje de la parte inferior del ensamblaje	
6	Drenar el refrigerante del turbo, desinstalar los ductos del refrigerante	
7	Mediante un sistema de levantamiento de cadena con gancho remover el ensamblaje del turbocargador	
8	Sacar los tornillos del turbocargador del ensamblaje del múltiple de salida	
9	Cubrir la parte de salida de drenaje de aceite, le drenaje de refrigerante, la entrada de aire y las salidas de escape, para prevenir la entrada de contaminantes	
10	Limpiar el exterior del turbocargador con solvente de limpieza antes de desinstalar	
2. Ajuste del actuador		
1	Encender el motor, llevar la temperatura del refrigerante de 88-96°C	
2	Apagar el motor	
3	Configurar la prueba ECM 23533662, cambiar el número del motor en el software 06R1999999	
4	Remover el tubo de entrada que va al turbocargador e instalar el protector del turbocargador J26554A, verificar que el sensor de temperatura de aire de entrada está conectado	
5	Encender el motor	
6	Conectar el Nexiq y abrir el programa en el computador Diagnostic link	
7	Abrir cascada de diagnostico	
8	Seleccionar y abrir el procedimiento de servicio del actuador del turbocargador	
9	Verificar que el tubo de entrada este desinstalado y que la tapa de protección se encuentre instalada	
10	Si el motor está operando, verificar que el aire acondicionado se encuentre desactivado	
11	Hacer clic en comenzar la rutina	
12	Luego de acabar, hacer clic en siguiente	
13	Ajustar la varilla del actuador el número esperado de vueltas que se muestra en la pantalla. En sentido horario será alargar la varilla y en sentido antihorario será acortarla	
14	Repetir la prueba con el software de diagnostico	
15	Cuando se termine el ajuste	
16	Colocar de nuevo el serial del motor	
17	Verificar la reparación.	

	DESMONTE E INSTALACIÓN DEL INTERCOOLER	Versión: 00
	AD-P4	2020
Elementos:		
Juego de llaves brístol		
Juego de copa y rache de 1 in		
Periodicidad		
Anualmente o 120000 km (lo que primero ocurra)		
<i>INTERVENCIÓN</i>		
1. Desmonte intercooler		
1	Aplicar los frenos de parqueo y trabar las llantas del vehículo	
2	Abrir el capó del tractocamión	
3	Cerrar el máster de las baterías	
4	Desajustar los tornillos de las mangueras que conectan el intercooler	
5	Entre dos operarios remover el intercooler	
6	Tapar los tubos que conectan el intercooler	
7	Limpiar los asientos de los inyectores con el disolvente y secar con aire comprimido	
8	Insertar los inyectores nuevos o reparados	
2. Instalación del intercooler		
1	Destapar la tubería que conecta el intercooler	
2	Con dos operarios poner en posición el intercooler	
3	Conectar las mangueras	
4	Ajustar las abrazaderas de las mangueras	

DESMONTE E INSTALACIÓN DEL TURBOCARGADOR		Versión: 00
AD-P5		2020
Elementos:		
Juego de llaves bristol		
Juego de copa y rache de 1 in		
Ensamblaje de trinquete y cadena		
Periodicidad		
En la eventualidad que falle		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Desinstalación del turbocargador		
1	Desconectar y remover los ductos del intercooler en la carcasa del compresor	
2	Desconectar y remover las mangueras de entrada del compresor	
3	Desconectar los ductos de escape del turbocargador	
4	Remover las líneas de aceite de la parte superior del ensamblaje	
5	Remover las líneas de aceite de la parte inferior del ensamblaje	
6	Drenar el refrigerante del turbocargador y desinstalar las conexiones de refrigerante	
7	Mediante un sistema de levantamiento con gancho, levantar el ensamblaje del turbocargador	
8	Remover los tornillos del turbocargador del ensamblaje del múltiple de salida	
9	Cubrir el drenaje de aceite y de refrigerante, la entrada de aire y las salidas de escape	
2. Instalación del turbocargador		
1	Cubrir con una cadena el ensamblaje del turbocargador	
2	Remover partes de empaques sobrantes en los acoples de los múltiples de entrada y salida	
3	Remover partes de empaques sobrantes en los acoples de los ductos de lubricación y refrigerante	
4	Posicionar el turbocargador en el múltiple de escape. Utilizar un nuevo empaque entre el múltiple y el reborde de la carcasa del turbo	
5	Asegurar el turbocargador al reborde de la carcasa. Ajustar los tornillos de la abrazadera para posicionar el turbocargador	
6	Ajustar la manguera de aire del intercooler al ensamblaje de la salida del turbo, posicionarla ajustando las abrazaderas	
7	Ajustar las tuercas del múltiple de escape de 43 a 54 lb ft	
8	Instalar la línea de drenaje de aceite, utilizando un nuevo empaque, entre la entrada inferior de la parte central del turbo. Ajustar los tornillos con un torque 22 a 28 lb ft	

CAMBIAR SPLINDERS DE DIRECCIÓN		Versión: 00
DR-P2		2020
Elementos:		
Juego de llaves bristol		
Juego de copa y rache de 1 in		
Juego de splinters		
Grasa de litio NLG2		
Calibrador de galgas		
Traba rosca Loctite 270		
Periodicidad		
En la eventualidad que falle		
INTERVENCIÓN		
1. Desinstalación del nudillo de la dirección		
1	Apagar el motor, aplicar los frenos de seguridad	
2	Desmontar la rueda y la campana	
2.1	Desinstalar la zapata de frenos	
2.2	Desinstalar el sensor del ABS, y asegurar los cables de forma segura	
2.3	Desconectar las líneas de aire de la cámara y de los trinquetes	
2.4	Desmontar la araña del freno, del eje	
2.5	Desmontar las terminales de las barras de la dirección	
2.6	Desmontar las barras de la dirección	
2.7	Desinstalar el nudillo de la dirección	
3	Remover los pines que mantienen el pasador en sitio, sacar los platos	
4	Revisar la orientación de las guías que se encuentran en el pasador	
5	Remover las cuñas que traban el pasador	
6	Desmontar los espaciadores	
7	Golpear hacia abajo el pasador del splinters hasta que salga de los agujeros	
1. Instalación del nudillo de la dirección		
1	Limpiar los agujeros del nudillo. Revisar la presencia de estrías, picaduras y rayones. Si se encuentran daños profundos, cambiar el componente.	
2	Instalar el sello de aceite, en agujero superior del pasador	
3	Instalar los nuevos rodamientos, en los agujeros inferiores del nudillo	
4	Instalar parcialmente el pasador del splinder, teniendo la seguridad que las arandelas del splinters se encuentren alineadas	
5	Alinear el nudillo con el eje, verificar la tolerancia en el agujero del eje y el agujero superior del nudillo sea máximo 0,18 mm.	
6	Instalar completamente el pasador, asegurándose que los rodamientos y las arandelas se encuentren alineados	
7	Instalar las cuñas en los agujeros superior e inferior	
8	Instalar los sellos de grasa de los platos	
9	Instalar las terminales de los brazos de la dirección, aplicando traba rosca	
10	Loctite 277, apretando a 427 lbf ft	
11	Instalar la araña de los frenos	
12	Instalar las cámaras de aire y el trinquete del freno	
13	Instalar el sensor de freno ABS	
14	Instalar las zapatas de freno	
15	Instalar la campana de freno	
15	Instalar el ensamblaje de la rueda	
4. Instalación del muelle		
1	Instalar el soporte del grillete, ajustar los tornillos de ajuste con un torque de 190	
2	Lubricar los tornillos centrales del muelle y los bujes del muelle	
3	Ubicar los soportes del muelle	
4	Instalar el muelle, donde el tornillo central se ubique en el agujero del eje	
5	Ajustar las grapas del eje	
6	Ajustar los extremos del muelle, en los soportes	
7	Ajustar el muelle en el soporte del grillete	
8	Instalar la rueda y el neumático	

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL PARA EL ACEITE DE DIRECCIÓN, TIEMPO DE USO Y CAMBIO DEL FILTRO DE LA DIRECCIÓN		Versión: 00
DR-P1		2020
Elementos:		
Un galón de aceite Dexron III		
Filtro de caja de dirección		
Gato neumático		
Gato de botella de 30 ton		
Crucetas de 1 in		
Periodicidad		
La revisión de la dirección, cada tres meses		
Cambio de aceite de la dirección, cada año		
INSPECCIÓN		
1. Inspección de la columna de la dirección		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, activar el freno de parqueo	
2	Tener a alguien que gire el manubrio de izquierda a derecha, observar el movimiento entre la rótula y el brazo que conecta al brazo de la dirección	
3	Observar la rótula del brazo de la dirección	
4	Verificar la columna de dirección, las barras de dirección, verificando grietas, quiebres y otros daños. Reemplazar los componentes que sean necesarios	
5	Sujetar las barras y realizar movimientos hacia todos los sentidos para buscar juego en las conexiones de las barras.	
INTERVENCIÓN		
1. Cambio de aceite y cambio del filtro		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, apagar el motor y activar los frenos de parqueo	
2	Ubicar un recipiente limpio, remover la manguera de retorno del engrane de la	
3	Soltar la abrazadera y remover la coraza del filtro	
4	Quitar el filtro, no utilizar pinzas para remover el filtro	
5	Reinstalar la manguera del engrane de la bomba de dirección. Levantar el frente	
6	Instalar un nuevo filtro en el tanque de la dirección	
7	Limpiar la carcasa del tanque. Revisar el empaque de la carcasa, reemplazar el empaque si es necesario	
8	Instalar la carcasa del tanque	
9	Instalar las abrazaderas, asegurar con torque de 25 a 30 lbf ft	
10	Utilizar líquido de dirección con especificación Dexron III	
11	Encender el motor y con revoluciones de ralentí, girar el manubrio de izquierda a	
12	Verificar fugas de aceite	
2. Desinstalación de la columna de dirección para cambio de las crucetas		
1	Posicionar las llantas hacia adelante	
2	Apagar el motor, aplicar los frenos de parqueo, y alzar el capó	
3	Desconectar las abrazaderas del guardabarros de la columna	
4	Desde adentro de la cabina, desconectar la unión universal de la parte superior	
5	Desconectar la parte inferior de la unión inferior	
6	Remover la columna de la dirección	
7	Cambiar las crucetas	

	CAMBIO DE TERMINALES DE LOS BRAZOS DE LA DIRECCIÓN	Versión: 00
	DR-P3	2020

Elementos:
 Juego de llaves bristol
 Juego de copa y rache de 1 in
 Juego de terminales (uniones de bola)
 Traba rosca Loctite 270

Periodicidad
 En la eventualidad que falle

INTERVENCIÓN

1. Cambio de terminales del brazo de la dirección

- | | |
|---|--|
| 1 | Apagar el motor, aplicar los frenos de seguridad |
| 2 | Desmontar la rueda y la campana |
| 3 | Desmontar las terminales de las barras de la dirección del nudillo de la dirección en ambas ruedas |
| 4 | Sostener el brazo de la dirección mediante la prensa, para desajustar la terminal del brazo |
| 5 | Desinstalar las terminales de la dirección mediante una llave de tubo mediana |
| 6 | Instalar las nuevas terminales, mediante traba rosca Loctite 270, ajustar a 427 lbf ft |
| 7 | Ajustar las terminales en los nudillos de ambas ruedas delanteras |
| 8 | Instalar las ruedas |

	CAMBIO DE CRUCETA DEL BRAZO DESLIZANTE	Versión: 00
	DR-P4	2020

Elementos:
 Cruceta para la columna de dirección
 Juego de copa y rache de 1 in

Periodicidad
 En la eventualidad que falle

INTERVENCIÓN

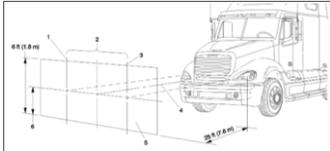
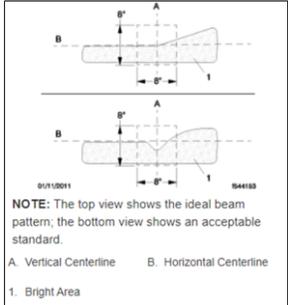
1. Cambio de cruceta del brazo deslizante

- | | |
|---|--|
| 1 | Apagar el motor, aplicar los frenos de seguridad |
| 2 | Abrir el capó |
| 3 | Bloquear las llantas delanteras |
| 4 | Remover los dados de la cruceta gastada |
| 5 | Desmontar el cuerpo de la cruceta |
| 6 | Quitar un dado de la cruceta desgastada, instalarla en unión de la columna |
| 7 | Instalar los dados, donde la unión sujete los extremos de la columna de la dirección |

	DESMONTE E INSTALACIÓN DEL ENSAMBLAJE DE LA BOMBA	Versión: 00 2020
	DR-P5	
Elementos:		
Cruceta para la columna de dirección		
Juego de copa y rache de 1 in		
Periodicidad		
En la eventualidad que falle		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Desmonte de bomba de dirección		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, apagar el motor y activar el freno	
2	Levantar el eje delantero mediante un gato neumático	
3	Desmontar las ruedas delanteras	
4	Desconectar las abrazaderas de ambos extremos, no volver a utilizar estas abrazaderas	
5	Desmontar las conexiones de la columna de la dirección de ambas uniones	
6	Desmontar la bomba de ambos extremos	

	INSPECCIÓN VISUAL SE DEBEN REALIZAR REVISIONES DEL ESTADO DE LA PINTURA Y LA CARROCERÍA, PARA EVIDENCIAR PUNTOS DE CORROSIÓN Y DAÑO EN LA PINTURA. DE IGUAL MANERA REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS SILLAS Y LOS CINTURONES.	Versión: 00 2020
	CR-P1	
Elementos:		
Lija seca N80		
Pintura de altos solidos de poliuretano		
Máquina de encerar		
Copa de 11/16 in		
Rache de ½ in		
Periodicidad		
Lavado de la cabina y el chasis cada mes		
Revisión de la silla (diariamente por el conductor)		
Revisión del cinturón (diariamente por el conductor)		
Encerar cada año		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Inspección visual chasis y cabina		
1	Por una inspección rutinaria del operario, se debe revisar la apariencia de la	
2. Inspección de la silla del conductor		
1	Debe ser inspeccionada por el conductor, donde revise puntos de silla, como el cojín de la espalda, los botones de ajuste de altura, de la inclinación de la silla, los botones de avance y retroceso. Verificar que la silla mantenga la altura e inclinación deseada. Cualquier arreglo que se debe realizar a la silla, el procedimiento es realizado por un proveedor autorizado.	
3. Inspección del cinturón		
1	Revisar si el cuerpo del cinturón se encuentra deshilachado, cortes, polvo o suciedad excesiva, zonas debilitadas por exposición al sol	
2	Revisar la operación del trinquete del cinturón, que retraiga el cuerpo del cinturón	
3	Asegurarse que el cinturón se enganche bien con el seguro.	
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Pintura		
1	Lavar la superficie	
2	Alisar la superficie con lija 80	
3	Se aplica capas de anticorrosivo, se espera 20 minutos	
4	Se aplica pintura, se espera 1 hora	
2. Cambio del cinturón		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, activar el freno de parqueo	
2	Utilizar una copa de 11/16 in, desajustar los tornillos del soporte del cinturón	
3	Utilizar la copa para desajustar el retractor del cinturón	
4	Instalar el retractor del cinturón	

MEDICIÓN DEL VOLTAJE DE LAS BATERÍAS, OBSERVAR LA POSICIÓN Y AJUSTE DE LAS TERMINALES		Versión: 00 2020
EL-P1		
Elementos:		
Grasa dieléctrica		
Esmalte dieléctrico rojo		
Amperímetro con pinza		
Multímetro		
Copa de ½ in		
Periodicidad		
Semestral		
INSPECCIÓN		
1. Inspección de voltaje del circuito, el voltaje y corriente del alternador		
Utilizar un multímetro digital, configurar a un rango de 2-20VDC para medir el voltaje de circuito abierto de las baterías		
1	<p style="font-size: small;">020697 1. Battery 2. Digital Voltmeter</p>	
2 Verificar la salida del alternador		
Iniciar el motor y alcanzar una velocidad de 1500 RPM durante tres o cinco minutos hasta que la velocidad se estabilice		
2,1		
2,2	Conectar la terminal positiva del multímetro a la terminal del alternador	
2,3	Conectar la terminal negativa del multímetro a la terminal negativa del alternador	
2,4	Verificar que el voltaje este dentro 13,8 V a 14,2 V	
3	Verificar la salida del alternador	
<p style="font-size: small;">021198 A. Locate the ammeter at least 6 inches (15 cm) away from the alternator. 1. Battery 2. Ammeter 3. Digital Voltmeter 4. Alternator 5. Cranking Motor 6. Solenoid</p>		
3,1	Anclar la pinza del amperímetro alrededor del cable positivo	
3,2	Con el motor a 1500 RPM, encender los siguientes accesorios para cargar el	
3,2,1	Ventiladores delanteros y traseros en alto	
3,2,2	Luces altas	
3,2,3	Luces de navegación	
4	Realizar una prueba de corriente de salida del alternador	
Anclar la pinza del amperímetro al cable de salida del alternador		
4,1		
4,2	Encender el motor, con los accesorios eléctricos apagados, ajustar el motor a	
INTERVENCIÓN		
1. Desmontar		
Parquear el vehículo en una superficie plana, pagar todos los accesorios y las luces, aplicar el freno de parqueo		
1		
2	Apagar el máster de las baterías o desconectar las baterías	
3	Abrir el capó	
4	Desconectar los cables del alternador. Marcar las terminales y los cables de	
Utilizar una copa de ½ in al tensor de la correa y aflojar la correa para que pueda ser desmontada		
5		
Sostener el alternador y quitar los cuatro tornillos de anclaje. Desmontar el alternador		
6		
2. Instalación		
1	Ubicar el alternador en la posición de montaje y sostenerlo mientras se colocan	
2	Ajustar los tornillos de anclaje del alternador con un torque de 31 a 39 lbf ft	
3	Utilizar una copa de ½ in para ajustar el tensor de la correa	
4	Conectar los cables del alternador	
4,1	El cable de las baterías debe tener un torque de 80 a 120 lbf in	
4,2	El cable de las baterías debe tener un torque de 50 a 60 lbf in	
5	Rociar con esmalte dieléctrico las conexiones expuestas	
6	Encender el máster de las baterías, o conectar las baterías	
7	Antes de iniciar operación de vehículo verificar la corriente del alternador, que	
8	Cerrar el capó	

REVISIÓN Y AJUSTE DE LAS UNIDADES DE LUCES		Versión: 00 2020
EL-P2		
Elementos:		
Juego de llaves 1/2		
Periodicidad		
Semestral		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de dirección de las luces		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana al frente de una pared con una distancia de 7,6 m. Apagar el motor, aplica el freno de parqueo y trabar las llantas delanteras.	
		
2	Para cada unidad buscar el centro del foco	
3	Medir las distancias del suelo al centro de cada bombillo de luces bajas. Anotar estas distancias	
4	En la pantalla o pared, realizar las marcas como se ve en la figura anterior, marcar la ubicación de las luces de la unidad, registrar las medidas encontradas	
5	Encender las luces bajas, verificar los patrones acertados de cada unidad.	
	 <p>NOTE: The top view shows the ideal beam pattern; the bottom view shows an acceptable standard.</p> <p>A. Vertical Centerline B. Horizontal Centerline</p> <p>1. Bright Area</p>	
INTERVENCIÓN		
1. Ajustar		
1	Levantar la tapa trasera de la base plástica de la unidad	
2	Con el vehículo parqueado a 7,6m de la pared o la pantalla, activar las luces bajas y girar los pines de ajuste en la misma cantidad, realizar este procedimiento hasta que los patrones de las luces lleguen al patrón adecuado.	
3	Remover los tacos de las ruedas delanteras	

CAMBIO DE BATERÍAS		Versión: 00 2020
EL-P3		
Elementos:		
Cruceta para la columna de dirección		
Juego de copa y rache de 1 in		
Periodicidad		
En la eventualidad que falle		
INTERVENCIÓN		
1. Cambio de baterías		
1	Desconectar las baterías	
2	Limpiar los cables y las abrazaderas	
3	Revisar la caja de las baterías, reemplazar las partes dañadas, remover cualquier corrosión que se presente, con una grata manual y soda caustica	
4	Revisar objetos extraños, como piedras, tornillos o tuercas que puedan causar desviación de corriente	
5	Instalar las baterías nuevas y ajustar los terminales de los cables a un torque entre 10 a 15 lbf ft	
6	Cubrir los tornillos de las baterías con grasa dieléctrica	

LA UTILIZACIÓN DE LÍQUIDO REFRIGERANTE, CONTROLES PARA EL CAMBIO PERIÓDICO		Versión: 00
EN-P1		2020
Elementos:		
Barómetro de radiador		
Líquido refrigerante rojo		
Periodicidad		
Cada año cambiar el refrigerante		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Revisión de presión de la tapa del tanque		
1	Retirar la tapa de llenado del tanque, luego remover la tapa SAE.	
2	Utilizar un barómetro de radiador. Verificar que la tapa mantenga un 10% de la presión marcada en la tapa.	
3	En el radiador se encuentra una segunda válvula en la tapa que actúa en vacío. Esto previene el daño de mangueras y otras partes. Revisar la válvula de alivio	
4	Asegurarse que la tapa cierre correctamente y no se produzcan fugas. Fijarse que la empaquetadura se encuentre en perfecto estado.	
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Drenado		
1	Parquear el vehículo, aplicar los frenos de parqueo y bajar el capó	
2	Ubicar un recipiente debajo del codo del radiador. El recipiente debe almacenar por lo menos 57 litros	
3	Remover la tapa del tanque auxiliar	
4	Remover los tapones de drenaje, en el tanque y el codo del radiador	
5	Permitir que el drenaje del refrigerante	
6	Instalar los tapones de drenaje	
2. Llenado		
1	Asegurarse que los tapones de drenaje se encuentren bien sujetos	
2	Llenar el sistema en tanque auxiliar hasta que nivel se ubique entre las líneas de mínimo y máximo.	

	INSPECCIÓN PERIÓDICA DEL ESTADO DE MANGUERAS	Versión: 00 2020
	EN-P2	
Elementos:		
Destornillador de pala		
Periodicidad		
Revisión diaria del conductor		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de mangueras		
1	Revisar las mangueras del radiador, revisar condiciones de desgaste o corte.	
2	Revisar las abrazaderas que tengan buen ajuste y no se encuentren corroídas	
3	Asegurarse que las abrazaderas se encuentran bien sujetas.	

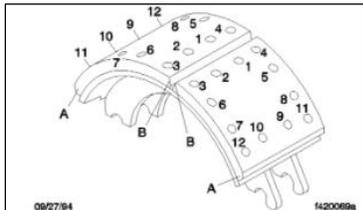
	INSPECCIÓN PERIÓDICA DEL ESTADO DE LOS TERMOSTATOS	Versión: 00 2020												
	EN-P3													
Elementos:														
Empaques para los termostatos														
Instalador de empaques de termostato, tapón de caucho														
Varilla de sujeción														
Martillo														
Loctite, silicona sellante														
Periodicidad														
Semestral														
INTERVENCIÓN														
1. Desmontar														
1	Abrir lentamente la tapa de presión de refrigerante													
2	Abrir el grifo de drenaje ubicado en el armazón del termostato													
3	Drenar el refrigerante hasta que el nivel se encuentre por debajo del nivel del													
4	Aflojar las abrazaderas y las mangueras conectadas en el armazón del													
5	Sacar las mangueras del armazón del termostato													
6	Desconectar las líneas de aireación o cualquier otra conexión que se encuentre en el armazón													
7	Desajustar los cuatro tornillos de armazón													
8	Sacar el armazón del motor													
9	Sacar los termostatos del armazón													
10	Quitar los empaques del termostato													
2. Inspección de los termostatos														
1	Revisar visualmente las partes cedencia o daños													
2	Revisar visualmente buscando grietas o daños													
3. Prueba de termostatos														
1	Ingresar el termostato en un contenedor metálico lleno de agua													
2	Ubicar un termómetro, teniendo cuidado que no toque la base del recipiente													
3	Aumentar la temperatura de recipiente. Esperar por lo menos 10 minutos para que el termostato actúe, antes de determinar si el termostato activa correctamente o no.													
4	Al incrementar la temperatura el termostato comenzara a abrir													
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nominal Opening Temperature (Stamped on the Thermostat)</th> <th>Thermostat Start-to-Open Temperature Range</th> <th>Fully Open Temperature</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>71°C (160°F)</td> <td>69-73°C (156-163°F)</td> <td>82°C (179°F)</td> </tr> <tr> <td>82°C (180°F)</td> <td>80-84°C (176-183°F)</td> <td>92°C (197°F)</td> </tr> <tr> <td>88°C (190°F)</td> <td>86-89°C (186-193°F)</td> <td>97°C (207°F)</td> </tr> </tbody> </table>		Nominal Opening Temperature (Stamped on the Thermostat)	Thermostat Start-to-Open Temperature Range	Fully Open Temperature	71°C (160°F)	69-73°C (156-163°F)	82°C (179°F)	82°C (180°F)	80-84°C (176-183°F)	92°C (197°F)	88°C (190°F)	86-89°C (186-193°F)	97°C (207°F)
Nominal Opening Temperature (Stamped on the Thermostat)	Thermostat Start-to-Open Temperature Range	Fully Open Temperature												
71°C (160°F)	69-73°C (156-163°F)	82°C (179°F)												
82°C (180°F)	80-84°C (176-183°F)	92°C (197°F)												
88°C (190°F)	86-89°C (186-193°F)	97°C (207°F)												
4. Instalación del termostato														
1	Posicionar el nuevo empaque en la herramienta para instalarlo													
2	Sostener el termostato en una mesa de trabajo para que se encuentre a un nivel plano													
3	Insertar la guía del empaque en el armazón del termostato													
4	Conducir el sello dentro del agujero del termostato hasta la parte inferior. Rotar													
5	Ubicar los termostatos, ingresar al armazón													
6	Asegurarse que la superficie de conexión con culata se encuentre limpia y seca													
7	Instalar el armazón del termostato en la superficie de la culata, ajustando los cuatro tornillos con un torque de 43 a 54 lb ft													
8	Instalar las mangueras de refrigerante y ajustar las abrazaderas													
9	Aplicar silicona Loctite con teflón													
10	Instalar y ajustar el cerrojo de drenaje													
11	Instalar todas conexiones removidas													
12	Rellenar el sistema de refrigerante													
13	Verificar la instalación													

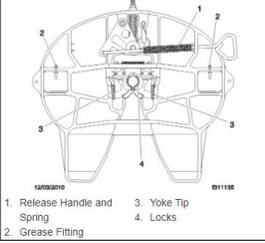
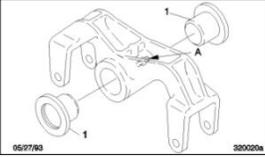
INSPECCIÓN DEL SOLENOIDE DE ACTIVACIÓN, EL SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE Y DEL INTERRUPTOR DE ENCENDIDO DEL EMBRAGUE DEL VENTILADOR EN-P4		Versión: 00 2020
Elementos:		
Empaquetadura de embrague ventilador Horton drive line		
Trinquete de levante		
Solvente de limpieza		
Periodicidad		
Cada dos meses		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de funcionamiento		
1	Desconectar las baterías de las terminales negativas, drenar todo el aire del sistema	
2	Revisar las conexiones eléctricas y el solenoide. Asegurar las conexiones si se encuentran sueltas, reemplazar los conectores si están dañados	
3	Limpiar el filtro del solenoide	
3,1	Desatornillar el filtro del solenoide	
3,2	Limpiar el elemento filtrante con un solvente de limpieza	
3,3	Reensamblar el cuerpo del solenoide y reinstalar	
4	Revisar el ventilador, buscar grietas o daños en cualquiera de las hojas.	
5	Verificar la correa del ventilador, verificando que no se encuentre cedida o	
6	También verificar la alineación y tensión	
7	Revisar la carcasa frontal del embrague, que no se encuentre cedida más 4,8	
8	Verificar que no haya manchas de aceite o zonas quemadas.	
9	Conectar los cables de las baterías. Encender el motor, cargar el sistema a 120 psi. Apagar el motor. Inspeccionar por el sonido, fugas de aire.	
10	Si una fuga es detectada, desmontar el ventilador. Con una solución de agua y jabón buscar las fugas de aire. Instalar un nuevo juego de empaquetadura	
11	Verificar de la siguiente forma el interruptor del tablero con el siguiente procedimiento	
11,1	Conectar los cables del solenoide	
11,2	Apagar el solenoide	
11,3	Encender el motor y cargar el sistema a 120 psi. La revisión debe ser realizada	
11,4	Colocar el interruptor en ON	
11,5	Aplicar el penal de freno y activar los frenos de parqueo	
11,6	Colocar el interruptor en apagado y aire debe escapar del sistema y el	
INTERVENCIÓN		
1. Desmontar		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, apagar el motor activar los frenos de parqueo	
2	Drenar los tanques de aire	
3	Alzar el capó	
4	Desconectar la manguera del lado izquierdo del intercooler	
5	Desmontar las correas del motor	
6	Desconectar la línea de aire del cubo de aire	
7	Desmontar el ventilador	
8	Desmontar el ensamblaje del embrague del motor	
2. Instalación		
1	Utilizar un trinquete de levantamiento para ubicar el embrague en posición de	
2	Colocar los tornillos	
3	Instalar las correas	
4	Conectar la línea de aire al embrague	
5	Instalar el ventilador, ajustar los tornillos del ventilador	
6	Ajustar los tornillos M8 del embrague con un torque de 15 lbf in	
7	Conectar la manguera del lado izquierdo del intercooler	
8	Bajar el capó	

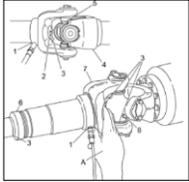
PROCEDIMIENTOS PARA LA REVISIÓN DEL ESTADO DEL SILENCIADOR, LOS CODOS Y ABRAZADERAS DE LOS TUBOS DE ESCAPE.		Versión: 00 2020
ES-P1		
Elementos:		
Juego de copas ½ in		
Periodicidad		
Cada tres meses		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de funcionamiento		
1	Verificar la condición del muelle y de la parte superior. Verificar los tubos de entrada y salida que no se encuentren con fugas, abolladuras, cedencia o corrosión, inspeccionar que el muelle. Reemplazar las partes si se requiere.	
2	Verificar la manguera de escape que no presente fugas, cedencia o daño	
3	Inspeccionar los codos de la salida del escape	
4	Verificar que no se encuentre fugas, que los tornillos se encuentren bien apretados con un torque de 85 lbf in. Si las fugas continúan, instalar un nuevo	
5	Revisar la tubería de salida	
6	Verificar las abrazaderas	

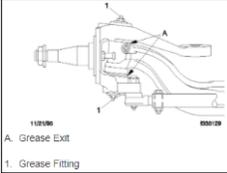
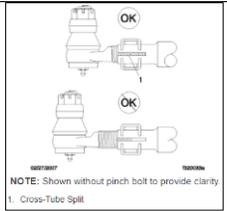
	REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR.	
	FR-P1	Versión: 00 2020
Elementos:		
Juego de copas ½ in		
Periodicidad		
Cada dos meses		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de funcionamiento		
1	Revisar las mangueras de entrada al compresor y todas las conexiones a la entrada de aire, buscar que no tengan ningún daño. Si es necesario, cambiar las mangueras o ajustar correctamente en su posición.	
2	Inspeccionar el ajuste en el suministro de refrigerante y las líneas de retorno. Ajustar las conexiones y reemplazar las líneas si es necesario	
3	Para el gobernador de aire, revisar las tuberías y las conexiones que no presenten fugas. Cambiar los cauchos y cualquier componente defectuoso. El compresor debe entregar una presión de 100 a 120 psi.	
INTERVENCIÓN		
1. Desmontar		
1	Aplicar los frenos de servicio y subir el capó	
2	Drenar el sistema de aire	
3	Utilizar un solvente de limpieza, remover tierra, polvo y grasa de la parte exterior	
4	Drenar refrigerante del radiador	
5	Aflojar con torque constante los tornillos de ajuste de las abrazaderas. Remover la tubería para acceder al compresor	
6	Marcar las posiciones de las tuberías, desconectar todas las tuberías de conexión al compresor	
7	Desmontar el gobernador de la carcasa del compresor	
8	Sostener el compresor y quitar los tornillos que lo anclan al soporte auxiliar	
9	Desechar todos los empaques.	
2. Instalación		
1	Instalar los empaques de conexión, insertar los tornillos que anclan el compresor	
2	Instalar una nueva empaquetadura del gobernador	
3	Conectar todas las líneas al compresor	
4	Instalar las tuberías de aire y refrigerante, además las tuberías de salida de aire con un torque de 45 lbf in	
5	Rellenar el sistema de refrigerante	
6	Encender el motor y verificar fugas	
7	Desactivar los frenos y bajar el capó	

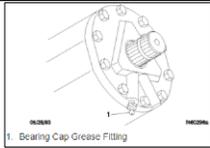
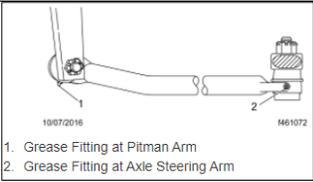
REVISIÓN E INSPECCIÓN DE PRESIÓN DE AIRE EN VÁLVULAS		Versión: 00																
FR-P2		2020																
Elementos:																		
Juego de copas ½ in																		
Multímetro																		
Periodicidad																		
La revisión de los frenos se debe realizar cada 15 días																		
El cambio de secador se debe realizar cada 563 000 km																		
INSPECCIÓN																		
1. Revisión del freno de parqueo																		
1	Con el motor encendido, con la presión de servicio, activar los frenos de servicio																	
2	Poner el vehículo en el primer cambio como si se fuera mover hacia adelante. El vehículo no se puede mover. Si el vehículo se mueve, el freno de parqueo no																	
2. Revisión de los componentes del freno																		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, activar los frenos de servicio. Una vez las llantas estén trancadas con tacos, activar los frenos de servicio																	
2	Con el motor apagado y 100 psi en el tanque de alimentación, con ayuda de un Verificar si al activar las cámaras, al salir el vástago del cilindro muestra indicador. Si es así el ensamblaje del freno debe tener alguna avería y se debe reparar de inmediato																	
3	Medir la distancia recorrida por el vástago para ser comparada con los patrones estándar del fabricante																	
4	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Especificaciones de la carrera de la cámara</th> </tr> <tr> <th>Fabricante</th> <th>Tipo</th> <th>Tamaño</th> <th>Máxima carrera (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Meritor</td> <td>Estándar</td> <td>24</td> <td>Menos de 48</td> </tr> <tr> <td>Estándar</td> <td>30</td> <td>Menos de 51</td> </tr> </tbody> </table>			Especificaciones de la carrera de la cámara				Fabricante	Tipo	Tamaño	Máxima carrera (mm)	Meritor	Estándar	24	Menos de 48	Estándar	30	Menos de 51
Especificaciones de la carrera de la cámara																		
Fabricante	Tipo	Tamaño	Máxima carrera (mm)															
Meritor	Estándar	24	Menos de 48															
	Estándar	30	Menos de 51															
6	Encender el motor y levantar una presión de al menos 100 psi. Apagar el motor																	
7	Revisar el ensamblaje del freno, verificando daño, cedencia, partes faltantes o flojas.																	
8	Reparar si se necesita.																	
3. Inspección del filtro secador																		
1	Parquear el vehículo en una superficie plana y aplicar los frenos de parqueo. Apagar el motor.																	
2	Verificar que humedad en los drenajes. observar si se presenta humedad en las líneas de descarga. si se observa un líquido lechoso y gris, lo cual indica exceso																	
3	Observar daños externos en el secador y observar bases flojas en la base del																	
4	Abrir el interruptor																	
5	Desconectar la línea eléctrica del secador																	
6	Conectar un multímetro al cable del secador con apuntado a un cuerpo de tierra. Verificar el voltaje de la batería. Si no se encuentra voltaje reparar cables sueltos o corroídos																	
7	Medir las resistencias entre las terminales y la cubierta del secador. La cubierta contiene termostatos, si se encuentran a temperatura de 5 a 32°C la resistencia será infinita. Si la resistencia marca un valor que no sea infinito se deben cambiar los termostatos																	
INTERVENCIÓN																		
1. Desmontar																		
1	Sacar el filtro secador																	
2	Remover el empaque de la válvula de chequeo																	
3	Remover el armazón de la válvula de purga																	
4	Sacar el armazón del termostato																	
5	Desarmar el ensamblaje de la válvula de purga																	
6	Quitar los tornillos faltantes																	
7	Remover el empaque de la cubierta exterior																	
8	No remover la válvula de seguridad a no ser que se encuentre defectuosa																	
9	Remover el elemento filtrante del secador																	
2. Instalación																		
1	Lubricar los empaques con grasa en base de bario																	
2	Instalar el armazón de termostato																	
3	Armar el armazón de purga																	
4	Instalar los empaques de la válvula de cheque instalar la cubierta del filtro secador.																	
5	Ajustar con un torque de 200 a 250 lbf in																	
6	Instalar el elemento filtrante dentro de la cubierta																	
7	Conectar los cables eléctricos al secador																	
8	Probar la correcta funcionalidad del secador.																	

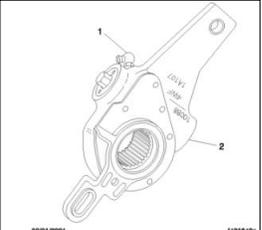
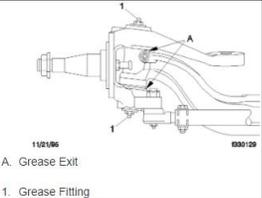
REVISIÓN E INSPECCIÓN DE LAS BANDAS, LOS MECANISMOS DE FRENO, RESORTE, LEVA		Versión: 00
FR-P3		2020
Elementos:		
Calibrador de galgas		
Remachadora de freno		
Remaches 9-10		
Bandas de freno		
Solvente de limpieza		
Periodicidad		
Se debe realizar el procedimiento, cuando se realiza la inspección del vástago de la cámara y se puede observar el indicador		
Quincenalmente medir las bandas y verificar que no lleguen a la muesca de indicación		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Revisión del ensamblaje freno en la rueda		
1	Remover las zapatas de freno	
2	Inspeccionar la campana de freno	
2,1	Reemplazar campanas de frenos agrietadas	
2,2	Utilizar un medidor de campana para verificar su ancho	
3	Desconectar el trinque de freno	
4	Verificar el movimiento libre del eje de leva, medir la tolerancia de la leva, cambiar los buies de la leva	
5	Desmontar el trinquete de freno	
6	Inspeccionar daños en los trinquetes. Por medio de un torquímetro, realizar una Si existe alguna restricción o se necesita más de 25 lbf in para girar el graduador, reemplazar el trinquete	
7	Desmontar el eje de leva	
8	Verificar que el eje no tenga grietas, daños o hilos de rosca dañados	
9	Remover los pernos de la cámara de freno	
10	Quitar el empaque separador de la cámara	
11	Desmontar la araña de freno y los pernos que la ajustan, inspeccionar la araña si se encuentra con los agujeros pasantes de los pernos cedidos o con fractura,	
12		
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Cambio de bandas		
1	Bajar las zapatas de freno	
1,1	Por medio de una remachadora desprender los remaches de la zapata	
1,2	Separar la banda de freno de la zapata	
2	Verificar que la zapata se encuentre libre de corrosión, agujeros de los	
3	Si es necesario limpiar con solvente de limpieza	
4	Instalar las bandas de freno en la zapata, utilizando la remachadora con el	
 <p style="text-align: center;">09/27/84 1420089a</p>		

Componente	Ubicación	Lubricante recomendado
Lubricación de la quinta rueda	 <p>12032010 011135</p> <p>1. Release Handle and Spring 2. Grease Fitting 3. Yoke Tip 4. Locks</p>	Grasa 5213
Lubricación de la suspensión	 <p>0527782 320020a</p> <p>1. Grease Fitting A. Grease Exit</p>	NLGI 2 grasa de litio

Componente	Ubicación	Lubricante recomendado
Lubricación de los cardanes		NLGI 2 grasa de litio
Lubricación del soporte del eje de leva	 <p>10070106 1020711</p> <p>A. Grease Exit 1. Brake Chamber Slack Adjuster 2. Grease Fitting 3. Non Pressure Relief Grease Fitting</p>	NLGI 2 grasa de litio

Componente	Ubicación	Lubricante recomendado
Nudillo de la dirección	 <p>110106 030129</p> <p>A. Grease Exit 1. Grease Fitting</p>	NLGI 2 grasa de litio
Lubricación de la barra transversal de dirección	 <p>00070007 000000a</p> <p>NOTE: Shown without pinch bolt to provide clarity 1. Cross-Tube Split</p>	NLGI 2 grasa de litio

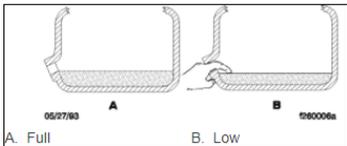
Componente	Ubicación	Lubricante recomendado
Lubricación de la columna de dirección	 <p>042000 100000a</p> <p>1. Bearing Cap Grease Fitting</p>	NLGI 2 grasa de litio
Lubricación del brazo de la dirección	 <p>10/07/2016 1461072</p> <p>1. Grease Fitting at Pitman Arm 2. Grease Fitting at Axle Steering Arm</p>	NLGI 2 grasa de litio

Componente	Ubicación	Lubricante recomendado
<p>Lubricación del trinquete</p>	 <p>02012001 1421606</p> <p>1. Grease Fitting 2. Slack Adjuster</p>	<p>Lubricante sintético SHC 460</p>
<p>Lubricación del splinder</p>	 <p>1121406 030120</p> <p>A. Grease Exit 1. Grease Fitting</p>	<p>NLGI 2 grasa de litio</p>

REVISIÓN DEL ESTADO DE LA JUNTA DEL CÁRTER		Versión: 00 2020
LB-P2		
Elementos:		
Juego de llaves de ½ in		
Desengrasante Permatex		
Sellador RTV		
Periodicidad		
Cada mes		
INSPECCIÓN		
1. Revisión		
1	La revisión la realiza de manera diaria verificando que el cárter no este mojado de aceite	
INTERVENCIÓN		
1. Desmote		
1	Remover el tapón de drenaje y drenar todo el aceite	
2	Remover el tapón de drenaje y drenar todo el aceite	
3	Desmontar el cárter, teniendo cuidado de no dañar la bomba de aceite	
4	Remover e inspeccionar el empaque cárter	
2. Limpieza		
1	Limpiar el aceite	
2	Secar con aire comprimido	
3	Limpiar todas las superficies, del bloque, la carcasa del volante, utilizar el desengrasante Permatex	
3. Instalación		
1	Insertar en el empaque la pestaña elevada del cárter, presionarlo para que quede bien sujeto en el cárter	
2	Colocar la camisa espaciadora de cada agujero	
3	Colocar los diez tornillos del cárter	
4	Asegurarse que las superficies del bloque, la carcasa de engranes además del volante, se encuentren limpias	
5	Agregar una capa de 3 mm de sellador RTV	
6	Ajustar según la secuencia	

REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS MANGUERAS DEL ACEITE		Versión: 00 2020
LB-P3		
Periodicidad		
Diaria por parte del conductor		
INSPECCIÓN		
1. Revisión		
1	Se debe parquear le vehículo una superficie plana y limpia	
2	Identificar la parte con fuga	
3	Limpiar la parte afectada	
4	Limpiar los ejes y las partes manchadas	
5	Conducir el vehículo	
6	Verificar que la reparación de la fuga quedo solucionada	
7	Verificar que las mangueras de desagüe se encuentren bien orientadas	
8	Verificar el ajuste de las abrazaderas	
9	Observar el estado de las mangueras que no se encuentre cedidas o cortadas	
10	Remplazar mangueras que se encuentren dañadas	

PRUEBAS DE ACEITE PARA DETERMINAR EL KILOMETRAJE CORRECTO PARA REALIZAR EL CAMBIO		LB-P4	Versión: 00 2020
Elementos:			
Bomba de vacío IU5718			
Recipiente para muestra			
Mangueras			
Periodicidad			
10.000 km			
15.000 km			
17.000 km			
18.000 km			
INSPECCIÓN			
1. Toma de muestra			
1	Apague el motor. Se debe cortar una longitud precisa de tubo, para que llegue a la mitad de la profundidad del aceite		
2	Insertar el tubo por la cabeza de la bomba y apretar la tuerca de retención. EL		
3	Accionar la manija para crear un vacío. Mantener la bomba en orientación vertical, si voltea se puede contaminar el aceite		
4	Saque el tubo de comportamiento. Sacar la botella de la bomba, marcar el		
INTERVENCIÓN			
1. Cambio del filtro de aceite			
1	Llenar los filtros con aceite limpio y pasar una capa fina de aceite en el empaque		
2	Instalar los filtros nuevos en los adaptadores, fijarlos hasta el contacto del empaque sea completo y no se presente movimiento. Luego girar adicionalmente 2/3 de vuelta con la mano, como indicado en el filtro		
3	Encender el motor y verificar fugas		
4	Remover e inspeccionar el empaque cárter		

CONTROL DEL ACEITE DE CAJA Y LA TRANSMISIÓN, CON LOS FILTROS		LB-P5	Versión: 00 2020
Elementos:			
Aceite para caja de velocidad 80W-90			
Aceite para la transmisión 85W-140			
Periodicidad			
Cada año			
INSPECCIÓN			
1. Cambio de aceite de caja de velocidades			
1	Drenar el aceite de transmisión cuando está caliente. Si no se encuentra caliente encender el motor hasta que el aceite se encuentre a temperatura de		
2	Configurar la caja en neutro y apagar el motor		
3	Parquear el vehículo en una superficie plana, aplicar los frenos de parqueo.		
4	Ubicar un recipiente debajo de la caja de velocidades.		
5	Limpiar el área alrededor del tapón. Remover todos tapones de drenaje		
6	Limpiar los tapones		
7	Reemplazar el filtro de la caja velocidades		
7,1	Utilizar una herramienta saca filtros de cadena y rotarlo en contra de las manecillas del reloj, separar el filtro del ensamblaje. Cuidadosamente sacar el filtro del montaje		
7,2	Utilizar una herramienta saca filtros de cadena y rotarlo en contra de las manecillas del reloj, separar el filtro del ensamblaje. Cuidadosamente sacar el filtro del montaje		
8	Añadir aceite hasta un nivel marcado por un filete ubicado en la caja, para verificar el nivel de aceite de caja		
			
2. Cambio de aceite de transmisiones			
1	Parquear el vehículo en una superficie plana, activar frenos de parqueo, trancar las ruedas delanteras.		
2	Remover el tapón de drenaje, drenarlo cuando el aceite se encuentre caliente.		
3	Utilizar aceite de transmisión recomendado, ubicar el empaque del filtro nuevo, luego instalar el filtro nuevo		
4	Limpiar los tapones de drenaje		
5	Conducir el vehículo durante 2 o 3 km a una velocidad de 40 km/h. Para que el aceite circule por todo el ensamblaje de la transmisión.		

INSPECCIÓN DE ESTADO DE CORREAS Y SOPORTES DE MOTOR		Versión: 00
MT-P1		2020
Elementos:		
Rache ½ in		
Calibrador de tensión		
Gato neumático		
Brazo de levantamiento		
Periodicidad		
Cada mes, revisar el estado de correas y soportes de motor		
<u>INSPECCIÓN</u>		
1. Revisión de correas y soporte de motor		
1	Inspeccionar las correas	
2	Verificar todos rodamientos de las poleas, verificar que no tengan superficies rugosas	
3	Verificar las poleas que no se encuentren objetos extraños, aceite o grasa. Utilizar un líquido un solvente de limpieza no inflamable para limpiar el aceite.	
4	Revisar las poleas que no tengan cedencia	
5	Verificar la alineación de las correas, inspeccionar que la desalineación de las poleas no sea mayor de 1,5 mm para cada 30,5 cm	
6	Verificar que no haya tornillos sueltos, componentes con grietas o daño. Ajustar los tornillos.	
7	Verificar estado de los soportes del motor	
<u>INTERVENCIÓN</u>		
1. Cambio de correa de alternador compresor		
1	Parquear el vehículo	
2	Desmontar la correa	
2,1	Aflojar el tensor del alternador	
2,2	Soltar los tornillos del alternador	
2,3	Girar la contratuerca para girar hacia adelante del motor	
2,4	Remover la correa	
3	Instalar la correa	
3,1	Verificar las poleas	
3,2	Instalar la correa sin hacer palanca, ni ajustar la correa rodando Ajustar la correa, por medio de tensiómetro instalado a lo largo, donde tenga una superficie libre, ajustar hasta que consigan 100 lbf	
4		
2. Cambio de correa del ventilador		
1	Estacionar el vehículo en una superficie plana. Apagar el motor	
2	Remover la correa	
2,1	Ubicar un rache de ½ in, en el tensor de la correa y rotar el tensor de la correa	
2,2	Desmontar la correa de la polea del ventilador y de la polea del motor	
2,3	Desmontar el tensor	
3	Instalar la correa, revisando las superficies de las poleas	
3,1	Instalar la correa en la polea del ventilador	
3,2	Mediante un rache de ½ in en el tensor y rotar mientras se instala la correa	
3,3	Soltar el tensor, quitar el rache, el tensor automáticamente aplicara la carga correcta a la correa	
4	Quitar las trabajas de las ruedas delanteras	
3. Cambio de soporte del motor		
1	Aplicar los frenos de parqueo, trabar las llantas delanteras	
2	Desmontar el motor del soporte trasero	
2,1	Colocar un gato neumático en la parte trasera del motor y levantarlo hasta que el	
3	Sacar los tornillos que ajustan el soporte de motor	
4	Instalar el nuevo soporte, con los tornillos, las arandelas, y las tuercas que deben	
5	Revisar los soportes de goma del motor	
6	Instalar el aislador del soporte superior, ajustar los tornillos a un torque de 14 a	
7	Asegurar el motor en lo soportes	
8	Sacar el gato neumático	

INSPECCIÓN DE ALINEACIÓN Y CONTROLES PERIÓDICOS PARA REALIZAR LA ALINEACIÓN		SS-P1	Versión: 00 2020
Elementos:			
Gato neumático			
Barras de trasmallo			
Periodicidad			
Se debe realizar cada tres meses			
INSPECCIÓN			
1. Revisión de posición del manubrio			
1	El manubrio debe permanecer centrado, dos los rayos del manubrio deben estar en posición horaria de 4 y 8, o con 10° de diferencia de estos ángulos		
2. Revisión de estado de desviación de las ruedas			
1	Aplicar los frenos de parqueo		
2	Alzar el eje delantero hasta que las llantas queden libres del suelo. Colocar postes de seguridad, debajo del eje por seguridad		
3	Marcar con pintura o tiza el canal central de las ruedas delanteras		
4	Ubicar una barra con dos punzones en los extremos en las marcas tomadas del centro de las ruedas, y girar las ruedas. La barra debe ser sostenida firmemente		
5	Instalar una placa giratoria debajo de cada rueda. Retirar los postes de seguridad, bajar el vehículo		
6	Colocar una barra de trasmallo en la parte trasera de los neumáticos delanteros; Ubique los punteros del trasmallo a la altura del eje y ajústelos para alinearlos con las líneas marcadas en los canales centrales de los neumáticos delanteros.		
7	Colocar una barra de trasmallo en la parte delantera de las llantas, ajustarla hasta que los apuntadores se ajusten con los puntos tomados de los canales del centro de las ruedas.		
8	Las medidas tomadas por cada barra de trasmallo deben ser comparado con los siguientes valores +1/4 +- 7/16 en cada sitio		

INSPECCIÓN DEL ESTADO DE LAS BASES DE LOS AMORTIGUADORES		SS-P2	Versión: 00 2020
Elementos:			
Bujes de soporte del amortiguador			
Juego de copas de ½ in			
Pie de rey			
Periodicidad			
•Diaria, revisión del conductor			
INSPECCIÓN			
1. Revisión de buje del amortiguador			
1	Se verificar el estado de los amortiguador, revisando q no se presente cedencia o agrietamiento los cauchos de los amortiguadores		
INTERVENCIÓN			
1. Desmontar el amortiguador			
1	Quitar el tornillo hexagonal de ¾-10 in y las arandelas del soporte superior		
2	Retraer el amortiguador para desmontarlo de la parte superior		
3	Quitar el tornillo hexagonal de ¾ 10 in y las arandelas del soporte inferior		
4	Halar el cilindro para desmontarlo del soporte inferior		
2. Instalación del amortiguador			
1	Utilizar una herramienta que contraiga el amortiguador, luego ubicar el		
2	Colocar las arandelas y los tornillos. Ajustar las tuercas hasta que el		
3	Ubicar el amortiguador en la base superior		
4	Ajustar las arandelas en los ojos de anclaje del amortiguador		
5	Ajustar las tuercas con un torque de 140 lbf ft		

INSPECCIÓN DE ESTADO DE BUJES DE MUELLES		Versión: 00 2020
SS-P3		
Elementos:		
Bujes con recubrimiento metálico endurecido.		
Juego de llaves mixtas		
Pie de rey		
Periodicidad		
Diaria, revisión del conductor		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de buje del amortiguador		
1	El conductor revisa diariamente el estado de los bujes que sostienen los muelles	
INTERVENCIÓN		
1. Cambio de buje del grillete		
1	Remover el grillete del muelle, mediante un micrómetro o pie de rey verificar que el grillete no se encuentre cedido o fracturado, de lo contrario cambiar el grillete.	
2	Verificar que el tornillo pasador del buje, entre al buje con un ajuste forzado ligero	
3	Instalar el buje en el soporte que se ubique de manera centrada.	
4	Revisar nuevamente que el tornillo entre fácilmente al buje, al momento de la instalación del buje se puede estrechar el agujero del buje, si el tornillo se siente	
2. Cambio de buje ojo del muelle		
1	Desmontar el muelle	
2	Empujar el buje cedido o dañado	
3	Instalar los bujes metálicos, insertar el nuevo buje en el ojo del muelle hasta que se encuentre nivelado con el borde de las hojas.	
3. Desmontar el muelle		
1	Aplicar los frenos de parqueo	
2	Desmontar la rueda y el neumático	
3	Desmontar las grapas, el soporte superior del muelle	
4	Comprimir los amortiguadores	
5	Desmontar la parte posterior del muelle, removiendo los tornillos y tuercas que aseguran el muelle en el chasis	
6	Desajustar el tornillo que asegura la parte superior del muelle	
7	Sacar el muelle, levantándolo del eje y desplazándolo hacia la parte frontal del vehículo	
8	Desmontar el soporte del grillete	
4. Instalación del muelle		
1	Instalar el soporte del grillete, ajustar los tornillos de ajuste con un torque de 190	
2	Lubricar los tornillos centrales del muelle y los bujes del muelle	
3	Ubicar los soportes del muelle	
4	Instalar el muelle, donde el tornillo central se ubique en el agujero del eje	
5	Ajustar las grapas del eje	
6	Ajustar los extremos del muelle, en los soportes	
7	Ajustar el muelle en el soporte del grillete	
8	Instalar la rueda y el neumático	

INSPECCIÓN Y DRENAJE PERIÓDICA DE LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN DE AIRE DE LA SUSPENSIÓN		Versión: 00 2020
SS-P4		
Elementos:		
Solución de agua y jabón		
Llaves mixtas		
Periodicidad		
Cada dos meses		
INSPECCIÓN		
1. Revisión de buje del amortiguador		
1	Mediante una solución con jabón verificar fugas en la parte exterior de los tanques, además revisar el funcionamiento de la válvula de drenaje	
INTERVENCIÓN		
1. Cambio de válvula de drenaje		
1	Estacionar el vehículo en una superficie plana, activar los frenos de parqueo	
2	Drenar el sistema de aire	
3	Utilizar dos llaves (una de anclaje), desatornillar la válvula, limpiar los hilos de la rosca	
4	Aplicar silicona para sellar sobre el hilo de la rosca, instalar la nueva válvula en el tanque y ajustar.	
5	Realizar una prueba de fugas, luego de la instalación.	
6	Desactivar los frenos de parqueo.	

ANEXO 3

Formatos de inspección

Sección 2 de 12

AC- Alimentación de combustible

Inspección del sistema de alimentación de combustible

Desviación de cilindro#1

Texto de respuesta corta

Desviación de cilindro#2

Texto de respuesta corta

Desviación de cilindro#3

Texto de respuesta corta

AD-Admisión ✕ ⋮

Descripción (opcional)

Presión de agua en el tablero

Texto de respuesta corta

Estado de múltiple de admisión

	Si	No
Presenta grietas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Presenta manchas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiene mas de 1 mm la entrada a la...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Estado del turbocargador

	Bien	Regular	Malo
Tornillos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ductos de conexión al tu...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estado de carcasa (si pr...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paso de líquidos (si pres...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ajuste del actuador del turbocargador

Texto de respuesta corta

CR-Carrocería y chasis ✕

Descripción (opcional)

Estado de pintura en diferentes partes si se presenta corrosión seleccionar malo

	Bueno	Regular	Malo
Persiana	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Capó	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bómpen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Techo externo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puerta izquierda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puerta derecha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vigas del chasis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vigas transversales de la...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tanques de combustible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

DR-Dirección

Descripción (opcional)

Presenta juego?

	Si	No
Terminales del brazo transversal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terminales del brazo corto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cruceta de la caña de dirección	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pasador del splinder que sujeta el ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Balnera del splinder de la dirección	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

EL- Eléctrico Electrónico



Descripción (opcional)

Voltaje batería#1

Texto de respuesta corta

...

Voltaje batería#2

Texto de respuesta corta

Voltaje batería#3

Texto de respuesta corta

Voltaje de salida del alternador

Texto de respuesta corta

EN-Enfriamiento



Descripción (opcional)

Presión dentro de tanque auxiliar

Texto de respuesta corta

Estado de recipientes de refrigerante



	Bueno	Regular	Malo
Tapa de superior del tan...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tapa lateral del tanque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estado del tanque	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estado del tarro superior...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estado general del panel ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

ES-Escape



Descripción (opcional)

Estado de las tuberías de escape

	Bien	Regular	Mal
Silenciador izquierdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Codo izquierdo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puntera izquierda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tubos de conexión al mú...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Silenciador derecho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Codo derecho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puntera derecha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Abrazaderas de conexión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

FR-Frenos



Descripción (opcional)

Presión de suministro del compresor

Texto de respuesta corta

Estado del compresor



	Bueno	Regular	Malo
Mangueras de entrada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conexión de entrada de r...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conexión de entrada de ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estado del gobernador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

LB-Lubricación



Descripción (opcional)

Secciones de lubricación



	Lubricado
Balinera del embrague	<input type="checkbox"/>
Carcaza de conexión del embrague	<input type="checkbox"/>
Lubricación quinta rueda	<input type="checkbox"/>
Suspensión	<input type="checkbox"/>
Nudillo de la dirección	<input type="checkbox"/>

ANEXO 4

Recomendaciones

- Hacer transversal el plan de mantenimiento a los demás vehículos de la compañía
- Utilizar el FMEA y FTA, para los equipos de refrigeración de la compañía, luego incorporando un RCM para brindar confiabilidad en la cadena de frío de los productos transportados, debido a que son alimentos perecederos
- Implementar un TPM, para que los conductores se involucren en tareas preventivas de mantenimiento y los técnicos puedan abarcar más intervenciones en el vehículo. De igual forma implementar la metodología de las cinco “S”, para mantener la planta física en buenas condiciones y se garantice un mantenimiento de calidad
- Analizar la viabilidad financiera de instalar múltiples sensores en los vehículos para medir en tiempo real consumo real de combustible, desgaste de consumibles como bandas de freno, sustitución de componentes no autorizado, hábitos de conducción
- Analizar la factibilidad de implementar un software especializado para mantenimiento, para implementar el método probabilístico del FMEA, para el cálculo del RPN.