



**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA MECÁNICA
PROYECTO FINAL**

AUTOR: Melissa Misha Monsalve Castro
CÓDIGO: 65031022
CEDULA: 22657034 de Barraquilla
TELEFONO: 311 695 44 34
CORREO ELECTRÓNICO: melissam.monsalvec@unilibrebog.edu.co



AUTOR: EDWIN ARMANDO TENA RONCANCIO
CÓDIGO: 065042054
CEDULA: 79862929 de Bogotá
TELEFONO: 3155874045
CORREO ELECTRÓNICO: edwina.tenar@unilibrebog.edu.co



**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE LA
EMPRESA NAVITRANS SAS**

DIRECTOR: Ingeniero Iván Darío Gómez
PROFESIÓN: Ingeniero Mecánico
CORREO ELECTRÓNICO: ivand.gomezl@unilibrebog.edu.co
TEMA Y ÁREA DE INVESTIGACIÓN: Mantenimiento

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE LA
EMPRESA NAVITRANS SAS**

AUTORES

**MELISSA MISHA MONSALVE CASTRO
EDWIN ARMANDO TENA RONCANCIO**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ 2018**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE VEHICULOS DE LA
EMPRESA NAVITRANS SAS**

AUTORES

**MELISSA MISHA MONSALVE CASTRO
EDWIN ARMANDO TENA RONCANCIO**

DIRECTOR

**IVÁN DARIO GOMEZ
ING MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ 2018**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos culminar nuestros estudios profesionales, a nuestros padres quienes nos apoyaron incondicionalmente en esta labor, brindándonos apoyo, confianza y ánimo para cumplir nuestras metas.

A nuestra asesor y docente Ing. Iván Darío Gómez por su colaboración, dedicación y orientación para la realización de este proyecto.

Gracias a todas aquellas personas, familiares, amigos y docentes que de una u otra forma aportaron positivamente a nuestro proceso de formación, valiéndose de su experiencia y compartiendo sus lecciones de vida, perfeccionando nuestros cimientos profesionales.

MELISSA MISHA MONSALVE CASTRO

EDWIN ARMANDO TENA RONCANCIO

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I GENERALIDADES	12
1.1. INTRODUCCIÓN	12
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4. OBJETIVOS	15
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.5. CONTEXTO OPERACIONAL.....	16
1.5.1. Reseña histórica de NAVITRANS S.A.S.....	16
1.5.2. Distribución de las áreas operacionales en NAVITRANS sede Bogotá	18
CAPITULO II MARCO REFERENCIAL	20
2.1. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.1. Historia del mantenimiento	20
2.1.2. Evolución del mantenimiento	20
2.2. Tipos de mantenimientos.....	21
2.2.1. Mantenimiento preventivo	21
2.2.2. Mantenimiento correctivo	21
2.2.3. Mantenimiento predictivo y monitoreo de condición.....	21
2.2.4. Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM).....	22
2.3. CONCEPTOS ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO	22
2.3.1. Mantenibilidad	22
2.3.2. Fiabilidad	23
2.3.3. Disponibilidad.....	24
2.3.4. Tiempo Medio Entre Fallos	24
2.3.5. Tiempo Medio Hasta la Avería	24
2.3.6. Mantenimiento en la Actualidad	25

2.4. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMEF)	25
2.4.1. Términos fundamentales del AMEF	26
2.4.2. Detectabilidad	26
2.4.3. Ocurrencia	26
2.4.4. Severidad	27
2.4.5. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)	27
2.4.6. Procedimiento para la elaboración de una matriz AMEF	27
2.5. VALORACIÓN DE LAS MATRICES AMEF	29
2.6. Diagramas de bloques para los principales sistemas vehiculares.....	31
2.7. MARCO CONCEPTUAL	38
2.8. ESTADO DEL ARTE	39
2.9. MARCO LEGAL Y NORMATIVO	42
2.10. METODOLOGÍA.....	43
2.10.1. Revisión documental	45
CAPITULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS AMEF	46
3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
3.2. Delimitaciones matrices AMEF.....	47
3.3. Resumen de resultados RAM actual vs proyectada	85
3.4. Planes de Contingencia	85
CAPITULO IV PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO	89
CAPITULO V RETORNO DE LA INVERSIÓN (ROI)	98
6. CONCLUSIONES	113
6.1. RECOMENDACIONES	114
ANEXOS	115
Procedimiento para la recepción de vehículos	115
Procedimiento para la reparación y entrega de vehículos en NAVITRANS	118
Procedimiento para planear el mantenimiento en la flota Oleotanques S.A.S.....	119
Base de datos para la recopilación de las fallas	120

Equipos disponibles en NAVITRANS.....	122
Composición de la flota Oleotanques S.A.S	123
Conclusiones del estado actual para el mantenimiento en Navitrans.....	124
Ventajas y oportunidades de mejora en Navitrans.....	125
6.2. BIBLIOGRAFIA	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Patio Mantenimiento Oleotankers SAS.	
Ilustración 2. Vehículos flota Oleotankers	17
Ilustración 3. Etapas para la elaboración de una matriz AMEF	28
Ilustración 4. Diagrama de bloques para el sistema motor	32
Ilustración 5. Diagrama de bloques para el sistema eléctrico	33
Ilustración 6. Diagrama de bloques para el sistema de suspensión	34
Ilustración 7. Diagrama de bloques para el sistema de transmisión	35
Ilustración 8. Diagrama de bloques para el sistema de dirección	36
Ilustración 9. Diagrama sistema de frenos	37
Ilustración 10. Fases de la revisión documental	45
Ilustración 11. Gráfico AMEF Motor	47
Ilustración 12. Gráfico AMEF Frenos	48
Ilustración 13. Análisis modal de fallos y efectos sistema de dirección	51
Ilustración 14. Análisis modal de fallos y efectos sistema de suspensión	53
Ilustración 15. Análisis modal de fallos y efectos sistema de transmisión	55
Ilustración 16. Análisis modal de fallos y efectos sistema eléctrico	57
Ilustración 17. Resultados confiabilidad sistema de dirección	67
Ilustración 18. Comportamiento de las fallas para el sistema eléctrico	68
Ilustración 19. Resultados confiabilidad actual	69
Ilustración 20. Evaluación de la confiabilidad	69
Ilustración 21. Confiabilidad proyectada	70
Ilustración 22. Tiempo probable operativo	71
Ilustración 23. Estado actual de la mantenibilidad	71
Ilustración 24. Mantenibilidad proyectada	72
Ilustración 25. Valor de la disponibilidad actual	72
Ilustración 26. Disponibilidad proyectada	73
Ilustración 27. Ingreso de datos para el sistema de frenos	73
Ilustración 28. Estado actual de la confiabilidad	74
Ilustración 29. Disponibilidad actual	74
Ilustración 30. Disponibilidad proyectada	75
Ilustración 31. Mantenibilidad actual	75
Ilustración 32. Mantenibilidad proyectada	76
Ilustración 33. Disponibilidad actual	76
Ilustración 34. Confiabilidad proyectada	77
Ilustración 35. Valores obtenidos para la disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)	77
Ilustración 36. Resultados de la mantenibilidad actual	78
Ilustración 37. Mantenibilidad proyectada	78
Ilustración 38. Información de eventos ingresados a la RAM	79
Ilustración 39. Valores confiabilidad actual	79
Ilustración 40. Confiabilidad proyectada	80
Ilustración 41. Valores disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)	80
Ilustración 42. Mantenibilidad actual	81
Ilustración 43. Mantenibilidad proyectada	81
Ilustración 44. Información de eventos ingresados a la RAM	82
Ilustración 45. Confiabilidad actual	82
Ilustración 46. Confiabilidad proyectada	83
Ilustración 47. Valores de disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)	83
Ilustración 48. Programación revisiones según fabricante	84
Ilustración 49. Formato de inspección 3500km	84
Ilustración 50. Programación revisiones según fabricante	90

Ilustración 51. Formato de inspección 3500km	91
Ilustración 52. Formato de inspección 7000km	93
Ilustración 53. Formato de inspección 10500km	93
Ilustración 54. Formato de inspección 14000km	94
Ilustración 55. Análisis de aceites	95
Ilustración 56. Límites predictivos	97
Ilustración 57. Costo por día flota vehicular	110
Ilustración 58. Costos por viaje ministerio de transporte	111
Ilustración 59. Diagrama para la recepción de vehículos	115
Ilustración 60. Formato para recepción de vehículos	116
Ilustración 61. Formato de autorización de servicio	117
Ilustración 62. Procedimiento para la reparación y entrega de vehículos	118
Ilustración 63. Procedimiento para el mantenimiento en Oleotankes S.A.S	119
Ilustración 64. Software para la administración de la flota Oleotankes	120
Ilustración 65. Base de datos para la recopilación de las fallas	121
Ilustración 66. software utilizado en NAVITRANS	122
Ilustración 67. Software para seguimiento satelital vehicular	123
Ilustración 68. Ventajas y desventajas en NAVITRANS	123
Ilustración 69. Ventajas y desventajas en NAVITRANS	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valoración de la severidad (MEF)	29
Tabla 2. Tabla valorativa para la estimación de la ocurrencia	30
Tabla 3. Valoración detectabilidad	31
Tabla 4. Marco legal y Normativo para vehículos pesado	42
Tabla 5. Vehículos de muestra para el desarrollo del proyecto de la flota Oleotankers	44
Tabla 6. Expertos consultados para el desarrollo del proyecto de la flota Oleotankers	44
Tabla 7. Principales fallas del sistema motor para la flota	48
Tabla 8. Principales fallas sistema de frenos	50
Tabla 9. Principales fallas sistema de dirección	52
Tabla 10. Principales fallas sistema de suspensión	53
Tabla 11. Principales fallas sistema de transmisión	56
Tabla 12. Principales fallas sistema eléctrico	58
Tabla 13. Total, fallas analizadas	58
Tabla 14. Resumen fallas en el sistema de dirección	59
Tabla 15. Resumen fallas sistema de motor	60
Tabla 16. Resumen sistema eléctrico	63
Tabla 17. Resumen sistema de frenos	64
Tabla 18. Resumen fallas sistema de transmisión	65
Tabla 19. Sistema de frenos	66
Tabla 20. Resumen de datos obtenidos por la RAM	85
Tabla 21. Fallas más recurrentes sistemas de dirección	85
Tabla 22. Fallas más recurrentes sistema eléctrico	87
Tabla 23. Fallas más recurrentes sistema de suspensión	88
Tabla 24. Equivalencia kilómetros/horas motor	90
Tabla 25. Valores repuestos para el sistema de dirección	98
Tabla 26. Costo mano de obra sistema de dirección	99
Tabla 27. Costo repuesto sistema de suspensión	100
Tabla 28. Costo mano de obra sistema de suspensión	100
Tabla 29. Costo repuestos sistema de frenos	101
Tabla 30. Costo mano de obra sistema de frenos	101
Tabla 31. Costo repuestos sistema transmisión	102
Tabla 32. Costo mano de obra	103
Tabla 33. Costo repuestos sistema motor	105
Tabla 34. Costo mano de obra	106
Tabla 35. Costo repuestos sistema eléctrico	107
Tabla 36. Costo mano de obra	108
Tabla 37. Costo de consumibles	109
Tabla 38. Costo de consumibles	109
Tabla 39. Descripción de la flota Oleotankers	124
Tabla 40. Descripción de la flota Oleotankers	124

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

A

AMFE

Análisis Modal de Fallos y Efectos · 35

AMFEC

Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad · 35

G

GOD

Gravedad, Ocurrencia y Detección · 51

I

INTRA

Instituto Nacional de Tránsito y Transporte · 54

IPR

Índice de Prioridad de Riesgo · 37

ISO

International Organization for Standardization · 54

M

MTBF

Mean Time Between Failures · 34

MTTF

Mean Time To Failure · 34

N

NPR

Numero de Prioridad de Riesgo · 37

P

PIB

Producto Interno Bruto · 52

R

RAM

Reliability, Availability, Maintainability · 14

RCM

Reliability Centred Maintenance · 54

ROI

return on investment · 14

S

SAE

Society of Automotive Engineers · 54

T

TPEF

Tiempo promedio entre fallas · 51

TPM

Total Productive Maintenance · 32

TPPR

Tiempo promedio por reparación · 51

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sector transportador juega un importante papel en el traslado de materias primas e insumos para el desarrollo de las diversas actividades comerciales del país, ya que la gran mayoría de los sistemas productivos manejan modelos de “Producción – Distribución”, por lo cual si no se cuentan con los medios para realizar la entrega de los productos en los tiempos estipulados, y sin contratiempos, esto puede repercutir en fenómenos como el desabastecimiento de las poblaciones, afectando económicamente a las empresas como al desarrollo de la nación. En este orden de ideas, se hace necesario contar con un plan de mantenimiento modificado y adaptado para las necesidades de las compañías, que garantice la continua operación de las flotas vehiculares, reduciendo al máximo la aparición de fallas y el tiempo promedio de reparación de las mismas.

Este trabajo se enfoca en la realización de un plan de mantenimiento adaptado y optimizado para la flota de vehículos Oleotankers del grupo Navitrans SAS, mediante procesos para la recopilación histórica de fallas, análisis de criticidad y clasificación de las mismas, con ayuda de la experiencia de los miembros del equipo investigador en dicha compañía, se propone un plan de mantenimiento en el cual se brindan herramientas para la reducción de los tiempos promedios entre fallas, como la aparición de las mismas, iniciando por la instrucción de los operarios en técnicas de inspección visual entre otras metodologías.

Con el presente documento se espera mejorar los porcentajes de operación de la flota de Navitrans SAS, mediante la incorporación de mecanismos que minimicen la aparición de fallas, y reduciendo los tiempos de reparación de los vehículos, lo cual constituye una reducción de las pérdidas que representa para la compañía tener un vehículo sin que preste ningún servicio.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa NAVITRANS SAS como concesionario, tiene clientes que cuentan con flotas de camiones en las cuales no se contemplan programas de mantenimiento de acuerdo al tipo de labor que desempeña cada vehículo. Por otra parte, de acuerdo a los balances de las compañías, el ítem de mantenimiento correctivo para la flota implica un alto costo que afecta considerablemente la rentabilidad de la compañía. Este alto costo en mantenimiento concuerda con lo que menciona Wrennall en su libro "Handbook of Commercial and Industrial Facilities Management" acerca de que "Los costos asociados a los departamentos de mantenimiento son un rubro importante dentro del balance general de las empresas" (Wrennall,1994)

Cada vehículo cuenta con una serie de piezas, las cuales necesitan de mantenimiento, algunas en mayor proporción que otras; de allí se deriva la necesidad de que estos componentes, tengan un adecuado cuidado para garantizar su correcto funcionamiento evitando mayores incidentes que conlleven a altos costos para la operación de los vehículos. Una falta de mantenimiento o un inadecuado procedimiento de este, puede llevar no solo a altos costos para la flota sino también, a afectar la vida del operario de la máquina, y previniendo la integridad de las personas. Los vehículos que ingresan a los talleres de dicha empresa, en su gran mayoría necesitan de mantenimiento correctivo o preventivo, esto se debe a diversos factores: la falta de instrucción a los operarios, que permitan inspecciones eficientes de tipo visual, o simplemente, falta de capacitaciones por parte de la empresa, para fortalecer los temas de mantenimiento preventivo del personal asignado.

Por otra parte, la empresa NAVITRANS SAS, presenta inconvenientes en cuanto a la programación del personal técnico para laborar, ya que no se cuenta con un esquema que determine el tiempo promedio de reparación de acuerdo a la falla presentada, generado una mayor disponibilidad de este personal en algunos casos, o la insuficiencia de los mismo en otros escenarios. A este inconveniente se adiciona el aumento de la compra de repuestos, junto con el pago del personal técnico anteriormente mencionado que en ocasiones no realizan ninguna tarea, los problemas planteados obedecen claramente a la falta de un plan de mantenimiento serio, que contemple una visión global de la situación actual de la compañía, que genere a mediano plazo una optimización de los procesos realizados.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El gasto en mantenimiento correctivo en las flotas de transporte pesado, constituye uno de los principales egresos para este sector, ya que es mucho más costoso un procedimiento de tipo correctivo, donde posiblemente hay que realizar cambios totales de piezas vitales para el vehículo, que son bastantes costosas y que a su vez, representan un incremento del tiempo de la máquina en reparaciones, lo que significa mayores pérdidas para la compañía por cada hora que uno de sus camiones se encuentra inactivo debido a fallas mecánicas. En países desarrollados como EEUU, se invierte al rubro de mantenimiento correctivo aproximadamente entre el diez y el quince por ciento (10 al 15%) anual de los ingresos totales de las compañías (Wireman 1994), en Inglaterra se revela que los costos para mantenimiento correctivo oscilan aproximadamente en el diecisiete por ciento (17%) de las ventas brutas (Newbroughth y Navarro, 1997) y para países en vía de desarrollo el rubro de mantenimiento correctivo es mucho más alto que en las naciones enunciadas anteriormente (Mora Alberto, 2010).

Con la elaboración del presente proyecto se obtendrá información más útil para la compañía, como tiempos de reparación o mantenimiento de acuerdo a la falla presentada, además de los tiempos promedio entre fallas, lo que representa un mejor uso del personal técnico de la empresa aumentando la disponibilidad de los mismos y consiguiente, una optimización del presupuesto por concepto de gastos en repuestos, ya que se plantean estrategias para la mitigación de las fallas repetitivas, y una priorización mediante la codificación y determinación de las causas . Igualmente, con el presente trabajo se optimizará el stock de repuestos en bodega, ya que, con la determinación de las causales más repetitivas de falla, se mejorará el nivel de inventario.

El proyecto se desarrollará en la sede de NAVITRANS tintalito, ubicada en la ciudad de Bogotá, ya que allí se ubican los talleres adecuados para la reparación de vehículos pesados,

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un plan de mantenimiento para la flota de vehículos de la empresa NAVITRANS SAS con la finalidad de mejorar la confiabilidad de los activos

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información histórica de fallas, catálogos, y filtros técnicos con el fin de priorizar y clasificar las fallas.
- Evaluar mediante un análisis de criticidad la metodología para codificar y determinar causas de fallas.
- Desarrollar un plan de mantenimiento determinando los indicadores de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad (RAM), así como también el retorno de la inversión (ROI).

1.5. CONTEXTO OPERACIONAL

1.5.1. Reseña histórica de NAVITRANS S.A.S

La empresa NAVITRANS es una comercializadora de Equipos y Maquinaria, fue constituida en el año 1958, contaba con la distribución de vehículos, tractores y motores marca International Harvester, para el departamento de Antioquia y el Eje Cafetero.

La empresa realizó importantes ventas en el sector público y privado en la ciudad de Medellín, con el incremento de ventas y servicio se empieza a conformar un grupo importante de asesores, técnicos e ingenieros especializados en la marca International, que conlleva a adecuar unas instalaciones físicas para atender la actividad de postventa que requiere el creciente mercado.

A mediados de 1992 con la apertura económica en Colombia, NAVITRANS es nombrada como distribuidor de vehículos marca International, dando comienzo a una expansión a nivel nacional, se inauguran las sedes de Bogotá, Medellín, Cali, posteriormente en las ciudades de Pereira, Duitama, Yopal, Bucaramanga, Pasto, Cartagena, Montería, Santa Marta, se abren otras empresas de servicios especializados como Talleres, Latonería y Pintura. A finales del año 1999 se realiza un proceso de fusión de todas las compañías y para enero del 2000, se convierte en una sola empresa a nivel país denominada como se indicó al principio del texto: NAVITRANS S.A.

Ese mismo año, se diversifica el producto distribuyendo la marca Case con su línea de maquinaria amarilla para la construcción y minería, así como también, la marca Agrale de Brasil.

A la fecha, la organización NAVITRANS tiene presencia en catorce (14) ciudades, con quince (15) sedes integrales, seis (06) almacenes de repuestos, tres (03) talleres de servicio, cuatro (04) talleres de latonería y pintura y un centro de distribución de repuestos.

En el año de 1992 se conforma dentro del grupo de NAVITRANS, la nueva compañía, Oleotankers, empresa de soluciones logísticas de transporte pesado, manejando cargas de diferente tipo como: carga seca, carga líquida, carga especializada, entre otros, sus servicios se prestan a nivel nacional, actualmente la flota de vehículos está conformada aproximadamente por doscientos (200) tracto camiones.

Ilustración 2. Patio Mantenimiento Oleotankes SAS.



Foto 1. Patio 2 de Navitrans S.A.S, lugar donde se realizan trabajos de mantenimiento a la flota de vehículos de Oleotankes S.A.S.

Ilustración 3. Vehículos Flota Oleotankes



Foto 2. Vehículo de la flota de Oleotankes, Marca International, Línea Workstar 7600, motor ISM Cummis.

Por otra parte, la flota de estudio Oleotanques S.A.S, se dedica al transporte de carga seca como carbón, granos, electrodomésticos, repuestos automotores a nivel nacional desde y hacia ciudades como Barranquilla, Buenaventura, Cali, Yopal, Bogotá, Villavicencio, entre otras; contando con una flota de ciento noventa y dos (192) vehículos para dicho fin. A continuación, se describe como están distribuidas las áreas en la compañía para la sede Bogotá, mencionando también los procedimientos estipulados para las actividades de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada, haciendo especial énfasis en la flota de estudio de este proyecto Oleotanques.

1.5.2. Distribución de las áreas operacionales en NAVITRANS sede Bogotá

En NAVITRANS sede Tintalito, las zonas operativas y administrativas se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Patio 1: ingresan a reparación o diagnostico los vehículos particulares y empresas donde la flota de camiones es pequeña, también se reciben vehículos cuyos motores son de marca MWM, MAX FORCE 4300, DT 4400 de International, además a este patio se incorpora Maquinaria Amarilla marca CASE.

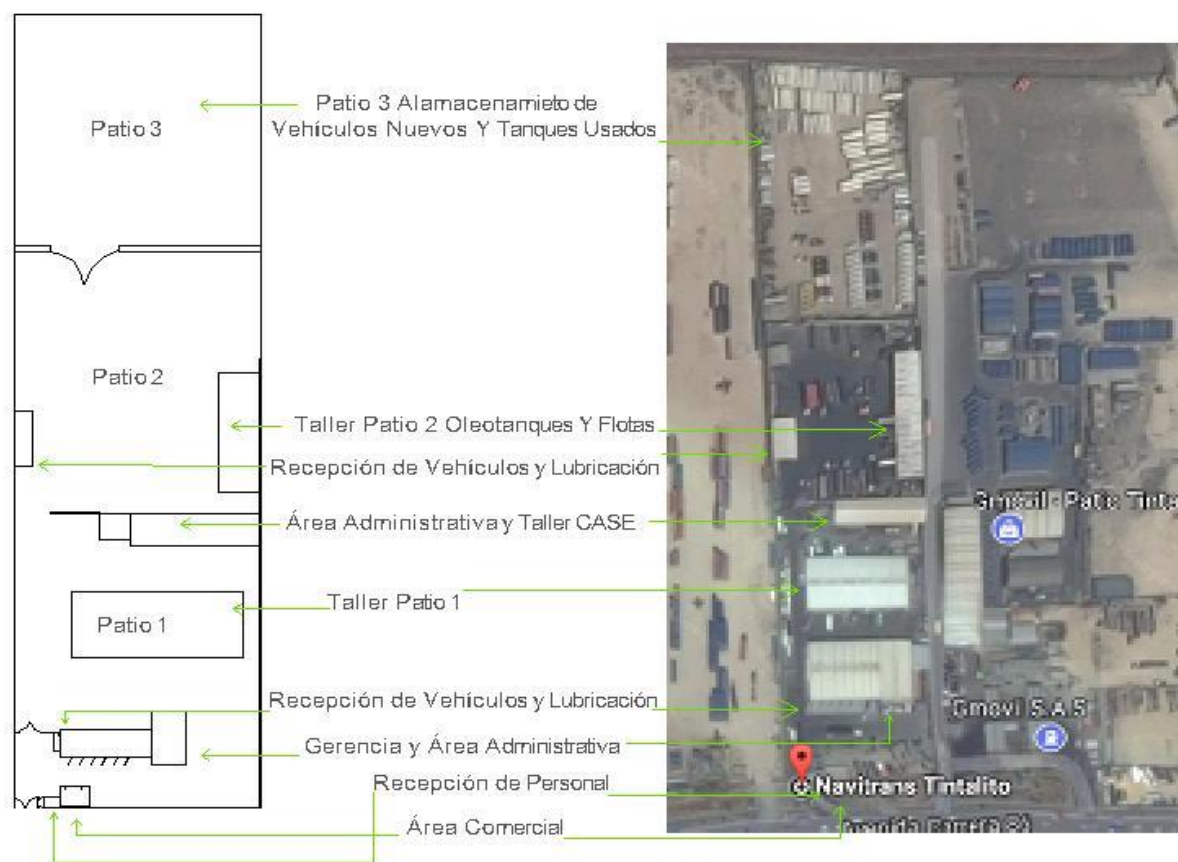
Patio 2: en este patio ingresan Vehículos de Flotas Grandes, como Oleotanques, Cemex, Acueducto, Aguas de Bogotá.

Patio 3: esta zona es usada como área de almacenamiento de vehículos nuevos para venta, así como también se almacenan carrocerías usadas y tanques usados para transporte de líquidos que hacen parte de la flota de Oleotanques.

La empresa cuenta también con dos áreas destinadas únicamente a la lubricación de los automotores. En la zona dedicada a la recepción de personal ingresan los funcionarios previamente identificados como miembros de la compañía, cualquier persona ajena a NAVITRANS debe anunciarse para cualquier gestión.

El siguiente plano ilustra acerca de las zonas anteriormente mencionadas:

Plano General Distribución de Patios y Áreas Administrativas



Calle 13

CAPITULO II MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Historia del mantenimiento

La palabra mantenimiento se emplea para designar las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios. Para los hombres primitivos, el hecho de afilar herramientas y armas, coser y remendar las pieles de las tiendas y vestidos, cuidar la estanqueidad de sus piraguas, etc. Durante la revolución industrial el mantenimiento era correctivo (de urgencia), los accidentes y pérdidas que ocasionaron las primeras calderas y la apremiante intervención de las aseguradoras exigiendo mayores y mejores cuidados, proporcionaron la aparición de talleres mecánicos. A partir de 1925, se hace patente en la industria americana la necesidad de organizar el mantenimiento con una base científica. Se empieza a pensar en la conveniencia de reparar antes de que se produzca el desgaste o la rotura, para evitar interrupciones en el proceso productivo, con lo que surge el concepto del mantenimiento Preventivo. A partir de los años sesenta, con el desarrollo de las industrias electrónica, espacial y aeronáutica, aparece en el mundo anglosajón el mantenimiento Predictivo, por el cual la intervención no depende ya del tiempo de funcionamiento sino del estado o condición efectiva del equipo o sus elementos y de la fiabilidad determinada del sistema.¹

2.1.2. Evolución del mantenimiento

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo. Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos.

La historia del mantenimiento, como parte estructural de las empresas, data desde el momento mismo de la aparición de las máquinas para la producción de bienes y

¹ Mantenimiento Industrial. Tomado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos.

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX, en los Estados Unidos, donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionan vía mantenimiento correctivo. El progreso del mantenimiento como área de estudio permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación con los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura (y en mantenimiento) a través del tiempo. El análisis se lleva a cabo en cada una de estas etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento. La clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución. (Mora Alberto, 2010).

2.2. Tipos de mantenimientos

2.2.1. Mantenimiento preventivo

Se caracteriza por intervenciones a intervalos fijos, para sustituir y/o reparar componentes. La frecuencia de las intervenciones, en general se determina por recomendaciones del fabricante, y por los propios registros históricos, y se puede programar por tiempo calendario, tiempo de funcionamiento, horas de funcionamiento, kilómetros recorridos, unidades producidas. La principal desventaja es que no asegura niveles de confiabilidad, y al mismo tiempo genera sobrecostos por sustitución de partes que aún se encontraban aptas para el servicio, en repuestos y materiales, lubricantes, mano de obra y tiempo de para de los equipos.

2.2.2. Mantenimiento correctivo

Se denomina mantenimiento correctivo, aquel que corrige los defectos o daños observados en los equipos, maquinas o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

2.2.3. Mantenimiento predictivo y monitoreo de condición.

Se enfoca a los síntomas de falla, utilizando distintas técnicas:

- Inspecciones de maquinaria

- Medición de desempeño
- Análisis de lubricantes
- Análisis de vibraciones
- Ensayos no destructivos: radiografías, ultrasonido, termografía
- Análisis de corriente en máquinas eléctricas.²

2.2.4. Mantenimiento productivo total (Total Productive Maintenance TPM)

Este sistema está basado en la concepción japonesa del "Mantenimiento al primer nivel", en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: reglaje, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.

- Mantenimiento: Para mantener siempre las instalaciones en buen estado
- Productivo: Está enfocado a aumentar la productividad
- Total: Implica a la totalidad del personal, (no solo al servicio de mantenimiento).³

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de maximizar la efectividad de los bienes. Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora.³

2.3. CONCEPTOS ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO

2.3.1. Mantenibilidad

La mantenibilidad es una característica inherente a un elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria según se especifica. Así, la mantenibilidad podría ser expresada cuantitativamente, mediante el tiempo T empleado en realizar la tarea de mantenimiento especificada en el elemento que se considera, con los recursos de apoyo especificados. Intervienen en la ejecución de estas tareas tres factores:

- Factores personales: Habilidad, motivación, experiencia, capacidad física, etc.

² Seminario de administración del mantenimiento de flotillas de transporte. Tomado de: NAVITRANS SA.

Factores condicionales: Representan la influencia del entorno operativo y las consecuencias que ha producido el fallo en la condición física, geometría y forma del elemento en recuperación.

- El entorno: Temperatura, humedad, ruido, iluminación, vibración, momento del día, viento, etc. Consecuentemente, la naturaleza del parámetro T para la tarea de mantenimiento también depende de la variabilidad de estos parámetros. T= f (factores personales, condicionales y ambientales) Ante esta situación, el único camino posible en el análisis de mantenibilidad es recurrir a la teoría de probabilidades. Existe cierto paralelismo entre el estudio estadístico de la fiabilidad y el de la mantenibilidad.³

- La variable aleatoria en el tiempo es “la duración de la intervención” • La densidad de probabilidad del tiempo de reparación se llama g(t) • La función Mantenibilidad M(t) es la probabilidad de reparación de una duración T < t

$$M(t) = P (T < t)$$

$\mu(t)$ es la función de tasa de reparación y es igual a:

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$$

2.3.2. Fiabilidad

La fiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones, etc.). Se define la variable aleatoria T como la vida del bien o componente. Se supone que T tiene una función F(t) de distribución acumulada expresada por:

$$F(t) = P (T \leq t)$$

La función de fiabilidad R(t), también llamada función de supervivencia, se define como:

$$R(t) = P(T > t) = 1 - F(t)$$

2.3.3. Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento o instante que es requerido. Para poder disponer de un sistema en cualquier instante, éste no debe de tener fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento.³

2.3.4. Tiempo Medio Entre Fallos

Tiempo medio entre fallos (MTBF) En la práctica, la fiabilidad se mide como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallos consecutivos (Mean Time Between Failures; MTBF). Por ejemplo, si disponemos de un producto de N componentes operando durante un periodo de tiempo T, y suponemos que en este periodo han fallado varios componentes (algunos en varias ocasiones), para este caso el componente i-ésimo habrá tenido n_i averías, luego el número medio de averías para el producto será:

$$\bar{n} = \sum_{i=0}^N n_i / N$$

Siendo el MTBF el cociente entre T y \bar{n} , es decir

$$MTBF = \frac{T}{\bar{n}}$$

2.3.5. Tiempo Medio Hasta la Avería

Tiempo medio hasta la avería (MTTF) El tiempo medio hasta la avería (Mean Time To Failure; MTTF), es otro de los parámetros utilizados, junto con la tasa de fallos $\lambda(t)$ para especificar la calidad de un componente o de un sistema. Por ejemplo, si se ensayan N elementos idénticos desde el instante $t=0$, y se miden los tiempos de

³ Mantenimiento Industrial. Tomado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

funcionamiento de cada uno hasta que se produzca alguna avería. Entonces el MTTF será la media de los tiempos t_i medidos, es decir:

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N}$$

2.3.6. Mantenimiento en la Actualidad

Actualmente el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia, etc., y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos. Este desarrollo, conducirá en un futuro al mantenimiento a la utilización de los sistemas expertos y a la inteligencia artificial, con amplio campo de actuación en el diagnóstico de averías y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles. Por otra parte, existen cambios en las políticas de mantenimiento marcados por la legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo y por las presiones la de Medio Ambiente, como dispositivos depuradores, plantas de extracción, elementos para la limitación y atenuación de ruidos y equipos de detección, control y alarma. Se vaticina que los costes de mantenimiento sufrirán un incremento progresivo, esto induce a la fabricación de productos más fiables y de fácil mantenimiento.⁴

2.4. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMEF)

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD-16291 titulada “Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo, efectos y criticidad”. En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores. Este método también puede recogerse con la denominación de AMEFC (Análisis Modal de Fallos, Efectos y su Criticidad), al

⁴ Mantenimiento Industrial. Tomado de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/lecturas/MantenimientoIndustrial.pdf>

introducir de manera remarcable y más precisa la especial gravedad de las consecuencias de los fallos⁵.

Aunque la técnica se aplica fundamentalmente para analizar un producto o proceso en su fase de diseño, este método es válido para cualquier tipo de proceso o situación, entendiendo que los procesos se encuentran en todos los ámbitos de la empresa, desde el diseño y montaje hasta la fabricación, comercialización y la propia organización en todas las áreas funcionales de la empresa. Evidentemente, este método a pesar de su enorme sencillez es usualmente aplicado a elementos o procesos clave en donde los fallos que pueden acontecer, por sus consecuencias puedan tener repercusiones importantes en los resultados esperados. El principal interés del AMEF es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

2.4.1. Términos fundamentales del AMEF

Esta metodología hace uso de tres conceptos fundamentales sobre los cuales se crea todo el análisis modal de fallos y efectos, a continuación, se explican cada uno de ellos:

2.4.2. Detectabilidad

Este concepto es esencial en el AMEF, aunque como se ha dicho es novedoso en los sistemas simplificados de evaluación de riesgos de accidente. Si durante el proceso se produce un fallo o cualquier “output” defectuoso, se trata de averiguar cuan probable es que no lo “detectemos”, pasando a etapas posteriores, generando los consiguientes problemas y llegando en último término a afectar al cliente – usuario final. Cuanto más difícil sea detectar el fallo existente y más se tarde en detectar lo más importantes pueden ser las consecuencias del mismo.

2.4.3. Ocurrencia

Mide la repetitividad potencial u ocurrencia de un determinado fallo, es lo que en términos de fiabilidad o de prevención llamamos la probabilidad de aparición del fallo.

⁵ Blanca, D., & Cajigas, E. (n.d.). Sistemas de gestión de riesgo clínico metodología amef.

2.4.4. Severidad

Mide el daño normalmente esperado que provoca el fallo en cuestión, según la percepción del cliente - usuario. También cabe considerar el daño máximo esperado, el cual iría asociado también a su probabilidad de generación.

2.4.5. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)

También denominado Numero de Prioridad de Riesgo (NPR), está basado en los mismos fundamentos que el método histórico de evaluación matemática de riesgos de FINE, William T., si bien el índice de prioridad del AMEF incorpora el factor detectabilidad. Por tanto, tal índice es el producto de la ocurrencia por la severidad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico adimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto, debe ser calculado para todas las causas de fallo⁶.

$$\text{NPR} = \text{D.O.S}$$

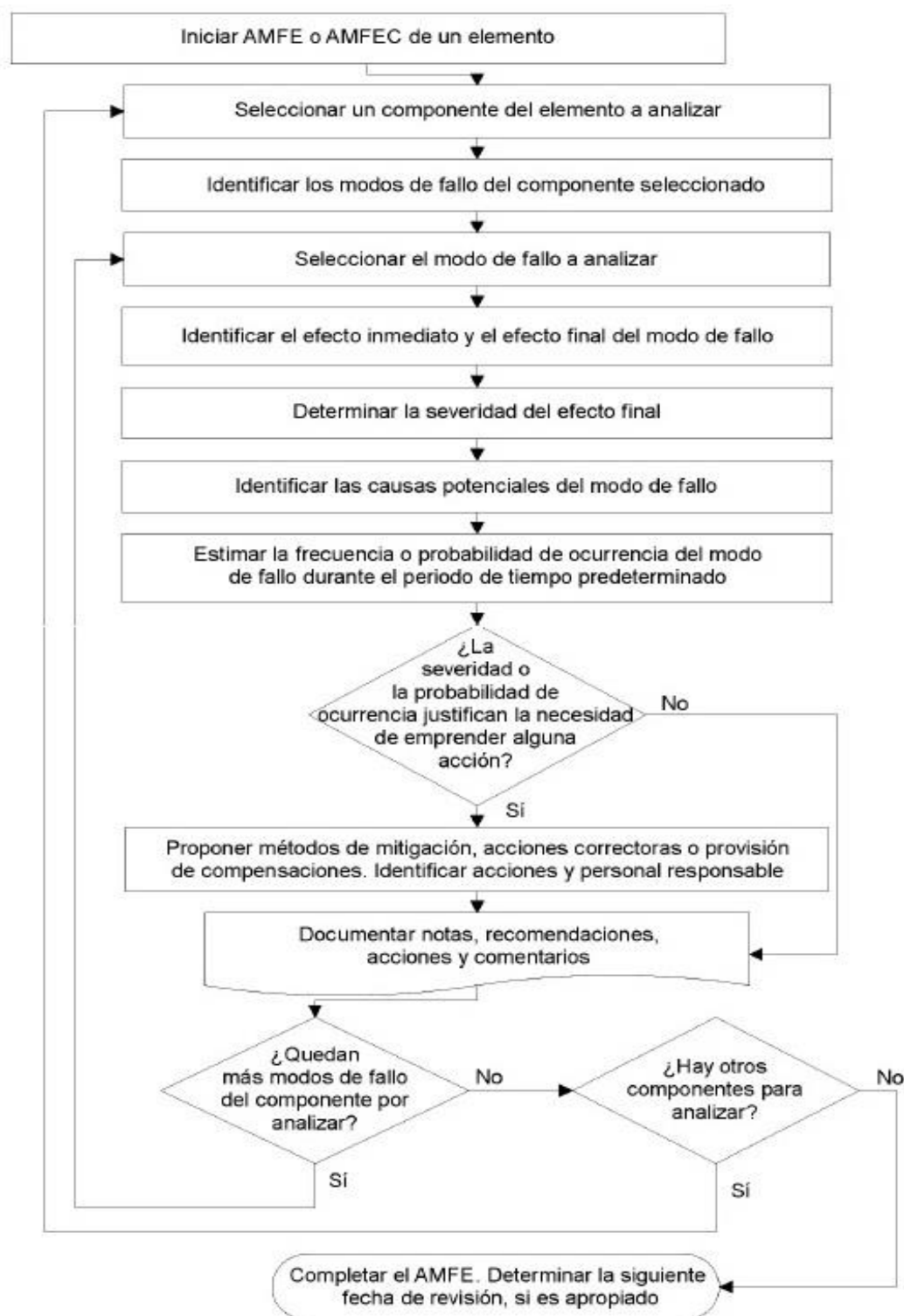
2.4.6. Procedimiento para la elaboración de una matriz AMEF

Las matrices son metodologías orientadas a la realización de un análisis profundo de las fallas que ya existen, o las potenciales de un producto o proceso, donde se determina la severidad, ocurrencia, y la detectabilidad de la falla. En ese orden de ideas, con la recopilación de los datos anteriores se pueden generar actividades y planes de acción para el corto y mediano plazo facilitando la corrección de las fallas actuales al igual que previniendo las potenciales a las que puede estar expuesto el vehículo.

En la siguiente ilustración se muestra detalladamente los pasos necesarios para la elaboración de una matriz AMEF, desde su inicio hasta que se da por terminada:

⁶ Belloví, M. B., Ramos, R. M. O., Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, París, C. M., & SEAT, S. A. (2004). Análisis modal de fallos y efectos. AMEF Introducción. *English*, 1–10.

Ilustración 3 Etapas para la elaboración de una matriz AMEF



Fuente: tomado y modificado de norma UNE-EN 60812 (2008)

2.5. VALORACIÓN DE LAS MATRICES AMEF

La norma europea UNE- EN 60812, establece la siguiente valoración para la severidad, la cual está ponderada del 1 al 10, donde los datos de menor valor representan un nivel bajo de severidad y los altos el riesgo que representa la falla:

Tabla 1. Valoración de la severidad (MEF)

Severidad	Criterios	Clasificación
Ninguna	No hay efecto apreciable	1
Muy pequeña	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por clientes exigentes (menos del 25%)	2
Menor	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por el 50% de los clientes	3
Muy baja	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%)	4
Baja	Vehículo o elemento operativo pero reducción en la operatividad de los elementos de confort y comodidad. Cliente de algún modo insatisfecho	5
Moderada	Vehículo o elemento operativo pero elementos de confort y comodidad no operativos. Cliente insatisfecho	6
Alta	Vehículo o elemento operativo pero con nivel de prestaciones reducido. Cliente muy insatisfecho	7
Muy alta	Vehículo o elemento no operativo. (Pérdida de función principal)	8
Peligroso con aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales con aviso	9
Peligroso sin aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales sin aviso	10

Fuente: tomado y modificado de norma UNE-EN 60812 (2008)

Para la ponderación de la ocurrencia, la norma internacional toma una base de un millar de vehículos, por lo cual el grupo de investigación realizó el cálculo para la flota de estudio compuesta por 200 automotores, donde se evalúa la ocurrencia de fallos cada 7.000 km y de esta forma obtener valores criterio acordes con la cantidad de vehículos que componen la flota de Oleotankers.

Tabla 2. Tabla valorativa para la estimación de la ocurrencia

Ocurrencia	Clasificación	Criterio
Remoto: Fallo improbable	1	$\leq 0,002$ por cada 200 vehículos
Bajo: Relativamente pocos fallos	2	0,02 por 200 cada vehículos
	3	0,1 por 200 cada vehículos
Moderado: Fallos ocasionales	4	0,2 por 200 cada vehículos
	5	0,4 por 200 cada vehículos
	6	1 por 200 vehículos de la flota
Altos: Fallos repetidos	7	2 por 200 vehiculos de la flota
	8	4 por 200 vehículos de la flota
Muy alto: Fallo casi inevitable	9	10 por 200 vehículos de la flota
	10	≥ 20 en los 200 vehículos de la flota

Fuente: tomado y modificado de norma UNE-EN 60812 (2008)

Para la determinación de los valores de detectabilidad se tuvieron en cuenta los parámetros estipulados por la norma internacional referente al procedimiento de análisis de fallo y sus efectos AMEF. En la siguiente tabla se evidencia la ponderación que se utilizará posteriormente en las matrices diseñadas por el equipo de trabajo:

Tabla 3. Valoración detectabilidad

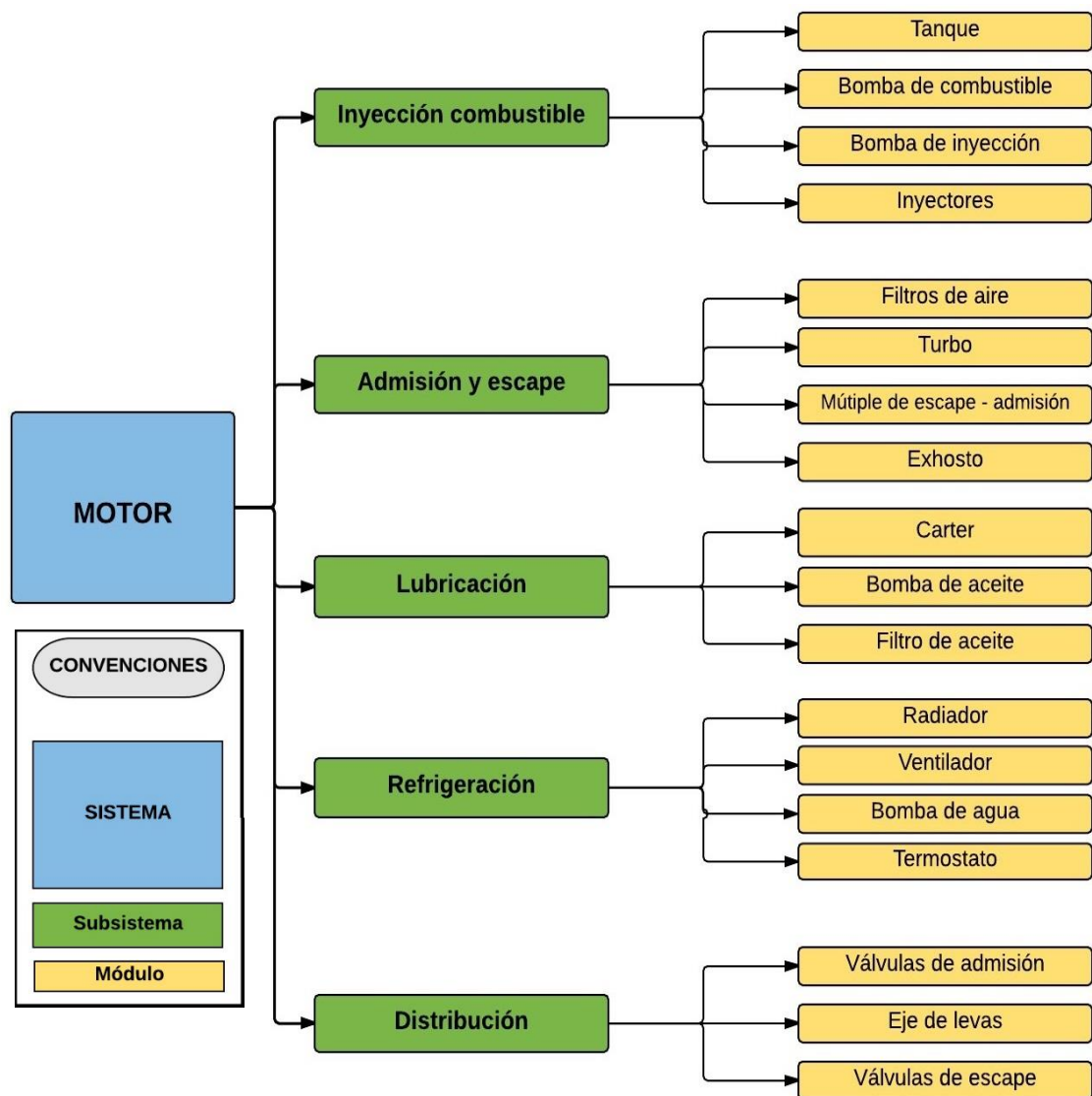
Detección	Criterios	Clasificación
Casi segura	El Control de Diseño detectará casi con seguridad una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	1
Muy alta	Muy alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	2
Alta	Alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	3
Moderadamente alta	Moderadamente alta posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	4
Moderada	Posibilidad moderada de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	5
Baja	Baja posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	6
Muy baja	Muy baja posibilidad de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	7
Remota	Posibilidad remota de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	8
Muy remota	Posibilidad muy remota de que el Control de Diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	9
Absolutamente incierto	El Control de Diseño no detectará una causa o mecanismo potencial ni el subsiguiente modo de fallo; o no hay Control de Diseño	10

Fuente: tomado y modificado de norma UNE-EN 60812 (2008)

2.6. Diagramas de bloques para los principales sistemas vehiculares

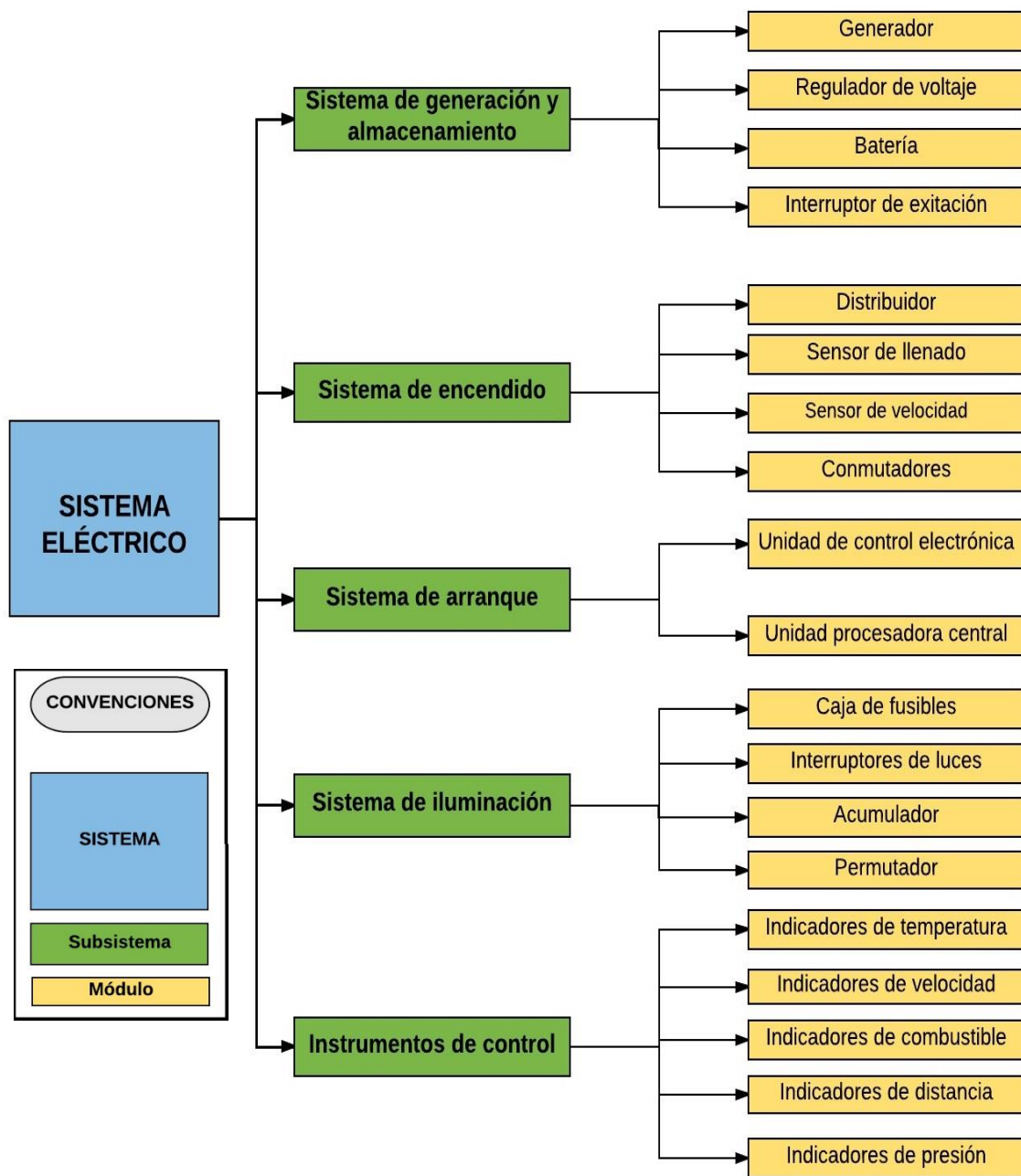
Los diagramas permiten una mejor comprensión de la información, por lo tanto, a continuación, se presentan los diagramas de bloques para los principales sistemas de los vehículos de carga:

Ilustración 4. Diagrama de bloques para el sistema motor



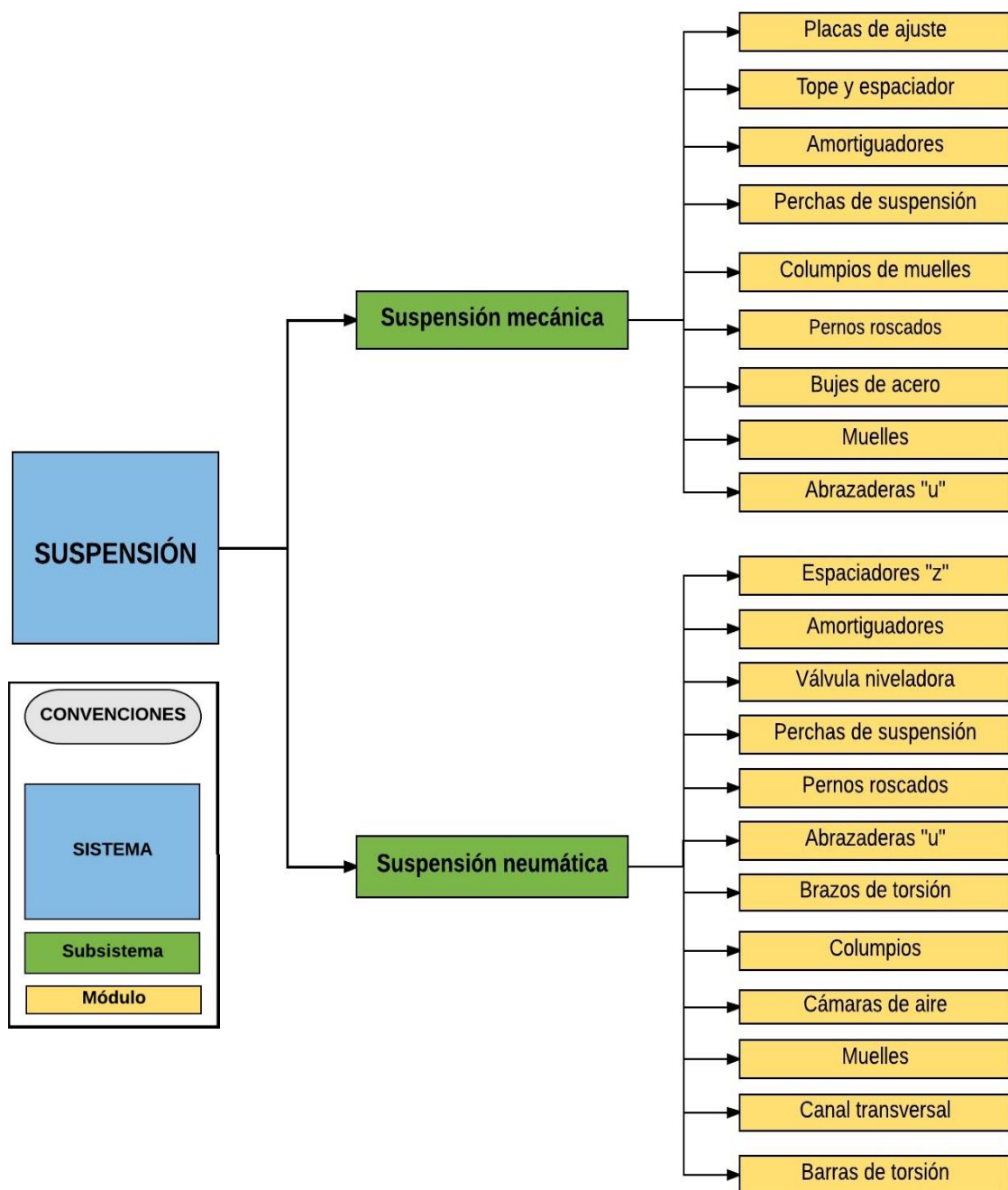
Fuente: Elaboración de los autores

Ilustración 5. Diagrama de bloques para el sistema eléctrico



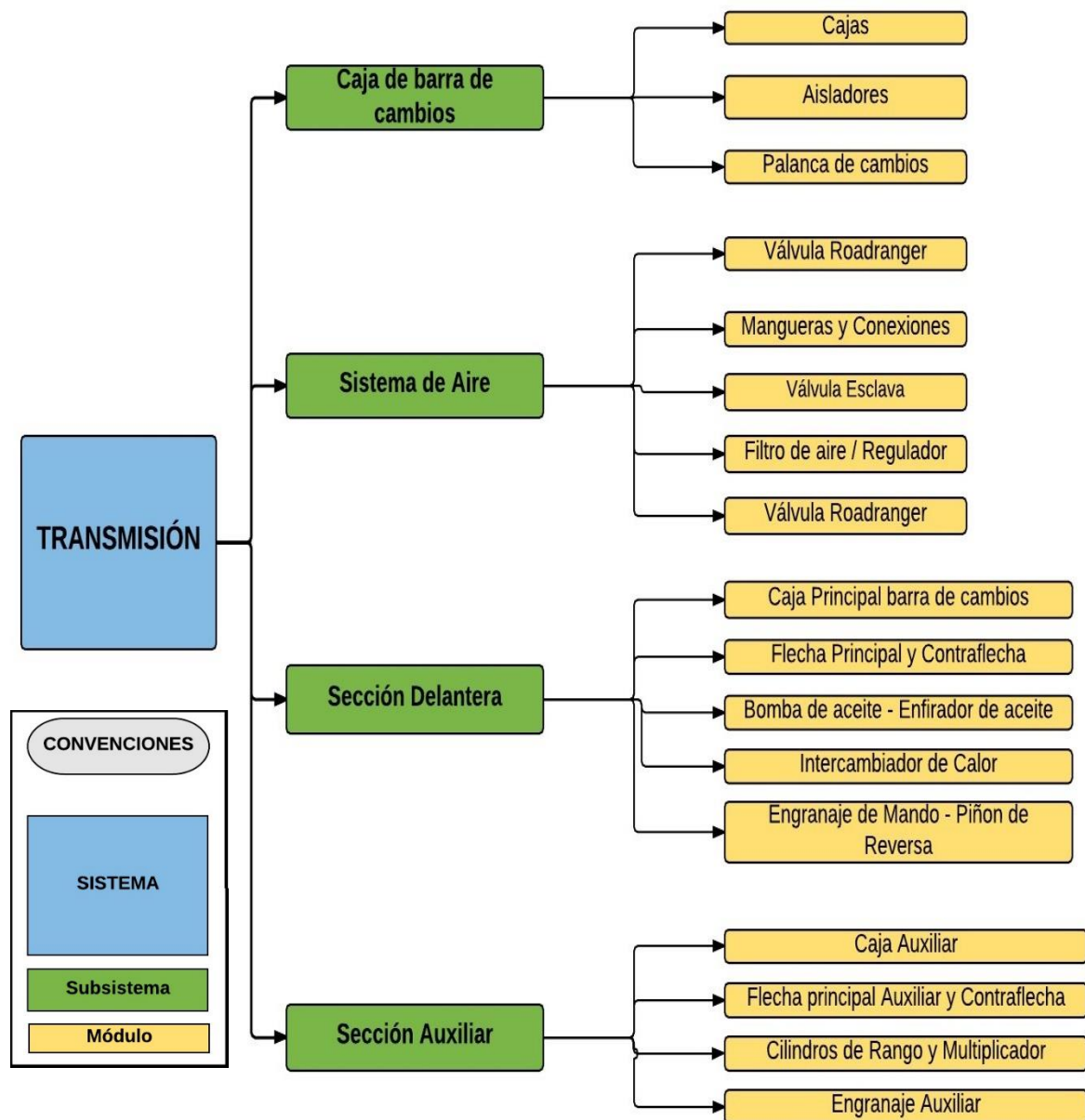
Fuente: Elaboración de los autores

Ilustración 6. Diagrama de bloques para el sistema de suspensión



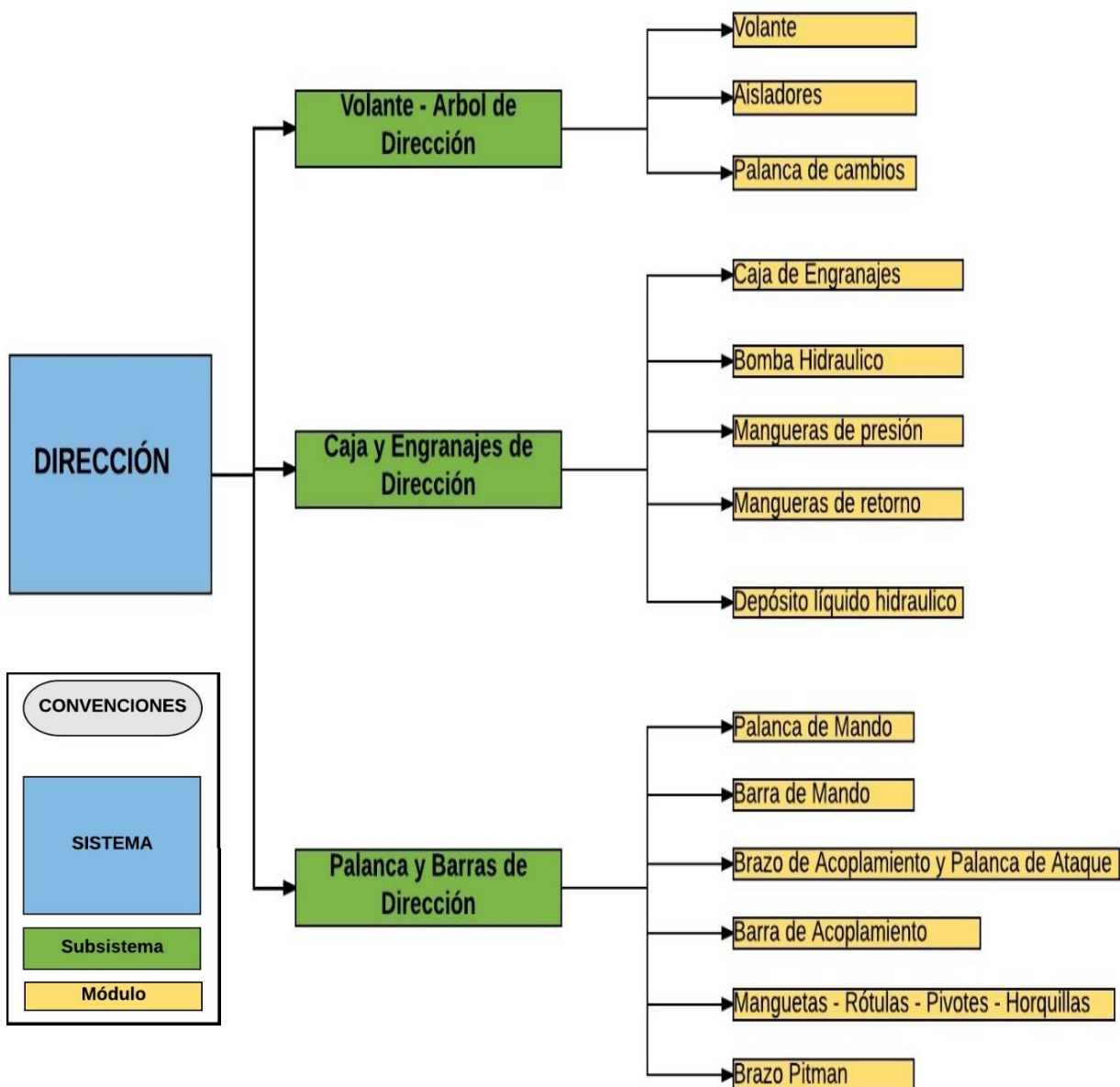
Fuente: Elaboración de los autores

Ilustración 7. Diagrama de bloques para el sistema de transmisión



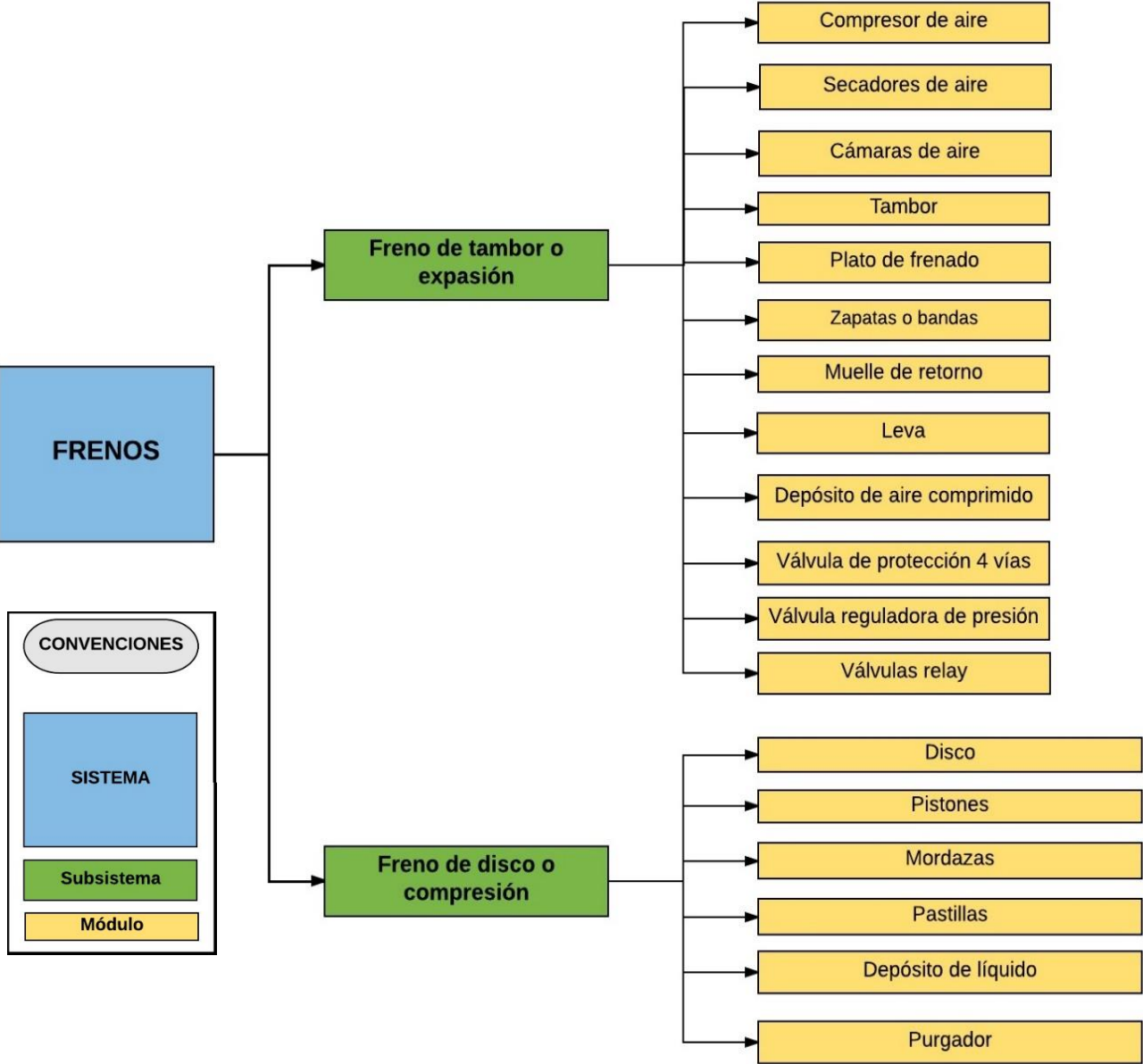
Fuente: Elaboración de los autores

Ilustración 8. Diagrama de bloques para el sistema de dirección



Fuente: Elaboración de los autores

Ilustración 9. Diagrama sistema de frenos



Fuente: Elaboración de los autores

2.7. MARCO CONCEPTUAL

- **AMEF:** análisis de modo de fallas y efectos, Es un método proactivo/reactivo, sistemático para evaluar procesos e identificar donde podrían fallar y evaluar el impacto de múltiples fallas, con el fin de identificar las partes del proceso de atención que deben ser modificadas para anticiparse a un error minimizando su impacto.⁷
- **Falla:** se entiende por fallo de una máquina cualquier cambio en la misma que impida que ésta realice la función para la que fue diseñada. Dentro de esta definición cabe un gran número de diferentes tipologías de fallo, clasificadas según la causa que las generó: Fallo mecánico, fallo eléctrico, fallo en los dispositivos de control entre otros.⁸
- **Incidencia:** cosa que se produce en el transcurso de un asunto, un relato, etc., y que repercute en él alterándolo o interrumpiéndolo.
- **Mantenimiento:** se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y los equipos en un estado de operación confiable y segura, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas lógicos que garanticen alta disponibilidad de los equipos.¹
- **NPR:** el número de prioridad de riesgo, es una herramienta utilizada para determinar acciones prioritarias dentro de un conjunto. El NPR se apoya en el llamado método GOD (SOD según definiciones), el cual separa las diferentes acciones a realizar según su Gravedad (Severidad), Ocurrencia y posibilidad de Detección.⁹
- **RAM:** un análisis RAM estudia tres parámetros esenciales para el desempeño de un proceso: la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad de los distintos equipos que forman parte del sistema, con el fin de optimizar el rendimiento del mismo, minimizar la pérdida de producción debida a fallos (tanto sean seguros como peligrosos) y requerimientos de

⁷ Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). Tomado de: <https://www.invima.gov.co/images/pdf/tecnovigilancia/memorias/SISTEMA-GESTI%C3%93N%20RIESGO%20OCL%C3%8DNICO%20-%20AMFE.pdf>

⁸ Mantenimiento mecánico de máquinas. Fallo mecánico. Página 22.

⁹ Enrique Muñoz. Tomado de: <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>

mantenimiento e inspección, e identificar los equipos más críticos para el funcionamiento óptimo del proceso.¹⁰

- **RCM:** Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una instalación industrial y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde se obtenían los resultados más adecuados para la seguridad de la navegación aérea. Posteriormente fue trasladada al campo militar y mucho después al industrial, tras comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.¹¹
- **TPEF:** tiempo promedio entre fallas, se halla con la Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en esos ítems en el período observado.¹²
- **TPPR:** tiempo promedio por reparación, es la Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.¹³

2.8. ESTADO DEL ARTE

En lo relacionado con el mantenimiento de flotas de carga pesada, diversos profesionales y sus respectivas instituciones forman parte del grupo de personas que se han preocupado por abordar temas relacionados. Tal es el caso del trabajo realizado por el Ingeniero Mecánico Manuel Salvador Peralta Ruiz, en su monografía para aspirar al título de especialista en gerencia de mantenimiento con su proyecto titulado “**MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA FLOTAS DE TRANSPORTE PESADO**” este trabajo se elabora con el fin de suplir necesidades del sector transportador en cuanto a mantenimiento de sus flotas vehiculares, el autor de este trabajo inicia su investigación verificando el estado

¹⁰ Chiltworth a Dekra Company. Tomado de: <http://www.chilworth.es/archivos/145archivo.pdf>

¹¹ Ingeniería del Mantenimiento. Tomado de: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

¹² Mantenimiento mundial. Tomado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/calculos/clase-mundial.asp>

¹³ Mantenimiento mundial. Tomado de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/calculos/clase-mundial.asp>

actual de transporte de carga pesada en el país y determinando su influencia en el contexto económico y social en el país, estableciendo costos fijos, costos variables y la influencia de los mismos en la constitución del PIB.

Esta monografía hace una descripción de los tipos de mantenimiento que se aplican a la industria del transporte de carga pesada, al igual que de los indicadores más utilizados para el mantenimiento y la estructura de los costos. Este trabajo hace un especial énfasis en mantenimiento predictivo con análisis de aceites para los motores de las marcas CAT, CUMMIS, DETROIT, MERCEDEZ BENZ al igual que de los sistemas de transmisión de potencia. Salvador realiza una presentación para la gestión de los inventarios de las flotas, como la administración óptima de repuestos, la herramental al igual que la consumible para finalmente ofrecer un software de información y administración del mantenimiento.

Otro trabajo realizado sobre mantenimiento de flotas de vehículos es el de Javier Arias Bermeo, en su proyecto de grado titulado **“DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO MECÁNICO PARA VEHÍCULOS DE LA SECRETARÍA DE TRANSITO Y TRANSPORTE MUNICIPAL PARA SANTIAGO DE CALI”** donde se estableció en primer lugar el estado del parque automotor, identificando personal a cargo de la flota, documentación que se maneja al igual que las programación de revisiones y mantenimientos existentes. Para la organización de la información recolectada se creó una base de datos en Excel que permite el uso de herramientas gráficas y de fácil manejo.

En la etapa de implementación se mostró al secretario de transito al igual que a funcionarios de la institución el funcionamiento de estas herramientas y en una segunda etapa se realizaron campañas de concientización a los guardas de transito sobre el cuidado y uso adecuado de los vehículos.

Una de las obras sobre mantenimiento más completas sobre mantenimiento fue la escrita por Alberto Mora Gutiérrez, titulada **“MANTENIMIENTO, EJECUCIÓN Y CONTROL”** en el año 2010, ya que en este trabajo se da al mantenimiento un enfoque sistémico, buscando entender mejor al igual que manejar y controlar un sistema de mantenimiento y producción, este escrito está diseñado de tal modo que todos los conceptos se manejan con el más puro tratamiento científico, donde se implementan conceptos de gran importancia sobre la medición real de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad los cuales se desarrollan en forma seria y sencilla de entender dando una herramienta muy útil para su aplicación en las empresas. Uno de los principales aportes de Alberto Mora consiste en definir las pautas para entender el mantenimiento como un sistema que posee niveles diferenciales con todos sus elementos, que tiene un lenguaje propio y específico, el cual permite una

fácil comunicación entre los actores relevantes: mantenimiento, producción y máquinas.

El ingeniero automotriz Leónidas César Valdez Padilla de desarrolló en el Ecuador en el año 2012 un trabajo titulado **“PLAN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA VEHICULAR DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA CIUDAD DE CAÑAR”** en este trabajo se desarrollan conceptos asociados al mantenimiento junto con prácticas y teorías teniendo como objetivo obtener la disponibilidad máxima de la flota, cumpliendo los estándares de seguridad para su funcionamiento y buscado siempre la elaboración de los procesos con el menor costo posible.

Dentro de este trabajo se desarrollan por áreas todas labores que estas deben realizar al momento del mantenimiento vehicular, desde las relacionadas con los con el manejo del personal hasta de cómo debe ser la gestión de stocks de repuestos. En este plan de gestión se tiene en cuenta los costos asociados al mantenimiento como el costo de aprovisionamiento, costo de tener en el inventario y el costo al momento de la salida. El ingeniero padilla en su obra deja planteadas estrategias para la optimización de la flota, realizando igualmente una serie de sugerencias para la optimización de los procesos.

Para finalizar el autor del trabajo concluye que se lograron establecer los parámetros para la elaboración de un plan de mantenimiento ajustado para la flota de la ciudad de cañar, al igual que enfatiza en que se necesitan más recursos para la aplicación de dicho plan y propone también la renovación de vehículos de la flota que se encuentran en un estado muy avanzado de daño.

2.9. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Tabla 4. Marco legal y Normativo para vehículos pesado

Legislación	Título	Contenido
Acuerdo 051 de 1993	Por el cual se dictan disposiciones en materia de Tránsito Terrestre automotor y se derogan los Acuerdos 0034 de 1.991, 00022 de 1992 y 00052 de 1992	Las disposiciones consagrarlas en este Acuerdo conforman el régimen bajo el cual se fijan todos los procedimientos y requisitos de 106 trámites que se adelantan ante los organismos de tránsito del país y algunos que tienen relación con el INTRA.
Decreto 4741 del 2005	“Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral	En el marco de la gestión integral, el presente decreto tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.
ISO 14224	Petróleo, petroquímica y gas natural industrias de recogida e intercambio de datos de fiabilidad y mantenimiento de equipos.	ISO 14224: 2006 proporciona una base amplia para la recogida de fiabilidad y mantenimiento (RM) datos en un formato estándar para equipos en todas las instalaciones y las operaciones dentro de las industrias del petróleo, gas natural y petroquímicos durante el ciclo de vida útil de los equipos.
SAE JA 1011	Sociedad de Ingeniería para el avance de la movilidad del suelo Mar Aire y del Espacio	Norma SAE para el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) está destinado para su uso por cualquier organización que tiene o hace uso de los activos físicos o sistemas que desea gestionar de forma responsable.
Reglamento (CE) N°715/2007	Información técnica para la reparación y mantenimiento de vehículos	Información relativa a la reparación y mantenimiento del vehículo significa toda información necesaria para el diagnóstico, el mantenimiento, la inspección, el seguimiento periódico, la reparación, la reprogramación o reinicialización del vehículo que los fabricantes ponen a disposición de los concesionarios y los talleres de reparación autorizados, incluidos las modificaciones y suplementos posteriores
Reglamento (CE) N° 595/2009	Información técnica para la reparación y mantenimiento de vehículos	Relativo a la homologación de los vehículos de motor y los motores en lo concerniente a las emisiones de los vehículos pesados (Euro VI) y al acceso a la información sobre reparación y mantenimiento de vehículos

Fuente: Autores del proyecto (2016).

2.10. METODOLOGÍA

La metodología que se siguió para el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, está compuesta por una serie de fases metodológicas que tiene componentes tanto teóricos como prácticos los cuales se describen a continuación:

1. Fase 1

- Recopilación y análisis de información existente en NAVITRANS SA. Acerca del ingreso de vehículos al taller por motivo de fallas mecánicas, lo flota seleccionada para dicho acopio de datos será la de OLEOTANQUES SAS, ya que existe facilidades para la obtención de la información de estos vehículos.
- Creación de una Base de datos para el manejo ordenado de la información recolectada anteriormente de forma organizada y de fácil consulta.

2. Fase 2

- Para esta codificación se tendrá como base la matriz de análisis de modo de fallas y efectos (AMEF), se realizará un análisis de criticidad, por lo cual se determinará el número de prioridad de riesgo (NPR) en primer lugar.
- Creación de la matriz de análisis de modo de fallas y efectos (AMEF) con su respectivo número de prioridad de riesgo.

3. Fase 3

- Cálculo de los indicadores: la confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad por sus siglas en inglés (RAM), iniciando por la determinación de los tiempos promedios entre fallas (TPEF) y los tiempos promedios para reparación (TPPR).
- Modelaje de la RAM.

4. Fase IV

- Análisis de los datos obtenidos con la matriz de análisis de modo de fallas y efectos (AMEF) y el modelaje de la (RAM) confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad.
- Diseño de programa de optimización en los procesos.
- Calcular el retorno de la inversión (ROI)

La flota vehicular está compuesta por 192 vehículos, ver tabla 1, la cual es la población de estudio, y se tomarán como muestra para el desarrollo del proyecto 5 vehículos, por disponibilidad de la compañía como se indica:

Tabla 5. Vehículos de muestra para el desarrollo del proyecto de la flota Oleotankes

Nº	PLACA	MODELO	TIPO
1	SNQ906	2012	WORKSTAR
2	SNR174	2012	WORKSTAR
3	SVO309	2011	EAGLE
4	SZX491	2011	EAGLE
5	SZX494	2011	EAGLE

Fuente: Autores del proyecto (2016).

Los expertos consultados en el desarrollo del proyecto son parte del equipo de mantenimiento de Oleotankes y NAVITRANS.

Tabla 6. Expertos consultados para el desarrollo del proyecto de la flota Oleotankes

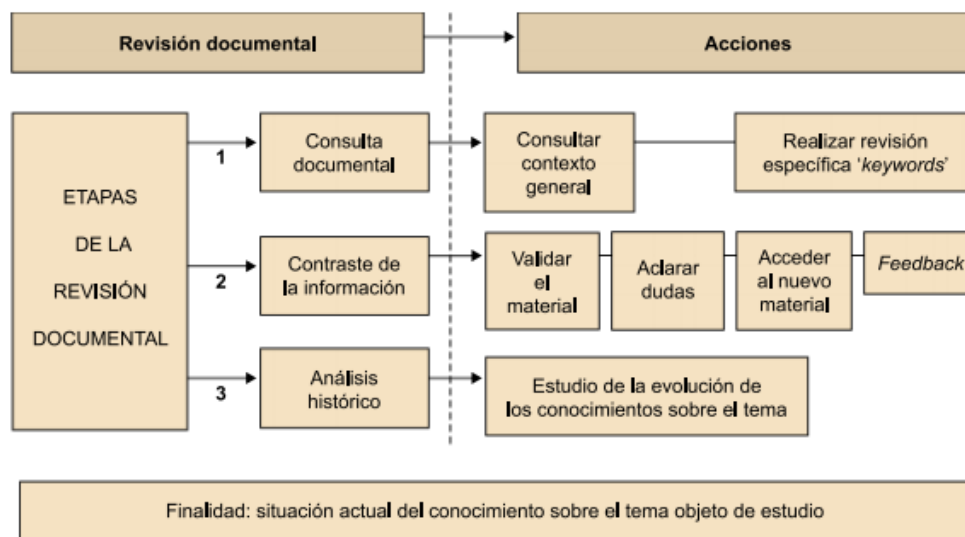
Nº	NOMBRE	PROFESIÓN	CARGO
1	Nelson Segura	Ing. Mecánico	Director de Mantenimiento Oleotankes
2	Felipe Rave	Ing. Mecánico	Sub – Director de Mantenimiento Oleotankes
3	Andrey Amado	Ing. Industrial	Jefe de taller Patio 1 NAVITRANS

Fuente: Autores del proyecto (2016).

2.10.1. Revisión documental

Para el desarrollo del presente trabajo, se aplicó un análisis documental de tipo cualitativo, a través del estudio de fuentes secundarias de información; para ello, en primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica y documental, así como una consulta en las principales bases de datos y fuentes documentales. Esta revisión permitió identificar la calidad de los datos recolectados donde se recopilan los fallos, para posteriormente simplificarlos y clasificar las fallas. Para realizar esta revisión bibliográfica y documental se siguieron los pasos establecidos en la siguiente figura:

Ilustración 10. Fases de la revisión documental



Fuente: Amador (1998)

Con los datos previamente clasificados, se realizó la determinación de las matrices para el Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), donde se indican las acciones que se deben tomar para resolver el fallo, al igual que los procedimientos que se recomiendan para evitar la reincidencia de estas en el corto plazo.

Posteriormente se creó una nueva base de datos, donde se codificaron las fallas y se identificó la frecuencia de incidencia por cada uno de los sistemas, dando como resultado un consolidado total para las fallas presentadas por los vehículos en un periodo de cinco años.

Con la frecuencia de las fallas se realizó la modelación de la RAM (Reliability, Availability, Maintainability). Con los resultados obtenidos se elaboró el plan de mantenimiento optimizado, teniendo en cuenta las fallas críticas encontradas. Por otra parte, como método de mitigación de los fallos más repetitivos se creó un plan de contingencia adaptado para la atención de estos. Finalmente se halló el Retorno de la Inversión (ROI) con el plan de mantenimiento planteado.

CAPITULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS AMEF

3.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la determinación de la criticidad de las fallas en la flota de estudio se empleó la metodología de análisis modal de fallos, efectos y su criticidad, la cual incluye factores determinantes dentro de la evaluación como la severidad de las fallas, detectabilidad y frecuencia de las mismas, para finalmente brindar un valor correspondiente al número de prioridad de riesgo (NPR).

De acuerdo a la norma IEC 60812 se tuvo en cuenta el procedimiento sugerido en 4 etapas para la elaboración de AMEF:

- Establecer las reglas básicas para el AMEF, planificar y programar tiempos y conocimientos para hacer el análisis.
- Realizar hojas de trabajo u otros medios como diagramas lógicos o árboles de fallo
- Información del análisis, para incluir las recomendaciones y conclusiones
- Actualizar el AMFEC a medida que progresa la actividad.

El ámbito de aplicación de esta AMFEC es usado para la etapa de operación, donde el objetivo primordial es evaluar fallos individuales que puedan inducir a accidentes potenciales. En la valoración de los resultados se tomaron escalas propias de dicha metodología, donde se tuvieron en cuenta diversos factores en la asignación de la puntuación como lo son:

- Riesgo que representa para el operario y la población circundante
- Confiabilidad en la operatividad del vehículo
- Fallas que conlleven a altos gastos de reparación

Los análisis modales de fallos y efectos para las fallas de la flota de vehículos de Oleotankers SAS, se realizaron de acuerdo a cada uno de los siguientes sistemas:

- Motor
- Sistema eléctrico
- Sistema de dirección
- Frenos
- Suspensión
- Trasmisión

3.2. Delimitaciones matrices AMEF

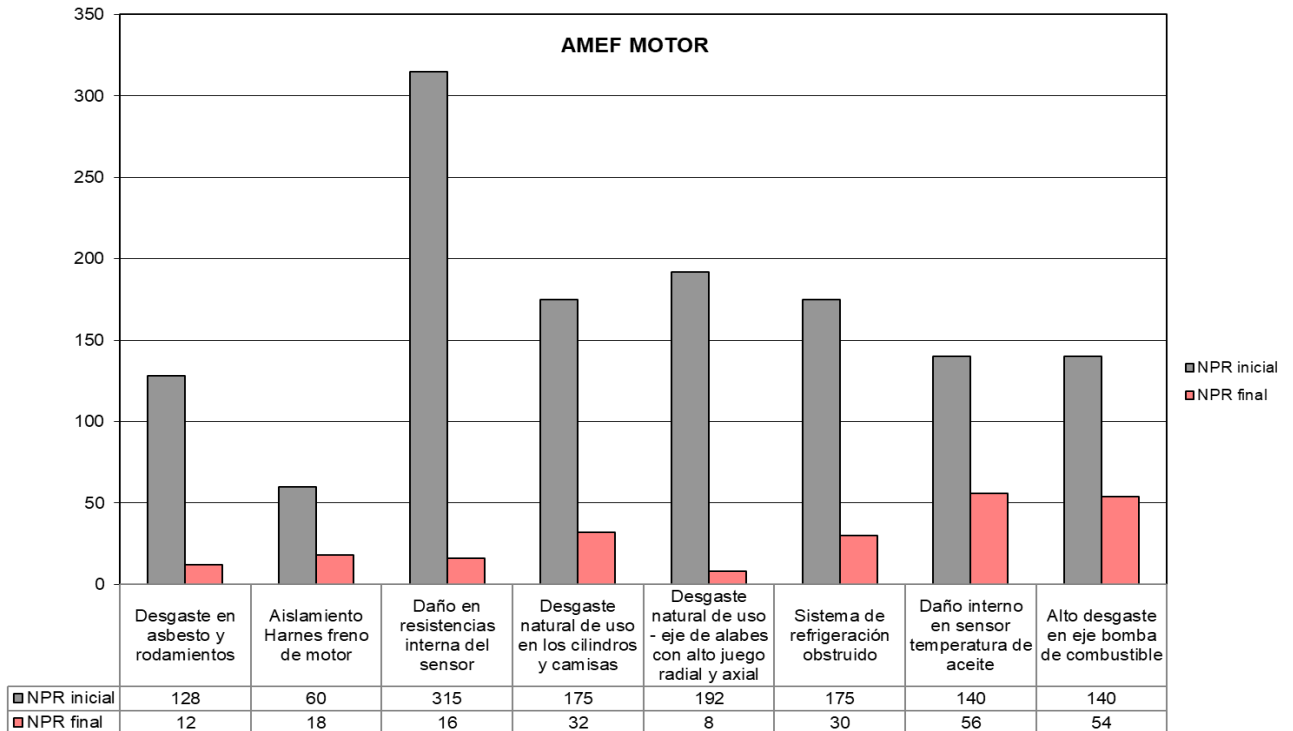
El análisis modal de fallos y efectos (AMEF) se aplicó a los sub-sistemas más importantes como son sistema motor, sistema de lubricación, sistema de frenos, sistema de transmisión, sistema de dirección y en algunos de sus módulos, dependiendo de la complejidad en la causa del fallo de cada elemento.

Los resultados se muestran a través de las siguientes tablas con su respectivo gráfico, donde se evidencian los valores obtenidos antes y después de tomar acciones correctivas:

Sistema motor

En la ilustración No.22, se muestra el gráfico de resultados para la matriz de AMEF de motor

Ilustración 11. Gráfico AMEF Motor



Fuente: (Elaboración de los Autores)



Como se evidencia en el gráfico a igual que en la tabla de análisis modal, uno de los sistemas que presenta mayor número de fallas corresponde al del motor, y del cual los costos de mantenimiento correctivo son bastante elevados. Con las

acciones recomendadas en las matrices se reduce significativamente el Número de Prioridad del Riesgo (NPR), brindando herramientas que permiten realizar acciones tendientes a la prevención de las fallas, con lo cual se reducen costos realizando inspecciones de acuerdo al kilometraje estipulado en el plan de mantenimiento y mejorando la disponibilidad de la flota

Tabla 7.Principales fallas del sistema motor para la flota

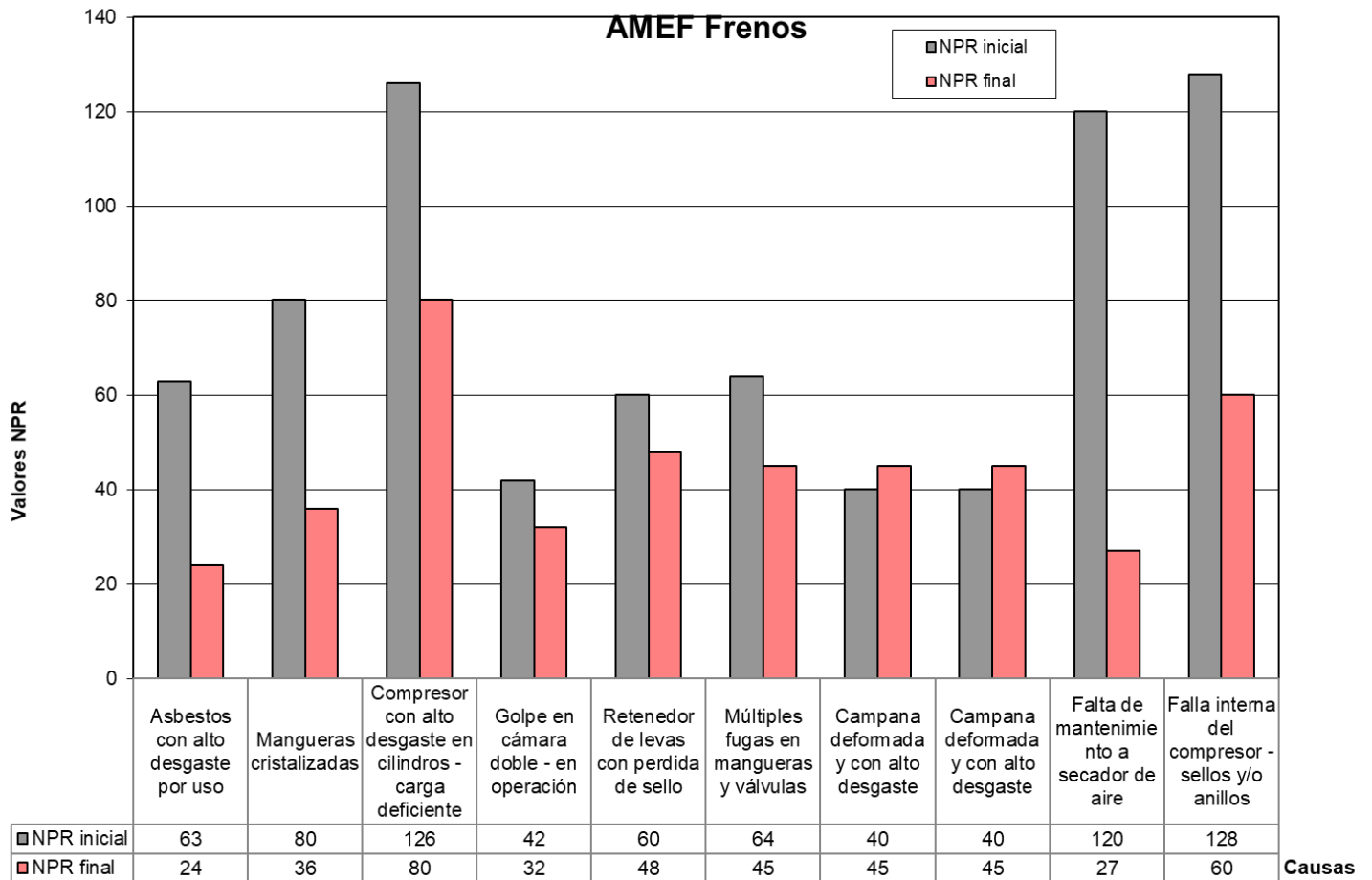
Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
Sensor de posición con circuito abierto	9	5	7	45	315	El valor de la severidad obtuvo una puntuación de 9, ya que teniendo en cuenta los criterios de evaluación anteriormente mencionados, el hecho de que una falla impida la movilidad del vehículo incrementa su valoración. Por otra parte el NPR es de los más altos en este sistema, con lo cual es prioridad tomar acciones para solucionar el fallo.	Corregir posibles cortos en arnes - corregir ruteo uso de coraza para cableado.
Bajo rendimiento del turbo	6	4	8	24	192	La detección obtuvo una ponderación elevada debido a que la identificación de esta falla requiere de herramientas de medición micrométricas y acceso a esta pieza es dispendioso. El vehículo pierde potencia pero no detiene su funcionamiento de raíz, por lo cual obtuvo una severidad de 6.	Cambiar turbo, se sugiere tener disponer de un turbo de grúa para la flota.
Baja presión de compresión	7	5	5	35	175	La severidad obtuvo un valor de 7, debido a que este fallo implica el cambio de piezas costosas del motor al igual que pierde disponibilidad y operatividad.	Cambiar piezas que presentan desgastes, hacer análisis de lubricantes

Fuente: (Elaboración de los Autores)

Sistema de frenos

En la siguiente gráfica se reflejan los resultados obtenidos para sistema de frenos de la flota objeto de estudio, en el siguiente vinculo se encuentra la información detallada de la matriz AMEF para el sistema de frenos:

Ilustración 12. Gráfico AMEF Frenos



Fuente: (Elaboración de los Autores)

El sistema de frenos no presenta fallas tan frecuentes como otro tipo de sistemas, a continuación, se muestran las fallas con mayor Número de Prioridad de Riesgo (NPR) con su respectivo criterio de evaluación:

Tabla 8.Principales fallas sistema de frenos

Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
Sistema Neumático con carga deficiente	7	3	6	21	126	La severidad y la detección obtuvieron los valores más altos, esto con respecto a los criterios mencionados anteriormente, por lo tanto el valor NPR, indica que se deben tomar acciones preventivas y/o correctivas frente a esta falla.	Programar inspección al compresor cada 5000 Km
Presencia de aceite en tanques de almacenamiento	8	4	4	32	128	La severidad de esta falla obtuvo un puntaje alto debido a los criterios mencionados anteriormente, el valor NPR, indica tomar acciones para mitigar esta falla	Verificar concentración del refrigerante - estado del sistema de lubricación del compresor - Inspección a tanques de aire - Mantenimiento cada 5000 Km
Presencia de agua en los tanques de almacenamiento	5	6	4	30	120	La Frecuencia y severidad de esta falla, obtuvieron los valores más altos de acuerdo a los criterios mencionados anteriormente, el valor NPR indica tomar acciones para mitigar este falla	Capacitación a conductores - Programar mantenimiento a secador de aire - Inspección a tanques de aire - Mantenimiento a secador cada 5000 Km

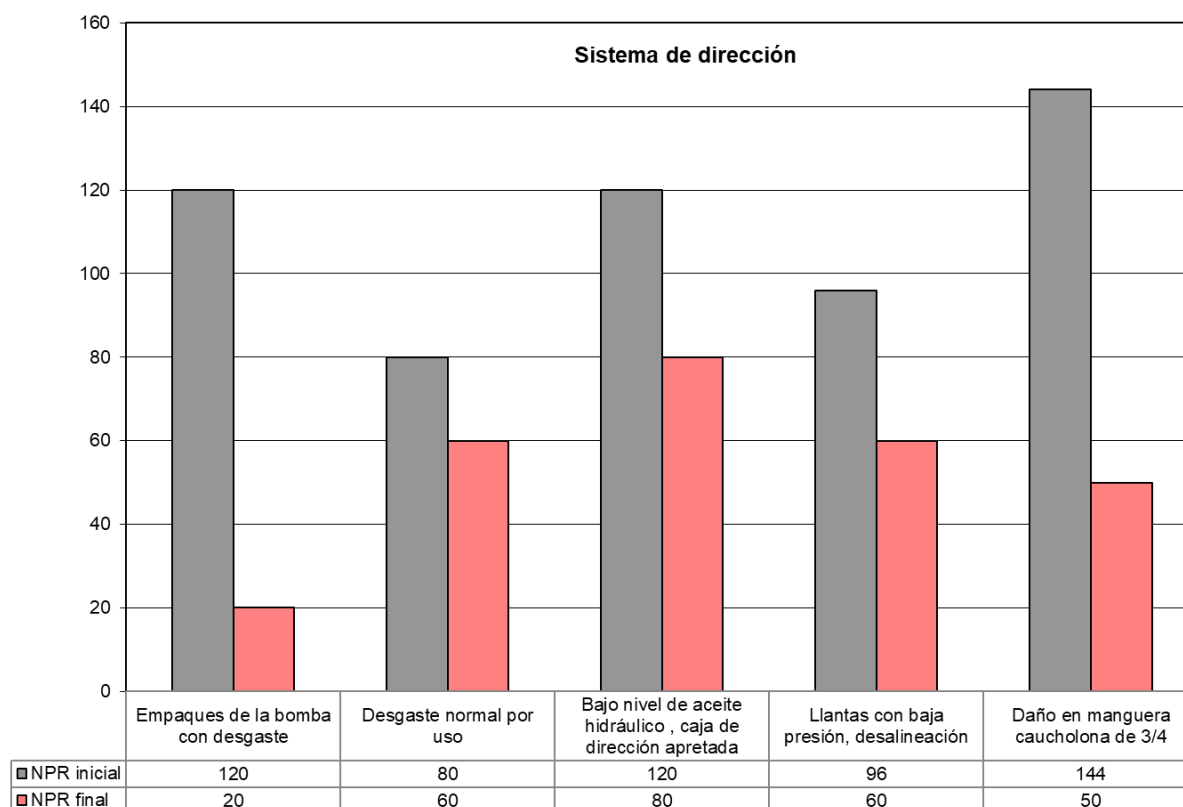
Fuente: (Elaboración de los Autores)

Sistema de dirección

Las principales fallas presentadas en este sistema, están relacionadas con el desgaste de empaques de la bomba de dirección, presentándose frecuentemente ingresos a patio este motivo. En las acciones recomendadas, el grupo de estudio propone inspecciones periódicas las cuales también están contempladas en el plan de mantenimiento, buscando reducir los tiempos de reparación de la flota.



Ilustración 13. Análisis modal de fallos y efectos sistema de dirección



Fuente: (Elaboración de los Autores)

En la siguiente tabla se muestran las principales fallas encontradas para este sistema al igual que los criterios utilizados por los autores para la valoración de los diversos ítems:

Tabla 9.Principales fallas sistema de dirección

Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
Fuga de aceite por bomba hidráulica	5	6	4	30	120	Los valores de severidad y frecuencia obtuvieron los valores más altos, afectando el valor NPR, por lo que se deben tomar acciones para evitar esta falla, y así reducir su frecuencia. Estos valores fueron acordados según los criterios mencionados.	Programar Revisión diaria y periódica para cambio de empaques, cada 8000 Km
Fuga de aceite dirección hidráulica	6	8	3	48	144	Los valores de criticidad y NPR en este sistema son altos debido a su alta frecuencia y severidad de la falla, por lo que se evidencia la necesidad de tomar acciones que reduzcan su frecuencia.	Programar Revisión diaria y periódica, cada 8000 Km
Volante no regresa a su posición original apropiadamente	6	4	5	24	120	La severidad y la detección obtuvieron los valores más altos, esto con respecto a los criterios mencionados anteriormente, por lo tanto el valor NPR, indica que se deben tomar acciones preventivas y/o correctivas frente a esta falla.	Programar Revisión diaria y periódica, cada 8000 Km - Verificar montaje - Revisión de fugas , estado de mangueras y llantas

Fuente: (Elaboración de los Autores)

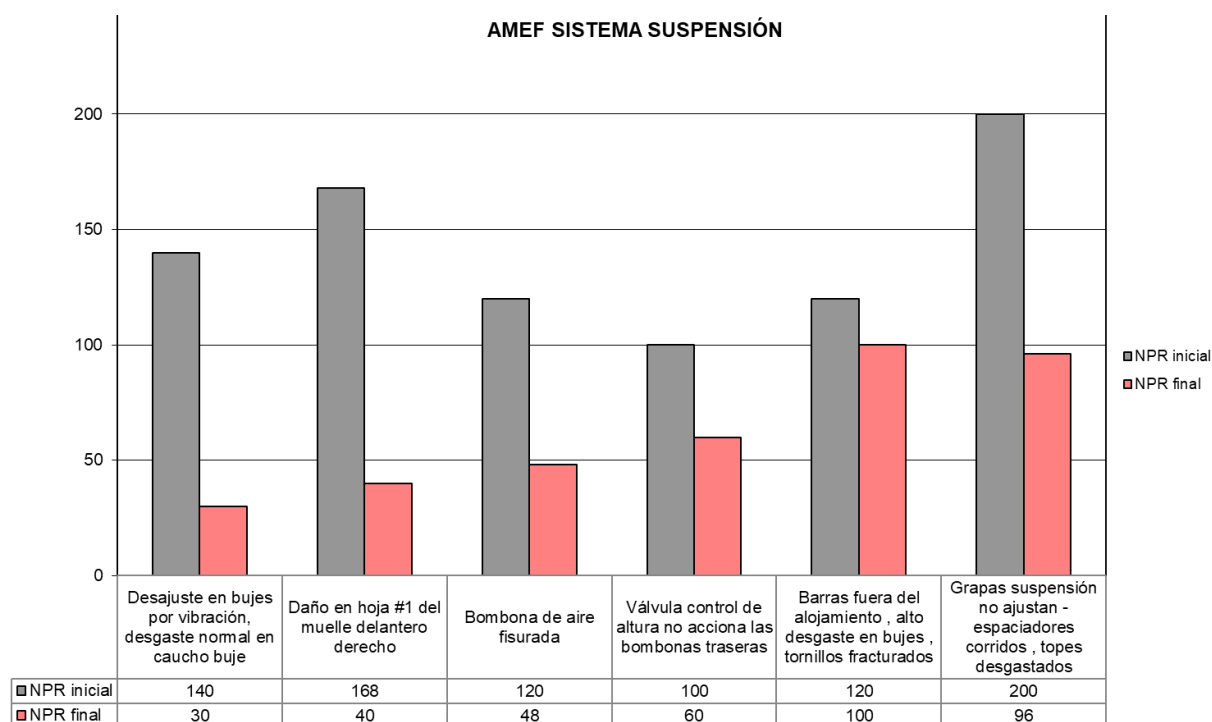
Sistema de suspensión

El ingreso al patio de por fallas en el sistema de suspensión es algo recurrente en la flota, ya que dichos componentes son propensos a presentar inconvenientes por diversos factores, como una mala distribución de la carga, deficiencias en la operación del vehículo, o simplemente debido a las condiciones topográficas que son expuestos a diario los tractos camiones:



AMEF Sistema
Suspensión.xlsx

Ilustración 14. Análisis modal de fallos y efectos sistema de suspensión



Fuente: (Elaboración de los Autores)

En la tabla de análisis de los resultados obtenidos con las matrices AMEF mostrada en seguida, se evidencia como fallas que aparentemente pueden ser inofensivas o que se presentan con cierta recurrencia, pueden llegar a desencadenar fallos mucho más graves en los diferentes sistemas de los camiones. Teniendo en cuenta las experiencias de los autores del proyecto con los principales fallos en el sistema de dirección, se proponen inspecciones con cierta regularidad tendientes a evitar realizar labores correctivas posteriores.

Tabla 10.Principales fallas sistema de suspensión

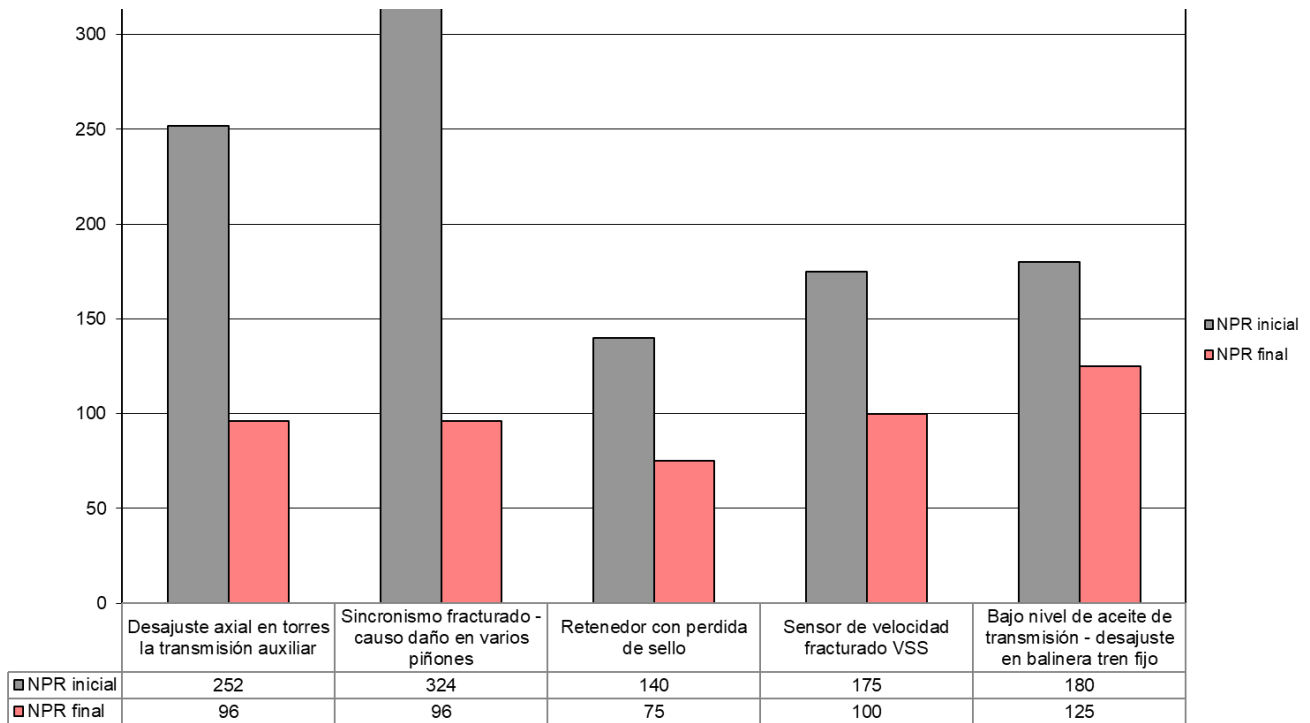
Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
Vehículo con inclinación en parte delantera - suspensión delantera derecha con falla	6	4	7	24	168	El valor de la detección obtuvo una puntuación de 7, ya que teniendo en cuenta los criterios de evaluación anteriormente mencionados, el hecho de que una falla impida la movilidad del vehículo incrementa su valoración. Por otra parte el NPR es de los más altos en este sistema, con lo cual es prioridad tomar acciones para solucionar el fallo.	Corregir posibles cortos en arnes - corregir ruteo uso de coraza para cableado.
Suspensión desalineada, corrida hacia atrás	8	5	5	40	200	El valor de la severidad obtuvo una puntuación de 8, aunque el vehículo no pierde su movilidad, los efectos de la desalineación en la suspensión recaen en la transmisión, por lo que su número NPR se ve afectado, lo cual se recomienda tomar acciones.	Inspeccionar posicionamiento cada 50.000 Km
Suspensión de resorte del eje delantero - lado izquierdo estallado - presenta fuga de aceite	4	6	6	24	144	El valor de la frecuencia obtuvo una puntuación de 6, debido a los criterios de evaluación, los costos por reemplazo de estas piezas aumenta el NPR, se recomienda tomar acciones para mitigar esta falla.	Inspección a suspensión cada 5000 km - se programa capacitación a conductores

Fuente: (Elaboración de los Autores)

Sistema de Transmisión

Uno de los principales fallos del sistema de transmisión en la flota de Oleotankers, está relacionado con inconvenientes a la hora de engranar los cambios, este inconveniente se debe a diversos factores como falencias a la hora de operar los vehículos al igual que se puede presentar por fatiga en las piezas encargadas de realizar dicha función.

Ilustración 15. Análisis modal de fallos y efectos sistema de transmisión



Fuente: (Elaboración de los Autores)

Las acciones propuestas por el grupo de estudio para reducir la probabilidad de ocurrencia de fallos por sincronismo fracturado, es realizar continuas capacitaciones con los operarios de los vehículos, al igual que llevar a cabo inspecciones rutinarias para reducir la cantidad de mantenimientos correctivos y mejorar la disponibilidad de la flota, en la siguiente tabla se puede observar la valoración estimada para tal falla:

Tabla 11. Principales fallas sistema de transmisión

Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
No entran los cambios 4ta , 6ta , ruido anormal	9	4	9	36	324	Los valores de severidad y detección obtuvieron los puntajes más altos, ya que este tipo de fallo conlleva altos costos para su reparación así como también el tiempo de reparación.	Verificar ajuste de las diferentes partes , programar inspección - Implementar transmisión de grúa
Ruido anormal en transmisión	6	6	5	36	180	Los valores de severidad y frecuencia obtuvieron los valores más altos, afectando el valor NPR, por lo que se deben tomar acciones para evitar esta falla, y así reducir su frecuencia.	Programar inspección a rodamientos de tren fijo y corredizo - verificar nivel y estado de aceite transmisión
La palanca se traba en una velocidad	6	5	6	30	180	Los valores de severidad y detección obtuvieron los puntajes más altos, ya que este tipo de fallo conlleva altos costos para su reparación así como también el tiempo de reparación.	Verificar ajuste y número de pieza de las diferentes partes, programar inspección - Capacitación a conductores

Fuente: (Elaboración de los Autores)

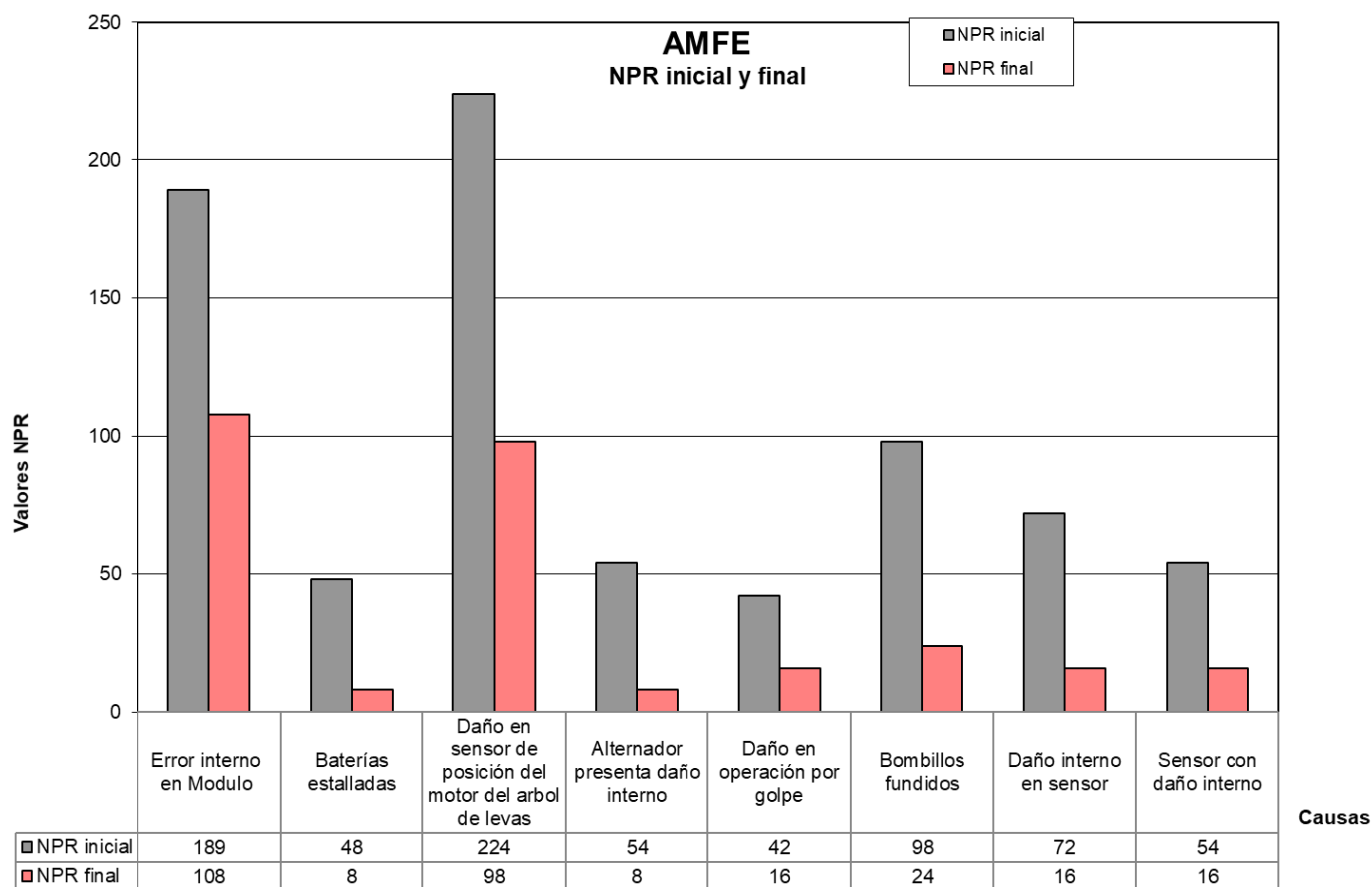
Sistema eléctrico

Los fallos relacionados con el sistema eléctrico representan un ingreso relativamente frecuente a los patios de la Navitrans, ya que se presentan inconvenientes en el encendido de los bombillos por cortos circuitos en el sistema y en otros escenarios se presentan fallas en el encendido del vehículo por pérdida de energía. El siguiente gráfico de barras muestra los NPR iniciales para las principales fallas y el NPR final obtenido con las acciones recomendadas por los autores:



AMFE Sistema Eléctrico.xlsx

Ilustración 16. Análisis modal de fallos y efectos sistema eléctrico



Fuente: (Elaboración de los Autores)

Aunque la detección de un fallo en sistema eléctrico la mayoría de las veces es fácil de diagnosticar, determinar el punto exacto del problema es proceso dispendioso, ya que se debe inspeccionar todo el cableado del vehículo hasta detectar la zona que presenta el inconveniente. En este orden de ideas, las fallas en este sistema pueden acarrear en algunos casos altos tiempos de reparación, lo que afecta significativamente la disponibilidad de la flota, por lo tanto, el grupo de trabajo hace una serie de recomendaciones encaminadas a la reducción la probabilidad de ocurrencia de dichos inconvenientes los cuales se aprecian a continuación:

Tabla 12.Principales fallas sistema eléctrico

Falla	Severidad	Frecuencia	Detección	Criticidad	NPR	Criterio	Acciones Recomendadas
Testigo falla en luz roja Cod.111 - Vehículo no enciende	9	3	7	27	189	La severidad y la detección obtuvieron los valores más altos, esto con respecto a los criterios mencionados anteriormente, por lo tanto, el valor NPR, indica que se deben tomar acciones preventivas y/o correctivas frente a esta falla.	Revisar ruteo de cableado para evitar cortos por rozamiento - Instalar corazas - Revisar cableado y ruteos de cable cada 8000 Km
Testigo falla en luz roja Cod. 115 - Duro de encendido	8	4	7	32	224	La severidad y la detección obtuvieron los valores más altos, esto con respecto a los criterios mencionados anteriormente, por lo tanto, el valor NPR, indica que se deben tomar acciones preventivas y/o correctivas frente a esta falla.	Verificar que el número de parte del sensor corresponda al número de motor - Solicitar disponibilidad de parte a bodega según número de motor
Farola no enciende	7	7	2	49	98	La Severidad y la Frecuencia obtuvieron los valores más altos, debido a los criterios anteriormente mencionados, la parada de un vehículo con carga es causa grave para la compañía, el NPR indica tomar acciones para mitigar esta falla	Inspeccionar voltaje entregado por el alternador, Cambio de bombillos fundidos

Fuente: (Elaboración de los Autores)

Tabla 13.Total, fallas analizadas

TOTAL FALLAS ANALIZADAS POR SISTEMA	
Sistema de Dirección	402
Sistema de Motor	907
Sistema de Transmisión	372
Sistema de Frenos	298
Sistema de Suspensión	475
Sistema Eléctrico	426
Total Fallas	2880

Fuente: (Elaboración de los Autores)

Tabla 14. Resumen fallas en el sistema de dirección

Sistema de Dirección			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SD0001	Fuga de aceite dirección hidráulica	-Daño por corte en manguera caucholona de 3/4. - Abrazaderas mangueras no ajusta. - Tarro deposito fisurado. -Mangueras cristalizadas con fisuras.	111
SD0002	Daño en bomba hidráulica	-Empaques de la bomba con desgaste -Bajo nivel de aceite hidráulico -Mangueras Obstruidas	80
SD0003	Vehículo hala hacia la izquierda o derecha	Llantas con baja presión, desalineación Bajo nivel aceite hidráulico	80
SD0004	Columna de dirección con alto desgaste en estrías de la junta cardanica	Desgaste normal por uso falta de engrase en articulaciones	68
SD0005	Volante no regresa a su posición original apropiadamente - dirección dura	Bajo nivel de aceite hidráulico caja de dirección apretada bajo nivel de aceite hidráulico	63

Fuente: (Elaboración de los Autores)

En la siguiente tabla se especifica la frecuencia de casos presentados con el sistema motor, al igual que el modo como se presentó la falla y la causa probable para que esta se diera:

Tabla 15. Resumen fallas sistema de motor

Sistema de Motor			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SM0001	Fuga de refrigerante por tapa-tarro	-Sistema de refrigeración obstruido -Baja calidad de la tapa - tarro. -Falencia en instalación de tapa.	54
SM0002	Sensor de posición con circuito abierto	-Daño en resistencia interna del sensor. -Corto por cableado pelado. -Referencia de Sensor errónea	52
SM0003	Bajo rendimiento del turbo	-Desgaste natural de uso - eje de alabes con alto juego radial y axial. -fallas en lubricacion del eje de alabes. -Baja calidad en el aceite. -Entrada de tierra al sistema de admisión.	52
SM0004	Freno de motor deficiente	-Daño en bobinas de freno de motor. -Daño en cableado arnes freno de motor. - Línea de vacio con fisuras	52
SM0005	Baja presión de compresión	-Desgaste natural de uso en los cilindros y camisas. -Válvulas de admisión o escape malcalibradas. -Aceite de motor incorrecto para el tipo de motor	45
SM0006	Testigo presión de aceite	-Daño en termostato - NO activa termostato enfriador de aceite. - Posible fuga de aceite. - Falla en el regulador de presión.	45
SM0007	Correa ventilador fisurado	-Desgaste natural de uso. -Baja calidad o montaje de la correa. -Correa expuesta a altas temperaturas	44
SM0008	Fuga de agua por bomba de agua	Desgaste en empaques internos de la bomba. -Desgaste por uso normal. - Daño por mala lubricación.	44
SM0009	Fugas Aceite Motor por funda varilla medidora	-Empaque con fisura en la base del tubo de llenado. -Soporte tubo roto.	42
SM0010	testigo engine - cód de falla 212	Daño interno en sensor temperatura de aceite	42
SM0011	Ruido anormal en correas y patin tensor	-Rodamiento de patines con alto desgaste. -Correa desajustada , mal montaje. -Cuerpo extraño del sistema. -Temperaturas muy altas.	42
SM0012	Sistema combustible obstruido	Tanques de combustible contaminados. - Filtro saturado. -Combustible contaminado	41

Sistema de Motor			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SM0013	Se aumento el consumo de combustible	Fuga de combustible por válvula de corte de combustible. Mala calibración de aire en las llantas. -Falla en inyectores. -Fugas de aire constantes.	41
SM0014	Fan Clutch Motor, ruido anormal	-Desgaste en asbesto y rodamientos. -Fan cluth con fugas de aire. -Sensor termico defectuoso	39
SM0015	Fuga de aceite motor	-Enfriador de aceite fisurado. -Empaques y sellos cristalizados. -Mangueras criztalizadas o en malestado. -Fuga por retenedores.	37
SM0016	Golpe anormal en parte trasera de motor	-Soportes de motor con alto desgaste. -Calidad del material del soporte deficiente. -Conducción agresiva.	34
SM0017	testigo engine - cód de falla 144	Daño interno en sensor temperatura de refrigerante	33
SM0018	Paso de aceite al sistema de refrigeración	-Desgaste en los empaques del enfriador de aceite. -Enfriador de aceite fisurado. -Daño en junta de culata o culata.	32
SM0019	No carga sistema de aire	-Tubo de entrada al turbo con fisura. -Filtro de aire saturado. -Mangueras, abrazaderas en mal estado o mal instalados.	31
SM0020	Filtros Obstruidos	Falta de mantenimiento	30
SM0021	Paso de aceite al combustible	-Alto desgaste en eje bomba de combustible. -Daño interno en inyectores.	30
SM0023	Inyectores no contribuyen	-Circuito abierto en inyector. -Inyectores con alta suciedad. -Daño en conexiones eléctricas.	22

Fuente: (Elaboración de los Autores)

Tabla 16. Resumen fallas sistema de suspensión.

Sistema de Suspensión			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de fallo	Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SS0001	Vehículo con suspensión neumática trasera deficiente	-Bombona de aire fisurada -Compresor con carga deficiente -Fugas de aire	76
SS0002	Vehículo con inclinación hacia la derecha	-Válvula control de altura no acciona las bombonas traseras -Suspensión muelle con hojas fisuradas. - Fugas de aire	71
SS0003	Suspensión desalineada, corrida hacia atrás.	-Grapas suspensión no ajustan - espaciadores corridos, topes desgastados. -Válvula control de altura descalibrada.	71
SS0004	Barra torque suspensión fuera de rango, bujes con alto desgaste	-Desajuste en bujes por vibración, desgaste normal en caucho buje. -Válvula control de altura descalibrada.	70
SS0005	barra torque suspensión fuera del alojamiento	- Alto desgaste en bujes, tornillos fracturados. -Válvula control de altura fuera de rango.	66
SS0006	Suspensión de resorte del eje delantero - lado izquierdo estallado - presenta fuga de aceite	Mal uso por parte del operario	65
SS0007	Vehículo con inclinación en parte delantera - suspensión delantera derecha con falla	Daño en hoja #1 del muelle delantero derecho	56

Tabla 17. Resumen sistema eléctrico

Sistema Eléctrico			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de fallo	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SE0001	Farola no enciende	<ul style="list-style-type: none"> -Bombillos fundidos. -Farola con filtración de agua y tierra. -Referencia de bombillo equivocada. -Cableado en corto. -Daño por golpe. 	79
SE0002	Vehículo duro de encendido	<ul style="list-style-type: none"> -Baterías estalladas. -Alternador con operación deficiente. -Corto en cableado. -Bobinas de motor de arranque y alternador desgastados 	62
SE0003	Sensor temperatura de aceite fuera de rango	<ul style="list-style-type: none"> -Daño interno en sensor. -Referencia equivocada. -Circuito en corto. 	60
SE0004	Testigo falla en luz roja Cod. 115 - Duro de encendido	Daño en sensor de posición del motor del arbol de levas	57
SE0006	Sensor de velocidad con daño interno	<ul style="list-style-type: none"> -Sensor con daño interno. -Referencia equivocada. -Circuito en corto. 	44
SE0008	Testigo falla en luz roja Cod.111 - Vehículo no enciende	<ul style="list-style-type: none"> -Error interno en Modulo. -Circuitos en corto. 	38

Tabla 18. Resumen sistema de frenos

Sistema de Frenos			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SF0001	Presencia de agua en los tanques de almacenamiento	-Falta de mantenimiento a secador de aire y/o empaquetaduras	44
SF0002	Desgaste anormal de llanta y exceso de vibración al frenar	-Campana deformada y con alto desgaste por uso normal -Golpe en campana, causa deformación.	32
SF0003	Vehículo con pérdida de frenado	-Golpe en cámara doble - en operación. -Válvulas con fugas o daño interno. -Desgaste excesivo en bandas de freno. -Ratche con daño y/o fuera de rango.	31
SF0004	Sistema Neumático con carga deficiente	-Múltiples fugas en mangueras, válvulas y/o controles.. -Daño interno del compresor. -Daño interno en manómetro, fuera de rango. -Empaques, Uniones y racores con pérdida de sello	31
SF0005	Presión de aire no se mantiene a mas de 90 PSI con el vehículo en ralenti	-Mangueras cristalizadas o fisuradas. -Gobernador de aire con daño interno. -Válvulas y/o controles con daño interno. -Compresor con daño interno.	30
SF0007	Bandas con alto desgaste	-Asbestos con alto desgaste por uso inadecuado por parte del operador. -Bandas mal remachadas. -Bandas de baja calidad. -Bandas con alto desgaste por uso normal. -Sobrecalentamiento en bandas.	28
SF0008	Freno deficiente por contaminación de grasa	-Retenedor de levas con pérdida de sello. -Exceso de grasa en el momento de la aplicación a las levas.	27
SF0010	Presencia de aceite en tanques de almacenamiento	-Falla interna del compresor - sellos y/o anillos fracturados	22

Tabla 19. Resumen fallas sistema de transmisión

Sistema de Transmisión			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de fallo	Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
ST0001	Ruido anormal en transmisión	-Bajo nivel de aceite de transmisión - desajuste en balinera tren fijo. -Tren motriz desalineado. -Daño en sincronizadores, pasadores, y/o piñones.	46
ST0002	vehículo con falla en reloj de velocidad	Sensor de velocidad fracturado VSS	35
ST0003	Traqueteo del engranaje en marcha mínima.	-Alto desgaste en las estrías de la flecha. -Engranajes con alto desgaste por rozamiento. -Juntas universales desgastadas. -Tornillos de presión, montajes y soportes suelos.	35
ST0004	La palanca se traba en una velocidad	flecha principal torcida	33
ST0005	No entran los cambios 4ta, 6ta, ruido anormal	Sincronismo fracturado - causo daño en varios piñones	32
ST0006	Se desliza el multiplicador	Conexión o manguera a válvula esclava suelta	32
ST0007	Ruido anormal en transmisión	Desajuste axial en torres la transmisión auxiliar	30
ST0008	Pedal del embrague se fue a fondo - no se puede embragar	Varillaje del pedal esta fracturado	30
ST0009	las marchas se saltan solas	-Desgaste de dientes de enganche, condición de conicidad. -Palanca de velocidad muy larga y pesada.	26
ST0010	Eje cardán con alta vibración y ruido anormal	-Crucetas con alto huelgo - Ojetes de la cruceta con alto desgaste - Rodamientos con alto desgaste	25
ST0011	Desajuste en divisor tuerca yoki- entrada divisor	Retenedor con pérdida de sello	24
ST0012	Eje cardán suelto - crucetas desacopladas	Perdida de tornillos que unen el eje cardán a la transmisión	24

3.3. ANÁLISIS RAM

Tomando la base de datos actual de la flota de Oleotankers, y teniendo en cuenta que las fallas registradas no son en su totalidad verídicas, ya que la información no se ha manejado de la mejor manera por los actores administrativos de la compañía, se han tomado tiempos aproximados muy cercanos a la realidad para el cálculo de la RAM actual y a partir de esta información tomar las mejores decisiones para la compañía.

Para el cálculo de la RAM nos apoyaremos en la macro suministrada para tal efecto, debido a la gran cantidad de datos en cada uno de los sistemas, en los anexos se muestran las fórmulas utilizadas por la macro de una manera general, la disposición de las fórmulas para el desarrollo de este programa está reservado por los autores.

Tabla 20. Sistema de frenos

Sistema de Frenos			
CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SF0001	Presencia de agua en los tanques de almacenamiento	-Falta de mantenimiento a secador de aire y/o empaquetaduras	44
SF0002	Desgaste anormal de llanta y exceso de vibración al frenar	-Campana deformada y con alto desgaste por uso normal -Golpe en campana, causa deformación.	32
SF0003	Vehículo con pérdida de frenado	-Golpe en cámara doble - en operación. -Válvulas con fugas o daño interno. -Desgaste excesivo en bandas de freno. -Ratche con daño y/o fuera de rango.	31
SF0004	Sistema Neumático con carga deficiente	-Múltiples fugas en mangueras, válvulas y/o controles.. -Daño interno del compresor. -Daño interno en manómetro, fuera de rango. -Empaques, Uniones y racores con pérdida de sello	31
SF0005	Presión de aire no se mantiene a más de 90 PSI con el vehículo en ralentí	-Mangueras cristalizadas o fisuradas. -Gobernador de aire con daño interno. -Válvulas y/o controles con daño interno. -Compresor con daño interno.	30
SF0007	Bandas con alto desgaste	-Asbestos con alto desgaste por uso inadecuado por parte del operador. -Bandas mal remachadas. -Bandas de baja calidad. -Bandas con alto desgaste por uso normal. -Sobrecalentamiento en bandas.	28
SF0008	Freno deficiente por contaminación de grasa	-Retenedor de levas con pérdida de sello. -Exceso de grasa en el momento de la aplicación a las levas.	27
SF0010	Presencia de aceite en tanques de almacenamiento	-Falla interna del compresor - sellos y/o anillos fracturados	22

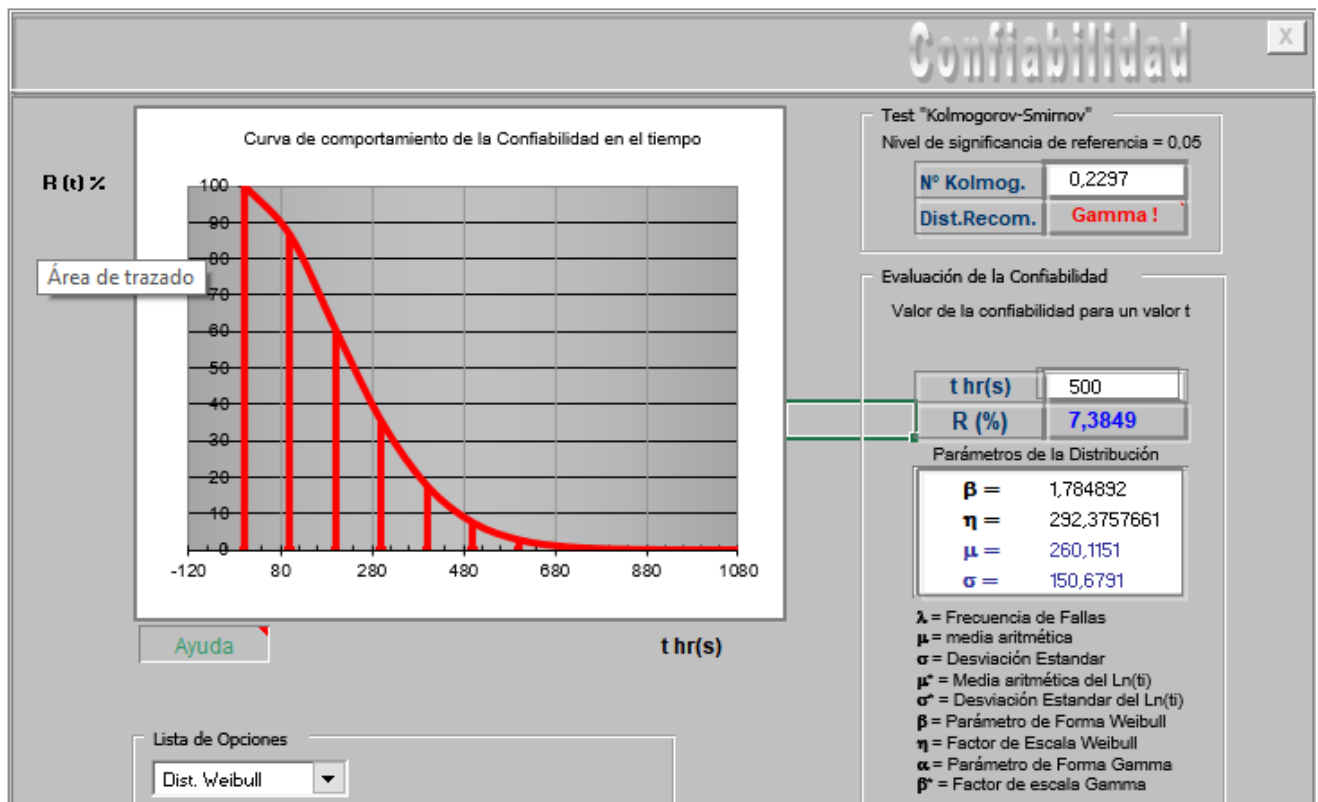
Actualmente los vehículos están ingresando a taller con frecuencias aproximadas a los 14.000 Km que equivalen a 500 horas motor aproximadamente, los resultados obtenidos se muestran a continuación para cada uno de los sistemas.

En este orden de ideas, para la determinación de los factores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en la compañía, se utilizó la información recolectada anteriormente por la empresa, donde se tienen datos sobre tiempos medios de reparación al igual que de las fallas presentada en la flota, y dicha información fue introducida en la macro mencionada, donde se ejecutaron los cálculos dando como resultado los datos mostrados a continuación:

Sistema de dirección

La siguiente gráfica ilustra el comportamiento de la flota actualmente, debida a la alta frecuencia de fallos en este sistema de dirección, la confiabilidad es del 7% en las 500 horas programadas para el siguiente mantenimiento, esto nos pronostica daños severos en el sistema aumentando los costos por mantenimientos correctivos.

Ilustración 17. Resultados confiabilidad sistema de dirección



Fuente: elaboración de los autores

Confiabilidad (R%) = 7.38% en 500 horas motor ó 14.000 km

Por tal razón se propone más adelante un plan de contingencia para este sistema, ya que no aplicaría un plan de mantenimiento a un sistema que presenta alta frecuencia de fallo.

Sistema eléctrico

El siguiente grafico nos ilustra el comportamiento actual del sistema eléctrico en la flota vehicular:

Ilustración 18. Comportamiento de las fallas para el sistema eléctrico

<div> Total de eventos = 423 Total hrs de operac. = 149792,00 Test Laplace U = 0,913469 P = 1,059304 L = 0,001393 Total hrs evaluadas. = 177105,00 </div>	TO Hr(s)	TFS Hr(s)	Modo
	192	21	SE0001
	97	60	SE0001
	178	69	SE0002
	989	27	SE0004
	835	65	SE0004
	654	38	SE0004
	146	67	SE0001
	164	56	SE0001
	166	23	SE0002
	122	46	SE0004
	587	65	SE0007
	965	225	SE0008
	480	220	SE0001
	178	4	SE0002
	179	4	SE0002
	119	4	SE0002
	130	4	SE0004
	136	6	SE0004
	141	120	SE0008
	987	569	SE0008
	192	19	SE0003
	739	25	SE0004
	821	65	SE0006
	189	69	SE0006
	979	31	SE0001
	886	33	SE0002

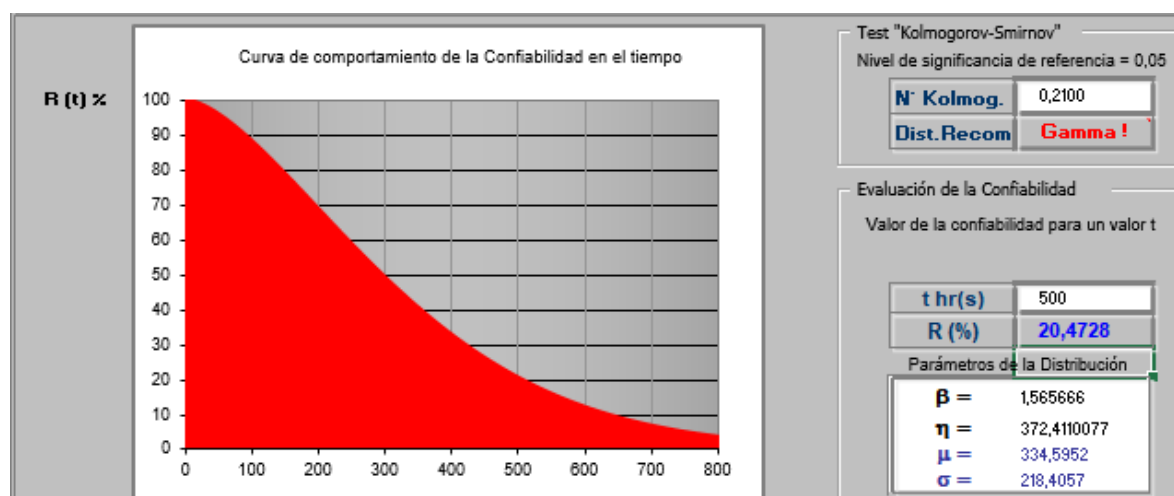
El total de datos ingresados para el cálculo son 423

Fuente: elaboración de los autores

Confiabilidad para sistema eléctrico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la confiabilidad utilizando las frecuencias de mantenimiento actual por la compañía Oleotankes.

Ilustración 19. Resultados confiabilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

La confiabilidad del sistema eléctrico para las 500 horas de frecuencia en las intervenciones de mantenimiento da como resultado una confiabilidad del 20,47%, lo cual no cumple con las expectativas de funcionamiento para la flota.

Ilustración 20. Evaluación de la confiabilidad

Evaluación de la Confiabilidad

Valor de la confiabilidad para un valor t

t hr(s)	500
R (%)	20,4728

Parámetros de la Distribución

β	= 1,565666
η	= 372,4110077
μ	= 334,5952
σ	= 218,4057

λ = Frecuencia de Fallas
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del $\ln(t_i)$
 σ^* = Desviación Estandar del $\ln(t_i)$
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull
 α = Parámetro de Forma Gamma
 β^* = Factor de escala Gamma

Probable Tiempo Promedio Operativo

TPOp hr(s)	334,60
------------	--------

Fuente: elaboración de los autores

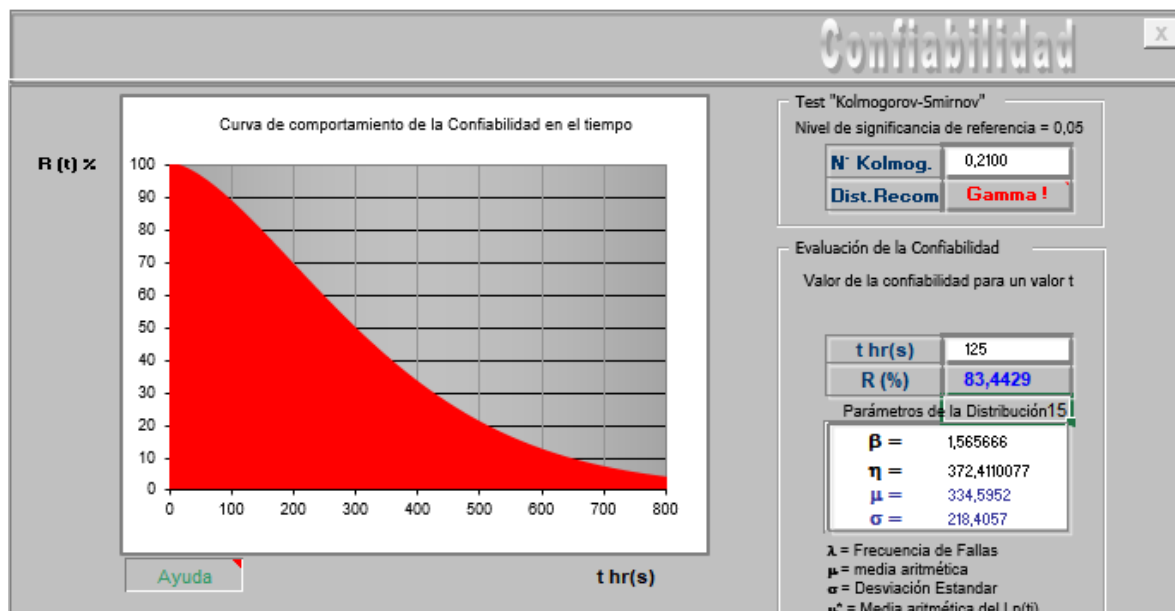
El probable tiempo promedio operativo en el sistema eléctrico es:

$$\text{TPO} = 334,6 \text{ horas}$$

El resultado anterior indica que puede ocurrir cualquier tipo de falla reportado en el sistema eléctrico transcurrido el tiempo TPO. Por otra parte, la disponibilidad probable en el sistema eléctrico es del 87.82% dentro del tiempo TPO de 334,6 horas, presentando un tiempo total fuera de servicio probable de 46.41 horas.

El grupo de estudio propone realizar inspecciones para este sistema cada 125 horas/motor, con esto se incrementa la confiabilidad de la flota y se reducen costos por mantenimiento correctivo. En la siguiente ilustración se relacionan los resultados obtenidos con las revisiones sugeridas:

Ilustración 41. Confiabilidad proyectada



Fuente: elaboración de los autores

Es notable el aumento de la confiabilidad con las inspecciones propuestas, dando como resultado una flota que cuenta con un 83,4% de vehículos que operarán con bajas probabilidades de fallo, versus un 20,47% actual. Las frecuencias de inspección para el sistema eléctrico se proponen cada 125 horas-motor, con lo que se aumenta la confiabilidad del sistema al 83,44%.

Ilustración 22. Tiempo probable operativo

Parámetros de la Distribución

β	=	1,565666
η	=	372,410077
μ	=	334,5952
σ	=	218,4057

λ = Frecuencia de Fallas
 μ = media aritmética
 σ = Desviación Estandar
 μ^* = Media aritmética del Ln(ti)
 σ^* = Desviación Estandar del Ln(ti)
 β = Parámetro de Forma Weibull
 η = Factor de Escala Weibull
 α = Parámetro de Forma Gamma
 β^* = Factor de escala Gamma

Probable Tiempo Promedio Operativo

TPOp hr(s) **334,60**

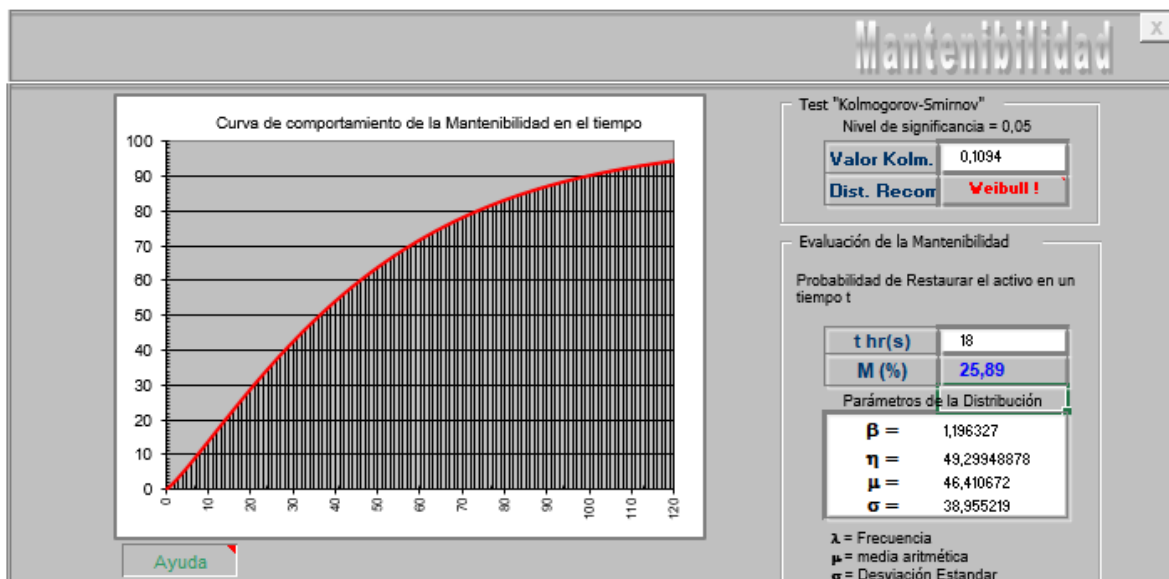
Fuente: elaboración de los autores

El posible tiempo operativo promedio del sistema es de 334,6 horas, sin embargo, no este valor debe sufrir considerables cambios con la implementación de las inspecciones propuestas.

MANTENIBILIDAD

Debido a que se invierten 18 horas en la reparación del sistema, esto dentro de las 500 horas en la frecuencia de mantenimiento, se obtiene una mantenibilidad del 25,89% como se refleja en la siguiente ilustración sobre el estado actual de la flota:

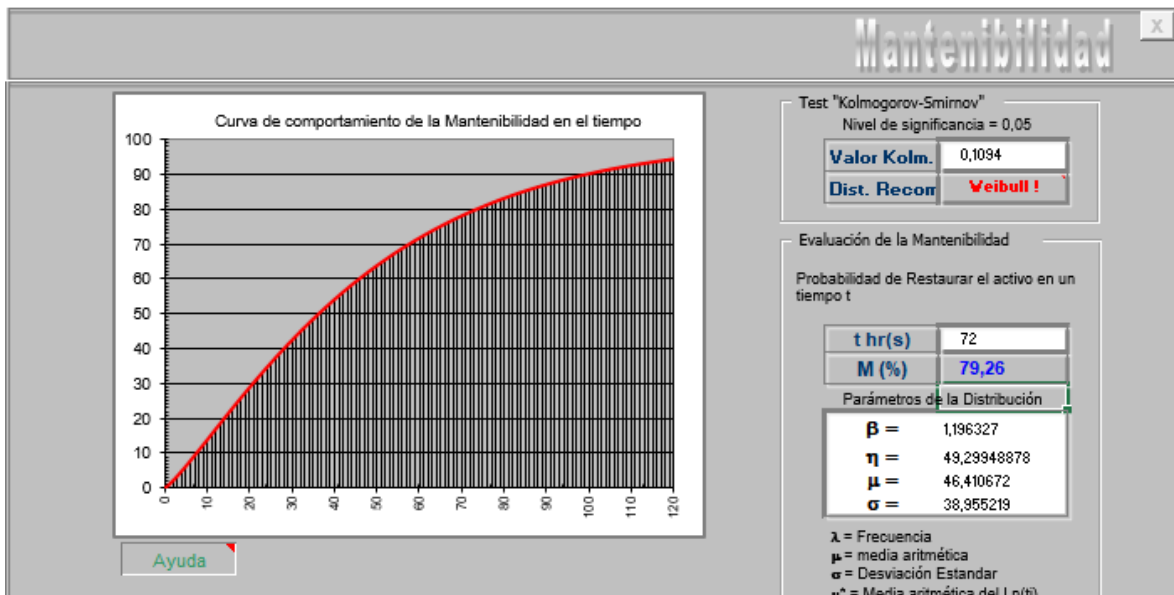
Ilustración 23. Estado actual de la mantenibilidad



Fuente: elaboración de los autores

El grupo de trabajo propone realizar inspecciones/ajustes cada 125 horas, es decir que se intervendrá el vehículo 4 veces, en las 500 horas habrá un total de 72 horas invertidas, lo cual incrementara la mantenibilidad al 79,26%

Ilustración 24. Mantenibilidad proyectada

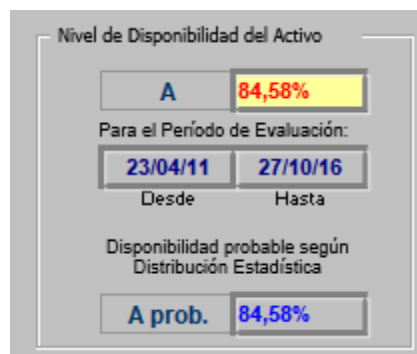


Fuente: elaboración de los autores

Disponibilidad

La disponibilidad obtenida en el sistema eléctrico es del 84,58%, para frecuencias de 500 horas motor como se puede observar en la siguiente imagen:

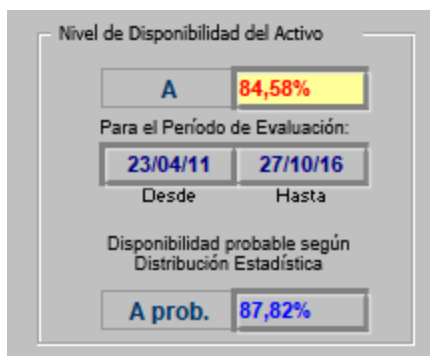
Ilustración 25. Valor de la disponibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

La disponibilidad del sistema puede mejorar al aumentar las frecuencias de intervención de 500 horas motor a 125 horas motor, es decir que dentro de las 500 horas existirán 4 intervenciones, aumentando la disponibilidad al 87.82%.

Ilustración 26. Disponibilidad proyectada

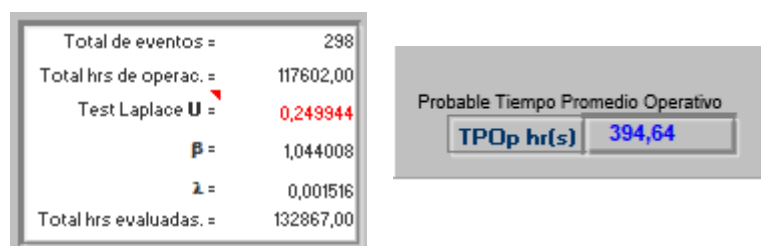


Fuente: elaboración de los autores

Sistema de frenos

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de confiabilidad, disponibilidad, y mantenibilidad para el estado actual y proyectado con las acciones que recomienda el grupo de estudio.

Ilustración 27. Ingreso de datos para el sistema de frenos

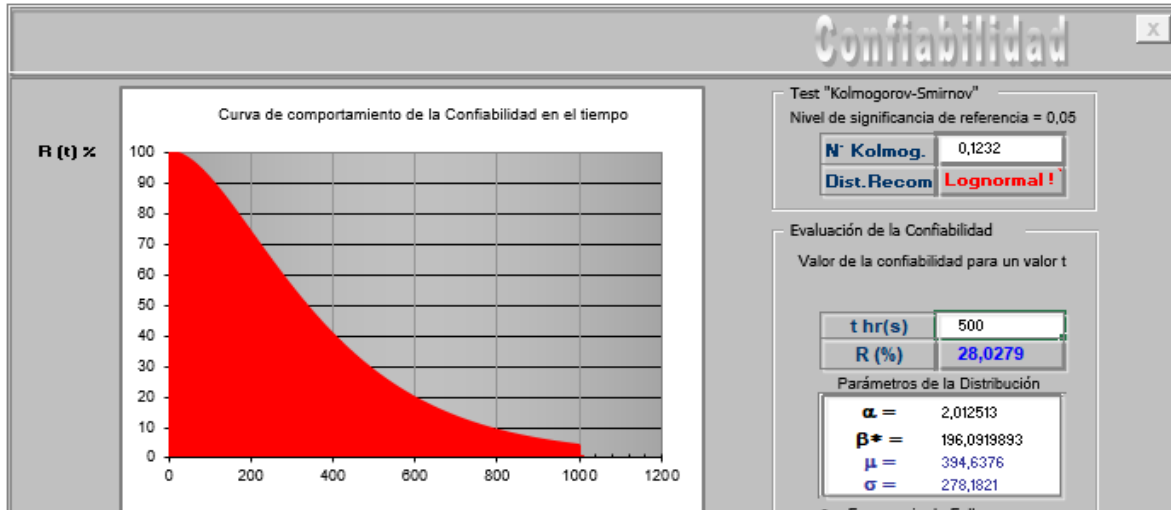


Fuente: elaboración de los autores

Se ingresaron 298 registros de falla, correspondientes al sistema de frenos para su posterior análisis RAM.

La confiabilidad para el estado actual de la flota arrojó los siguientes resultados:

Ilustración 28. Estado actual de la confiabilidad

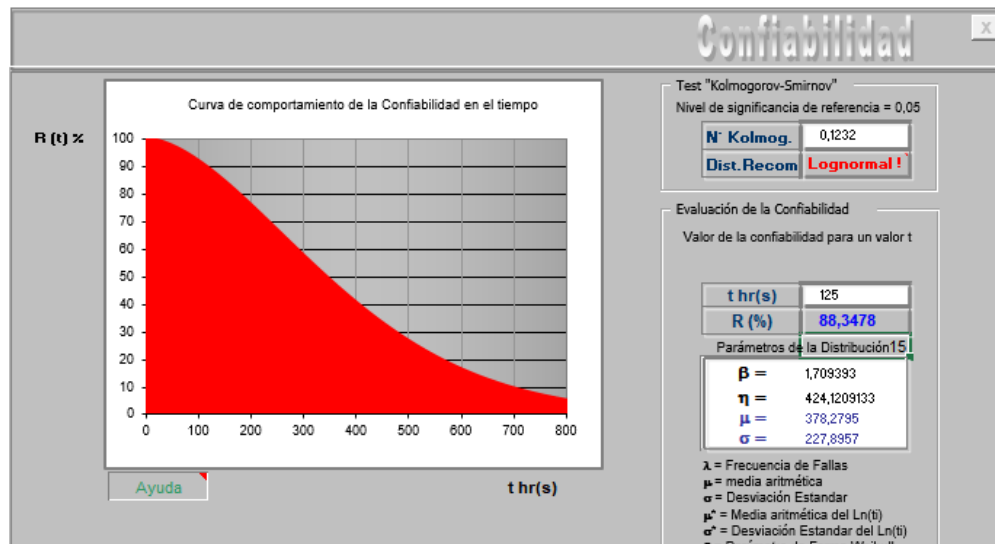


Fuente: elaboración de los autores

La confiabilidad del sistema de frenos operando 500 horas motor es del 26,02%, puede ocurrir cualquiera de las fallas reportadas en un tiempo de 394,64 horas – motor, por lo cual el equipo de trabajo propone realizar mantenimientos preventivos cada 125 horas.

Con las inspecciones sugeridas se obtuvo los siguientes resultados:

Ilustración 29. Estado actual de la confiabilidad

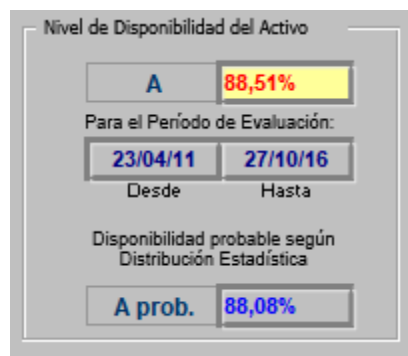


Fuente: elaboración de los autores

Disponibilidad

La disponibilidad actual es del 88% para 500 horas/motor es de:

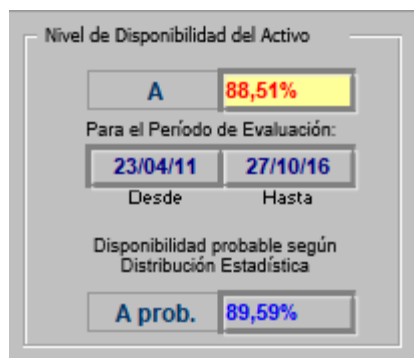
Ilustración 30. Disponibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

La disponibilidad proyectada es del 89,5% para 125 horas/motor como se observa en la siguiente figura:

Ilustración 31. Disponibilidad proyectada



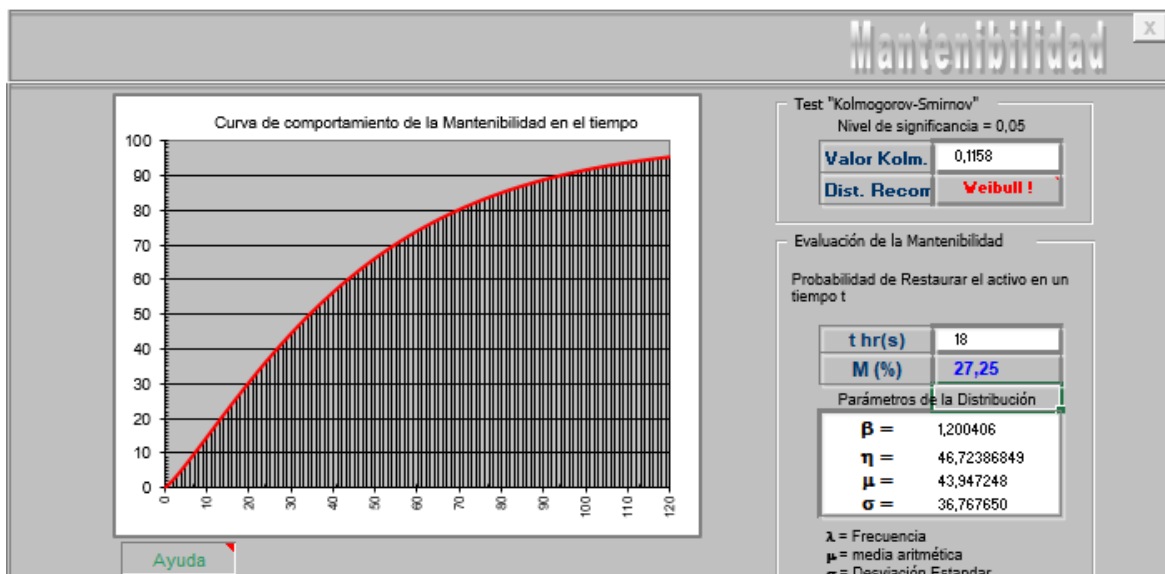
Fuente: elaboración de los autores

Mantenibilidad

A continuación, se relacionan los datos obtenidos para la mantenibilidad, tanto la actual como la proyectada:

En ilustración se evidencia una mantenibilidad del 27.2% actualmente, la cual se encuentra por debajo de los estándares deseados.

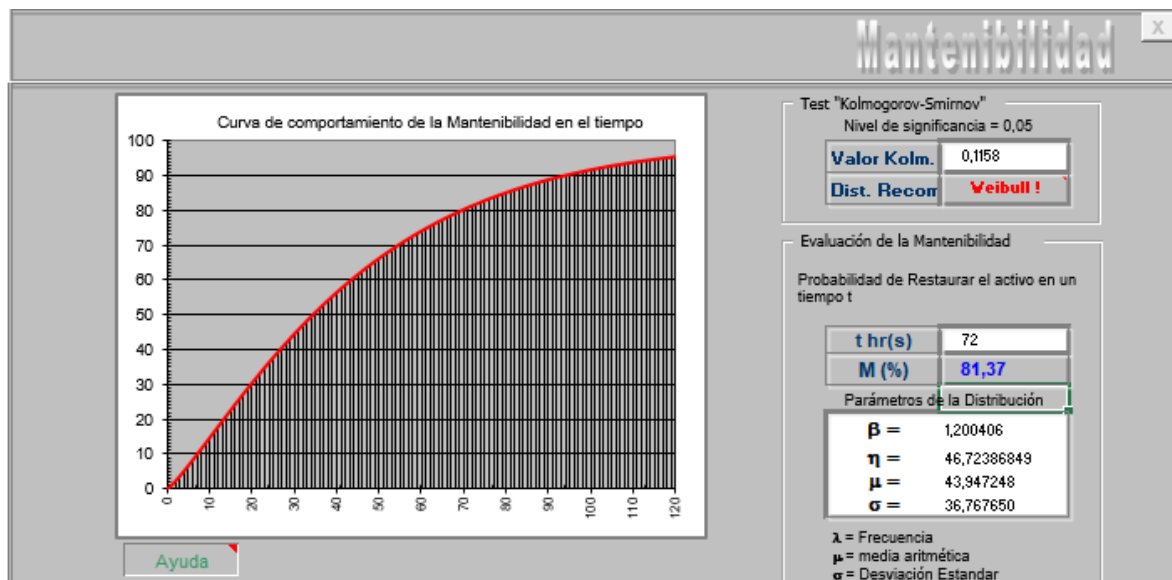
Ilustración 32. Mantenibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

Es notable el incremento de la mantenibilidad con los procedimientos de inspección propuestos, ya que esta aumenta de un 27,2% al 81.3% como se evidencia en la siguiente figura:

Ilustración 33. Mantenibilidad proyectada

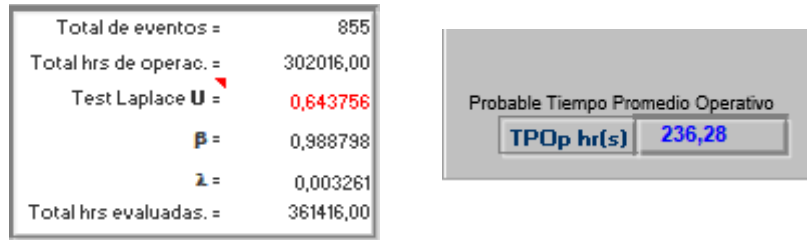


Fuente: elaboración de los autores

Sistema motor

El siguiente grafico ilustra el ingreso de datos del sistema motor para el cálculo de la RAM, donde se registró un total de 855 eventos.

Ilustración 34. Información de datos ingresados a la RAM para el cálculo del sistema motor

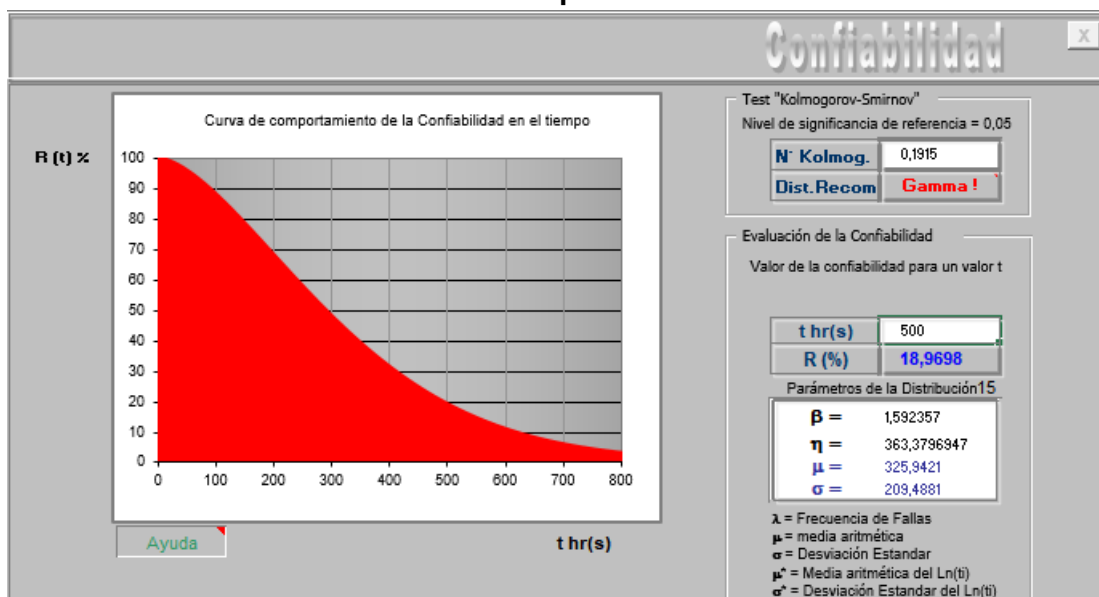


Fuente: elaboración de los autores

Confiabilidad

La confiabilidad en el sistema motor realizando inspecciones bimensuales, o en equivalencia correspondiente a 500 horas motor es del 18,9%, lo cual indica que se debe realizar cambios en las frecuencias de intervención al sistema motor, así se evitan mantenimientos correctivos que resultan ser más costosos, para la compañía. En la siguiente ilustración se refleja lo anteriormente mencionado:

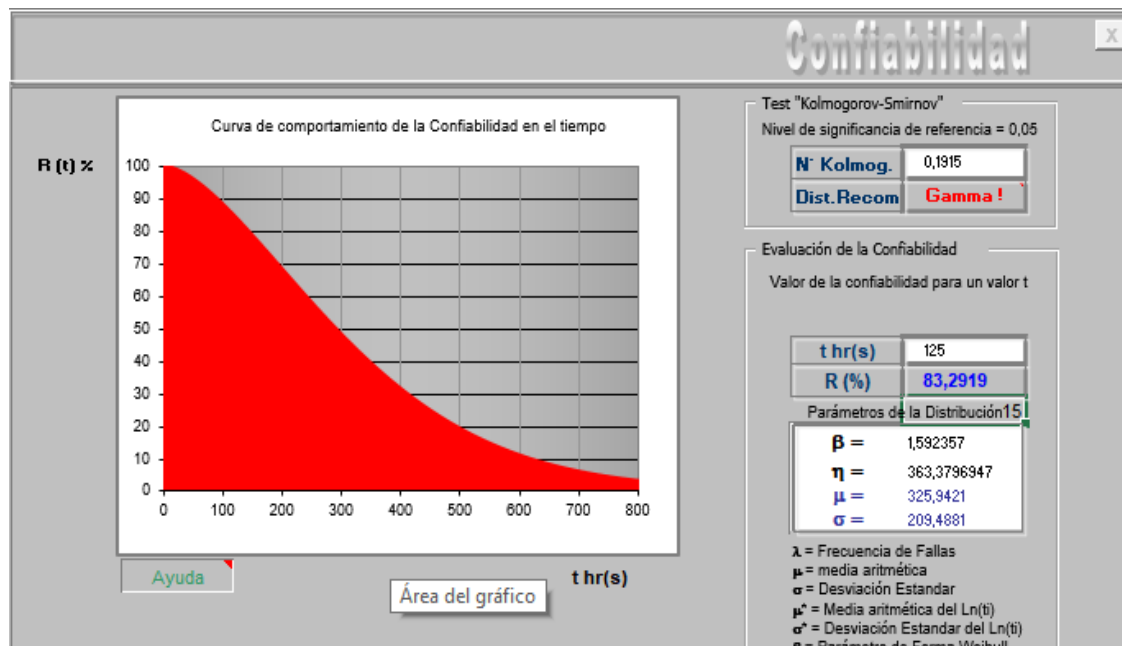
Ilustración 35. Disponibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos con las labores de inspección sugeridas, donde se ve el incremento de la confiabilidad del 18,9% al 83,2%:

Ilustración 36. Confiabilidad proyectada

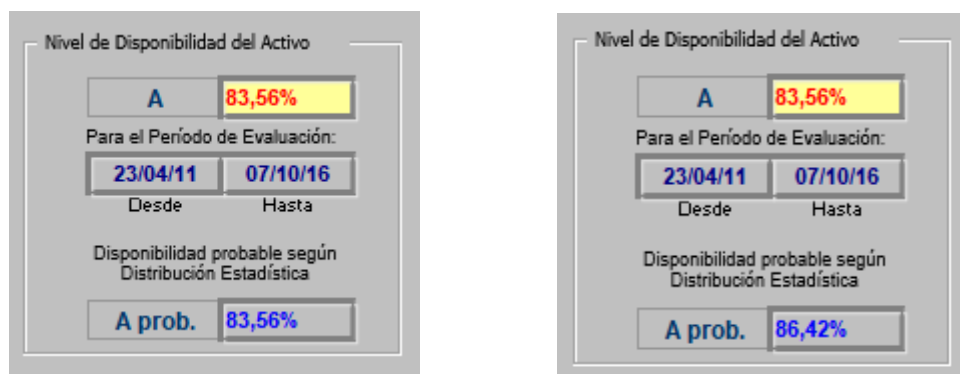


Fuente: elaboración de los autores

Disponibilidad

La ilustración 55, proporciona la información arrojada por la RAM, para disponibilidad en el escenario actual y el proyectado, siendo este último al que se pretende llegar:

Ilustración 37. Valores obtenidos para la disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)



Disponibilidad actual

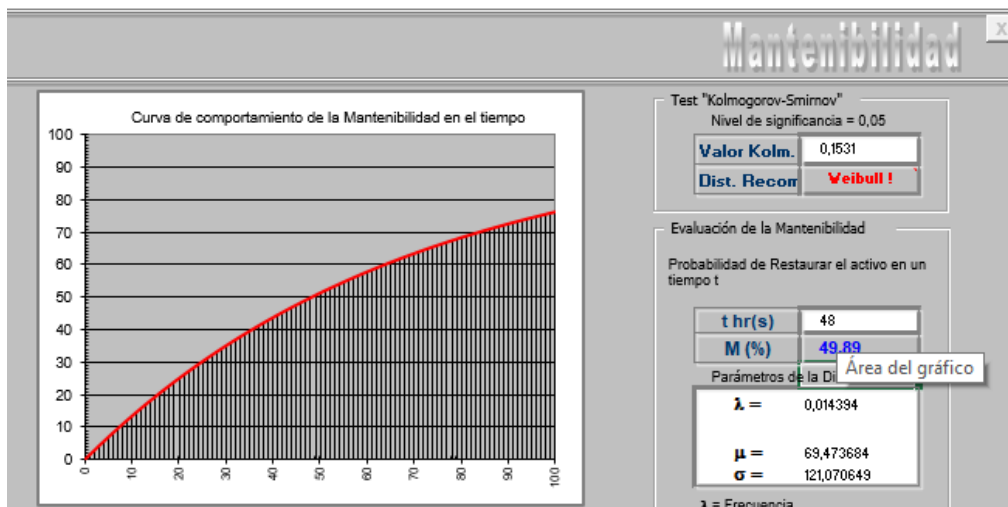
Disponibilidad proyectada

Fuente: elaboración de los autores

Mantenibilidad

Para la mantenibilidad se están invirtiendo actualmente 48 horas para los mantenimientos del sistema motor logrando una mantenibilidad del 49,89 %, el equipo de trabajo propone intervenir el vehículo aumentando las horas para realizar inspecciones de tipo preventivo y aumentar la mantenibilidad, lo cual arroja el siguiente resultado:

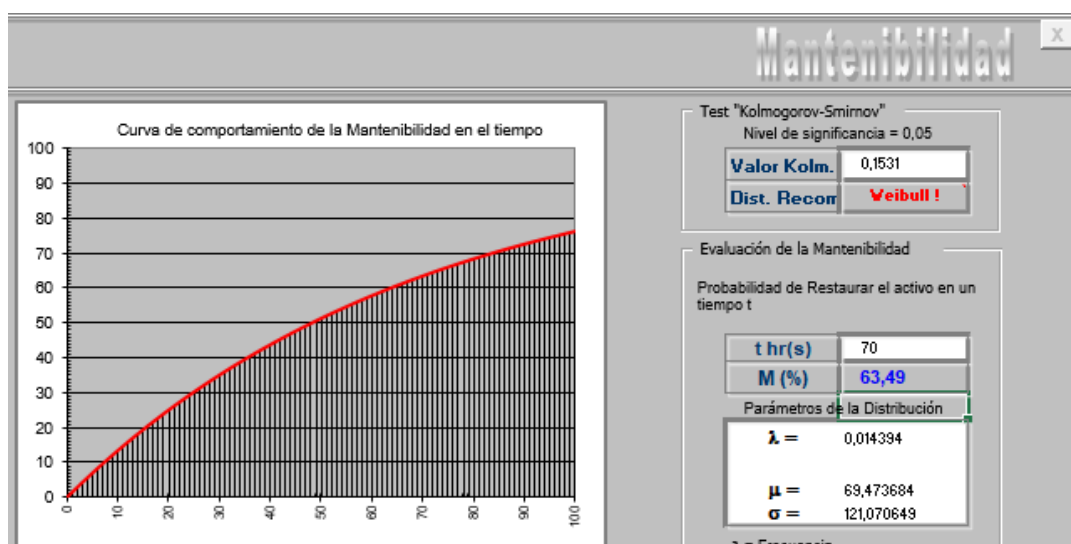
Ilustración 38. Resultados de la mantenibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

Por otra parte, la mantenibilidad proyectada obtuvo un valor de 63,4%, constituyendo un importante incremento que beneficia a la compañía

Ilustración 39. Mantenibilidad proyectada

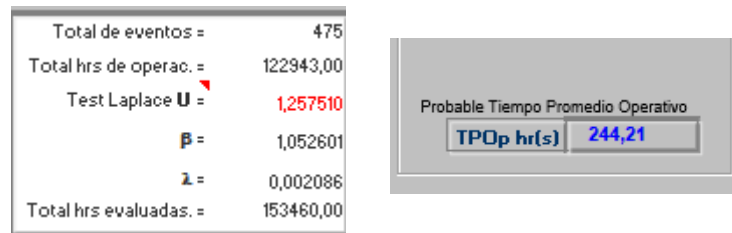


Fuente: elaboración de los autores

Sistema de suspensión

En el sistema de suspensión se ingresaron un total de 475 fallas relacionadas, el tiempo promedio operativo obtenido es de 244,2 horas, razón por la cual se programaron las inspecciones cada 125 horas. A continuación, se relaciona la información arrojada:

Ilustración 40. Información de eventos ingresados a la RAM

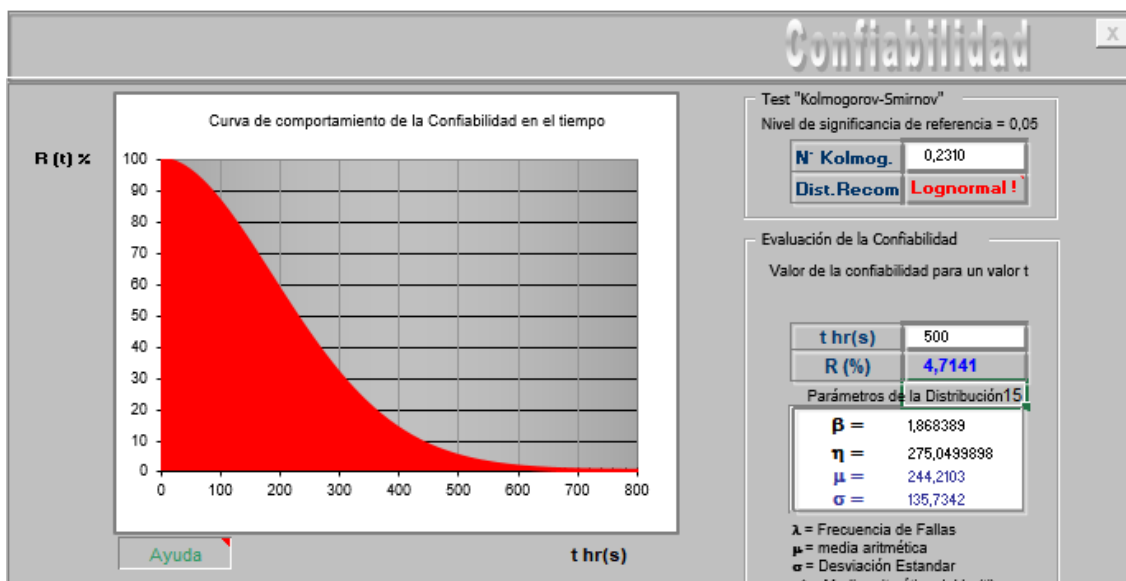


Fuente: elaboración de los autores

Confiabilidad

El resultado obtenido en la confiabilidad en el sistema de suspensión es del 4.71%, en un tiempo de frecuencia de 500 horas motor, para aumentar la confiabilidad del sistema debemos aumentar las frecuencias de intervención y disminuir el tiempo de intervalo entre cada inspección a 125 horas motor.

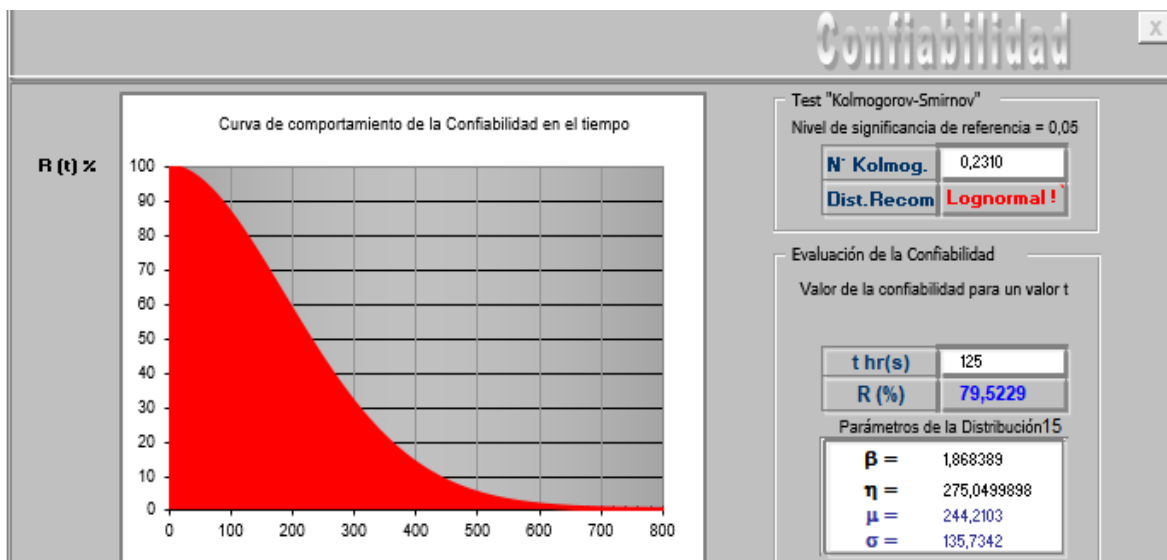
Ilustración 41. Valores confiabilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

Calculo confiabilidad del sistema de suspensión para intervenciones cada 125 horas motor

Ilustración 42. Confiabilidad proyectada



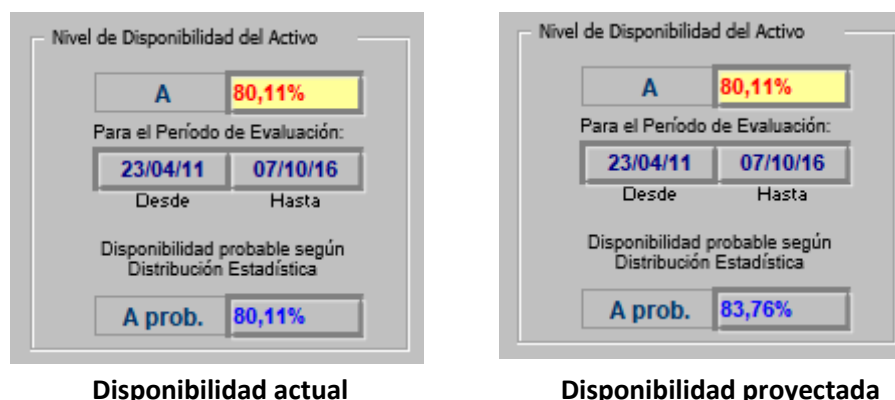
Fuente: elaboración de los autores

La confiabilidad proyectada obtuvo un porcentaje de 79,5%, la cual incrementó significativamente versus el 4,7% actual.

Disponibilidad

La ilustración 61 relaciona los datos obtenidos para la disponibilidad actual de la flota, al igual que la proyectada con las inspecciones sugeridas, y teniendo en cuenta el tiempo promedio operativo:

Ilustración 43. Valores disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)

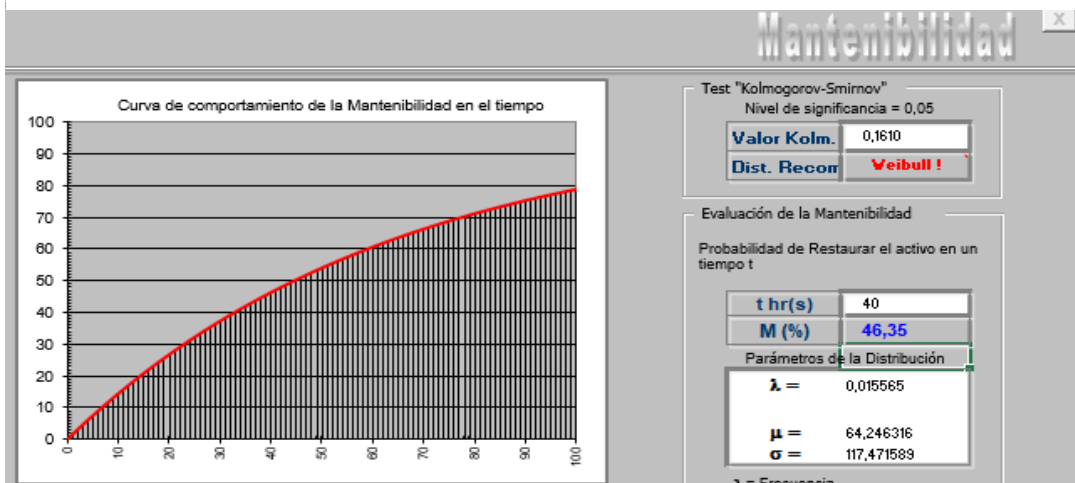


Fuente: elaboración de los autores

Mantenibilidad

Los datos obtenidos en este aspecto fueron los siguientes:

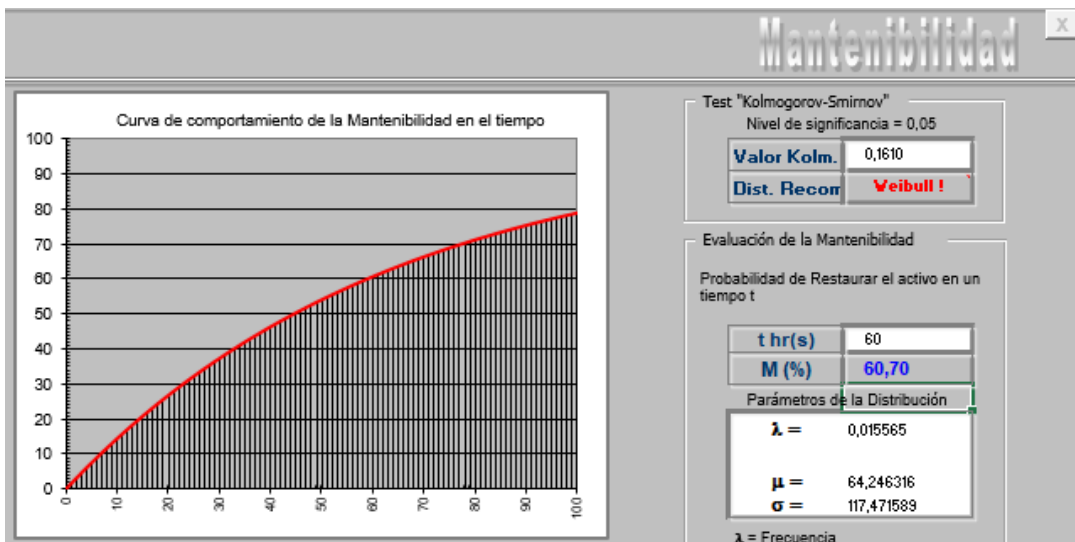
Ilustración 44. Mantenibilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

Como se evidencia en los gráficos de resultados, la confiabilidad obtuvo un incremento de 14,4%, debido a las tareas de inspección que se sugieren para la flota

Ilustración 45. Mantenibilidad proyectada

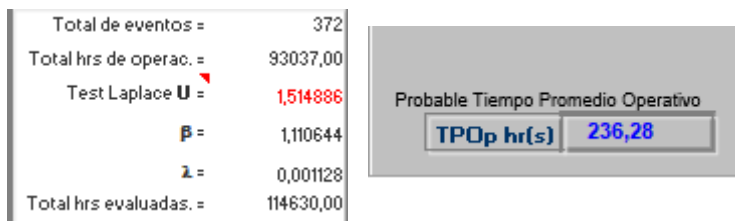


Fuente: elaboración de los autores

Sistema transmisión

Para el cálculo de la RAM del sistema de transmisión se ingresaron 372 registros de falla, donde el tiempo promedio operativo fue de 236,2 horas como se refleja en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 46. Información de eventos ingresados a la RAM

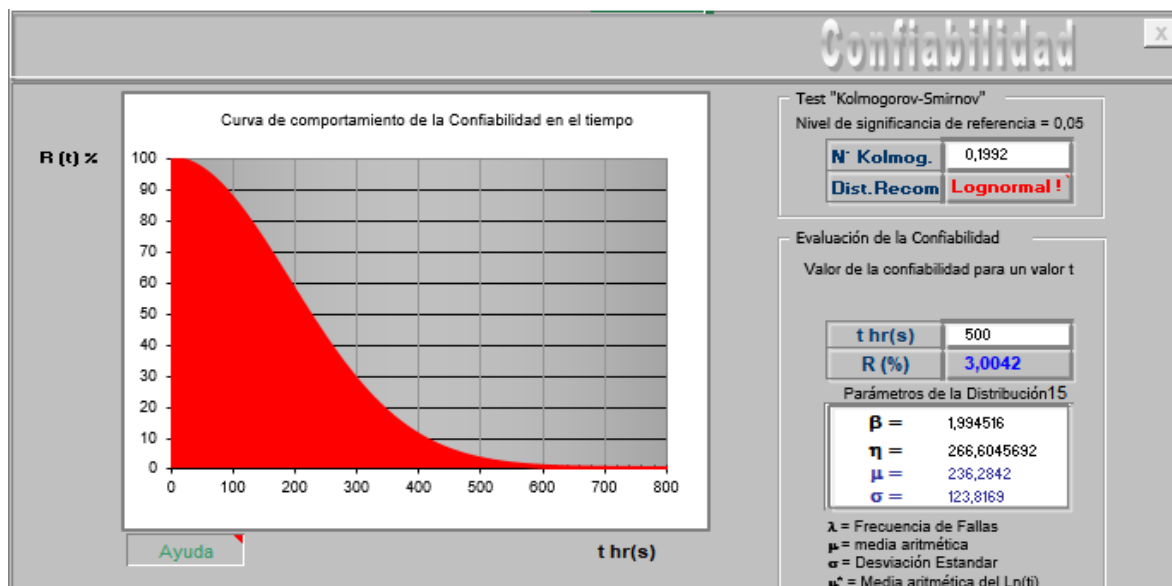


Fuente: elaboración de los autores

Confiabilidad

Como se evidencia en la ilustración 65, la confiabilidad actual tan solo es del 3%, lo que pone en riesgo la operación de la flota.

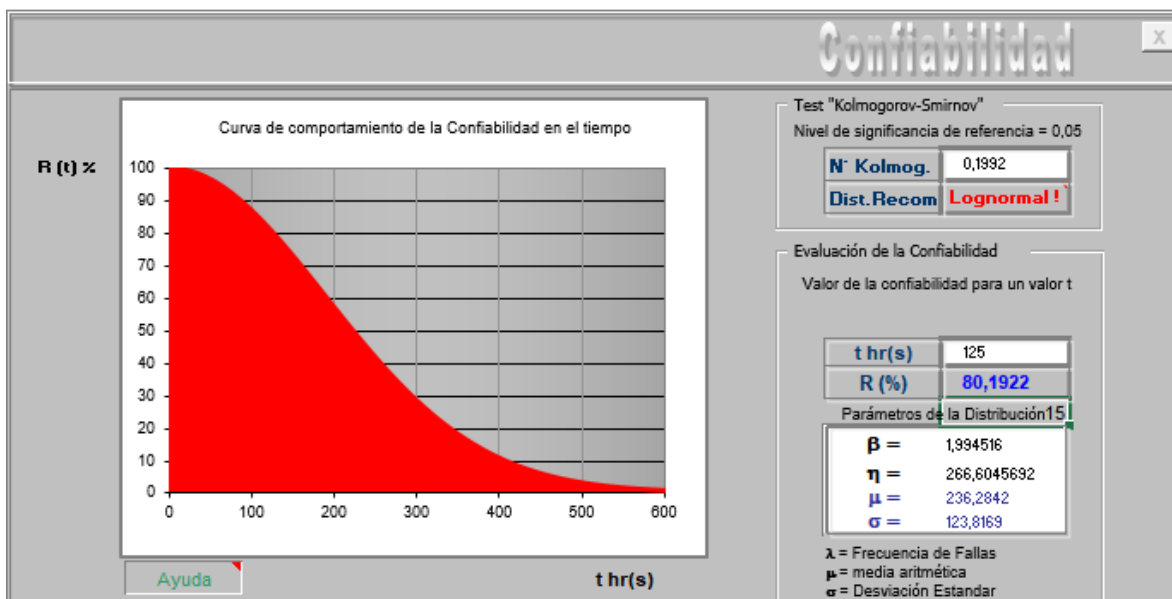
Ilustración 47. Confiabilidad actual



Fuente: elaboración de los autores

Con las labores de inspección sugeridas, es notorio el incremento de la confiabilidad, ya que pasa de un 3% actual al 80,1%.

Ilustración 48. Confiabilidad proyectada

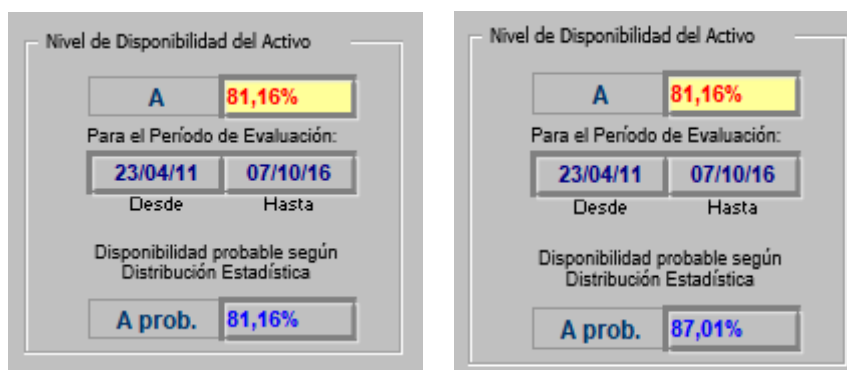


Fuente: elaboración de los autores

Disponibilidad

La figura siguiente indica los resultados obtenidos para disponibilidad, tanto en el escenario actual como el proyectado por el grupo de estudio.

Ilustración 49. Valores de disponibilidad (izq-actual, der-proyectada)



Disponibilidad actual

Disponibilidad proyectada

Fuente: elaboración de los autores

3.3. Resumen de resultados RAM actual vs proyectada

Tabla 16. Resumen de datos obtenidos por la RAM

VALORES ACTUALES RAM					VALORES PROYECTADOS RAM			
SISTEMA	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD	MANTENIBILIDAD	TPO	CONFIABILIDAD	DISPONIBILIDAD	MANTENIBILIDAD	Datos Ingresados
Eléctrico	20,47%	84,58%	25,89%	334,60	83,44%	87,82%	79,26%	423
Frenos	28,02%	88,08%	27,25%	394,64	88,34%	88,59%	81,37%	298
Motor	18,96%	83,56%	49,89%	236,28	83,29%	86,42%	63,49%	855
Suspensión	4,71%	80,11%	46,35%	244,21	79,52%	83,76%	60,70%	475
Transmisión	3,00%	81,16%	49,80%	236,28	80,19%	87,01%	63,43%	372
								2423

Fuente: elaboración de los autores

Los resultados del Tiempo Promedio Operacional (TPO), nos indican que los sistemas pueden fallar a partir del resultado dado, el grupo de trabajo plantea realizar ajustes, inspecciones, calibraciones antes de este tiempo, para la prevención de daños mayores.

3.4. Planes de Contingencia

Como estrategia para la minimizar la incidencia de las fallas en flota, se clasificaron las más recurrentes y se elaboró un plan de contingencia donde se mencionan acciones de mitigación y prevención las cuales se presentan a continuación:

Sistema de dirección

Tabla 17. Fallas más recurrentes sistemas de dirección

CÓDIGO DE FALLA	Modos de falla	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SD0001	Fuga de aceite dirección hidráulica	-Daño por corte en manguera caucho-lona de 3/4. - Abrazaderas mangueras no ajusta. -Tarro deposito fisurado. -Mangueras cristalizadas con fisuras.	111

Acciones de mitigación:

Revisar todos los componentes del sistema de dirección hidráulica, los componentes deben ser originales recomendado por el fabricante:

a) Inspeccionar fugas de aceite del Sistema de la Dirección Hidráulica. Revisar fugas en la cremallera hidráulica, caja de dirección hidráulica y en la bomba de dirección hidráulica.

b) Inspeccionar el depósito de aceite del Sistema de la Dirección Hidráulica, que esté al nivel adecuado de acuerdo al manual del propietario del vehículo.

c) Inspeccionar el aceite hidráulico en qué grado de contaminación se encuentra. En el depósito de aceite se puede revisar sacando una pequeña cantidad de aceite.

d) Inspeccionar los cubre polvos (botas o fuelles) de la cremallera hidráulica, por si están rotos o fuera de su lugar, esto propicia entrada de agua a la cremallera hidráulica.

e) Inspeccionar si alguna manguera hidráulica está rota o doblada demasiado obstruyendo el paso del aceite hidráulico o con fugas de aceite.

f) Inspeccionar si hay alguna conexión hidráulica que tenga fugas de aceite hidráulico.

g) Inspeccionar si la banda (correa) que mueve la bomba de dirección hidráulica se encuentra en buenas condiciones y con el ajuste de tensión adecuado.

h) Revisar visualmente si hay algún componente quebrado, doblado o roto del Sistema de Dirección Hidráulica.

i) Revisar visualmente que la polea de la bomba de dirección hidráulica no esté quebrada o rota.

j) Revisar el aceite hidráulico la mayoría de las veces no se ha cambiado por un largo periodo de tiempo. Cambiar el aceite hidráulico más frecuentemente (al menos una vez por año o cada 20,000 Kms.) para evitar daños en los sellos, retenes y ligas en el Sistema de Dirección Hidráulica.

k) Se cambió la caja de dirección, cremallera hidráulica y/o Bomba de dirección hidráulica por una nueva, re manufacturada o se reparó (empacada) y NO se hizo el cambio y limpieza total del aceite hidráulico contaminado por uno nuevo.

Acciones de Prevención:

- a) Realizar continuas capacitaciones con el personal técnico con énfasis al manejo de herramientas, comunicación y registro efectivo de fallas y acciones tomadas para prevenir las incidencias.
- b) Verificar el buen estado de las herramientas usadas, así como la calibración de las mismas para ejercer los torques recomendados por el fabricante.
- c) Realizar continuo seguimiento a las acciones de mitigación y a los registros solicitados para la hoja de vida del vehículo.
- d) Programar tareas de inspección que aseguren el buen funcionamiento del sistema y así evitar acciones correctivas.

Sistema eléctrico

Tabla 18. Fallas más recurrentes sistema eléctrico

CÓDIGO DE FALLA	Modos de fallo	Posibles Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SE0001	Farola no enciende	-Bombillos fundidos. -Farola con filtración de agua y tierra. -Referencia de bombillo equivocada. -Cableado en corto. -Daño por golpe.	79

Acciones de mitigación:

- a) Verificar que el cableado no se encuentre pelado, generando corto al sistema.
- b) Inspeccionar que el voltaje sea el recomendado por el fabricante.
- c) Asegurar que los refacciones en Bombillería correspondan a las recomendadas por el fabricante.

Acciones de Prevención:

- d) Realizar continuas capacitaciones con el personal técnico con énfasis al manejo de herramientas, comunicación y registro efectivo de fallas y acciones tomadas para prevenir las incidencias.
- e) Verificar el buen estado de las herramientas usadas, así como la calibración de las mismas para inspeccionar los voltajes recomendados por el fabricante.

- f) Realizar continuo seguimiento a las acciones de mitigación y a los registros solicitados para la hoja de vida del vehículo.
- g) Programar tareas de inspección que aseguren el buen funcionamiento del sistema y así evitar acciones correctivas.
- h) Realizar estudios comparativos en calidad de las refacciones adquiridas, con el fin de elegir la que proporcione mejores beneficios a la flota.
- i) Realizar seguimiento a las reparaciones, montajes y/o inspecciones hechas por los técnicos, para que se ejecuten dentro de las especificaciones recomendadas por los fabricantes, así como el registro que alimentará la hoja de vida del vehículo, debe ser clara en cuanto a la falla, causa de falla, y correcciones tomadas.

Sistema de suspensión

Tabla 19. Fallas más recurrentes sistema de suspensión

CÓDIGO DE FALLA	Modos de fallo	Causas de fallo	Frecuencia No. Casos
SS0001	Vehículo con suspensión neumática trasera deficiente	-Bombona de aire fisurada -Compresor con carga deficiente -Fugas de aire	76

Acciones de mitigación:

- a) Inspecciones generales de calidad a mangueras de ¾, incluyendo uniones y racores.
- b) Realizar capacitación a conductores para el manejo de suspensiones neumáticas e inspección general al compresor de aire.
- c) Realizar estudio para el uso de válvulas niveladoras en suspensiones neumáticas, adecuándolas a la necesidad de la flota.
- d) Programar inspecciones al estado del compresor.
- e) Gestionar la posibilidad de adquirir un compresor de aire, que servirá de grúa.

Acciones de Prevención:

- f) Realizar continuas capacitaciones con el personal técnico con énfasis al manejo de herramientas, comunicación y registro efectivo de fallas y acciones tomadas para prevenir las incidencias.
- g) Verificar el buen estado de las herramientas usadas, así como la calibración de las mismas para inspeccionar los voltajes recomendados por el fabricante.

- h) Realizar continuo seguimiento a las acciones de mitigación y a los registros solicitados para la hoja de vida del vehículo.
- i) Programar tareas de inspección que aseguren el buen funcionamiento del sistema y así evitar acciones correctivas.
- j) Realizar estudios comparativos en calidad de las refacciones adquiridas, con el fin de elegir la que proporcione mejores beneficios a la flota.
- k) Realizar seguimiento a las reparaciones, montajes y/o inspecciones hechas por los técnicos, para que se ejecuten dentro de las especificaciones recomendadas por los fabricantes, así como el registro que alimentará la hoja de vida del vehículo, debe ser clara en cuanto a la falla, causa de falla, y correcciones tomadas.

CAPITULO IV PLAN DE MANTENIMIENTO OPTIMIZADO

4.1. PLAN DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento que aquí se plantea está diseñado únicamente para la flota de OLEOTANQUES, ya que la matriz de mantenimiento preventivo se diseñó teniendo en cuenta el tipo de mercancía que se transporta, tiempo de trabajo y experiencias propias con las fallas más comunes dentro de dicha flota. Por lo tanto, en este plan que se encuentra como formato [ANEXO](#), las acciones de inspección, reemplazo, ajuste, calibración, lubricación o engrase, con una periodicidad variable de acuerdo al tipo de sistema.

Con las acciones que se mencionan en el plan de mantenimiento para la flota, se garantiza el aumento en la disponibilidad de los vehículos, al igual que una posible reducción de los costos ya que se priorizan acciones preventivas sobre las correctivas, las cuales la mayoría de las veces significan un mayor esfuerzo económico.

A continuación, se relacionan la programación de las revisiones según el fabricante:

Ilustración 50. Programación revisiones según fabricante

	VEHÍCULOS APLICACIÓN URBANA CON MOTOR INTERNATIONAL	VEHÍCULOS APLICACIÓN CARRETERA E INTERMUNICIPAL CON MOTOR INTERNATIONAL	VEHÍCULOS APLICACIÓN CARRETERA E INTERMUNICIPAL CON MOTOR MWM	VOLQUETAS CON MOTOR MWM O INTERNATIONAL	RECOLECTORES CON MOTOR MWM O INTERNATIONAL
	(página 28) (KILÓMETROS)	(página 29) (KILÓMETROS)	(página 30) (KILÓMETROS)	(página 32) (HORAS)	(páginas 34) (HORAS)
REVISIÓN No. 1	5.000	7.000	10.000	200	250
REVISIÓN No. 2	10.000	14.000	20.000	400	500
REVISIÓN No. 3	20.000	28.000	40.000	800	1.000
REVISIÓN No. 4	40.000	56.000	80.000	1.600	2.000
REVISIÓN No. 5	80.000	112.000	160.000	3.200	4.000

(Fuente: Navistar, s.f)

El grupo de estudio en el plan de mantenimiento, programó revisiones cada 3500Km de acuerdo a las experiencias ocurridas en campo, y buscando reducir la cantidad de mantenimientos correctivos

El plan de mantenimiento se puede desarrollar en unidades de kilómetros, horas motor o por tiempo de acuerdo a la siguiente tabla de equivalencias

Tabla 20.Equivalencia kilómetros/horas motor

kilómetros	horas motor	tiempo
14000	500	bimensual
7000	250	Mensual
3500	125	quincenal
1750	62,5	Semanal

(Fuente: Navistar, s.f)

Ilustración 51. Formato de inspección 3500km

MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHÍCULOS OLEOTANQUES + 3500 KM		
Actividades	SI / NO	Notificaciones
CAMIÓN		
Cabina y Chasis		
Realizar engrase de balinera central del eje cardán		
Realizar engrase de terminales barra y brazo de dirección		
Realizar engrase de ratches y levas del sistema de frenos		
Realizar engrase de rodamiento y articulaciones del embrague		
Realizar engrase de sistema vigas Tandem (Suspensión trasera)		
Dirección		
Con varilla medidora, verificar nivel de aceite del sistema de dirección		
Frenos		
Inspección visual al resorte de la cámara de parqueo		
Llantas		
Con herramienta de medición registrar profundidad de labrado, realizar revisión e inventario de todas las		
Motor		
Usando la herramienta Inside, tomar datos de condición del motor para su análisis		
Sistema eléctrico		
Con voltiampermetro medir Voltaje (mín 13, máx 14.5) y Amps (mín 60, máx 65) del alternador		
Sistema Hidráulico		
Inspección visual y manual de las mangueras del sistema hidráulico		
ANOMALIAS ENCONTRADAS A PROGRAMAR		
OBSERVACIONES OPERADOR		
Nombre Operador _____ Firma _____		

Ilustración 52. Formato de inspección 7000km

MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHÍCULOS OLEOTANQUES 7000K		
Actividades	si / no	Notificaciones
CAMIÓN		
Cabina y Chasis		
Inspección visual al chasis y sobre chasis		
Inspección visual a balinera central del eje cardán		
Inspección visual a terminales barra y brazo de dirección		
Inspección visual a ratches y levas del sistema de frenos		
Inspección visual a rodamiento y articulaciones del embrague		
Inspección visual a cuchillas limpiabrisas		
Inspección al estado de la pintura en general		
Inspección al estado de espejos retrovisores		
Inspección a estado de luces		
Inspección a vidrios puertas		
Inspección visual a sistema vigas Tandem (Suspensión trasera)		
Dirección		
Con varilla medidora, verificar nivel de aceite del sistema de dirección		
Frenos		
Inspección visual al resorte de la cámara de parqueo		
Llantas		
Con herramienta de medición de profundidad de labrado, realizar revisión e		
Motor		
Realizar Inspección visual a los filtros primario y secundario de la línea de		
Inspección visual a filtro refrigerante		
Inspeccionar color y condición del líquido refrigerante, cambiar si es necesario		
Revisar nivel de aceite del motor		
Revisar carga compresor		
Inspección visual al filtro aceite motor		
Usando la herramienta Inside, tomar datos de condición del motor para su análisis		
Transmisión		
Inspección visual del respiradero de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de la transmisión (caja de velocidades)		
Sistema eléctrico		
Realizar limpieza de conectores de los sensores		
Con voltiampermetro medir Voltaje (mín 13, máx 14.5) y Amps (mín 60, máx 65) del		
GAMA TIPO A		
Nombre Operador _____	Firma _____	
Nombre Proveedor _____	Firma _____	

Ilustración 53. Formato de inspección 10500km

MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHÍCULOS OLEOTANQUES Mecánico - Eléctrico 10500K		
Actividades	si / no	Notificaciones
CAMIÓN		
Cabina y Chasis		
Inspección visual al chasis y sobre chasis		
Realizar engrase de balinera central del eje cardán		
Realizar engrase de terminales barra y brazo de dirección		
Realizar engrase de ratches y levas del sistema de frenos		
Realizar engrase de rodamiento y articulaciones del embrague		
Realizar engrase de sistema vigas Tandem (Suspensión trasera)		
Dirección		
Inspección visual por fugas a bomba de dirección		
Con varilla medidora, verificar nivel de aceite del sistema de dirección		
Frenos		
Inspección visual al resorte de la cámara de parqueo		
Llantas		
Con herramienta de medición de profundidad de labrado, realizar revisión e		
Motor		
Realizar el cambio de los filtros primario y secundario de la línea de		
Cambiar filtro refrigerante		
Inspeccionar color y condición del líquido refrigerante, cambiar si es		
Realizar el cambio de aceite del motor		
Realizar cambio del filtro aceite motor		
Usando la herramienta Inside, tomar datos de condición del motor para su		
Inspección visual de tuberías, mangueras y abrazaderas o racores del		
Realizar el cambio del filtro de aire		
Transmisión		
Inspección visual del respiradero de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de la transmisión (caja de velocidades)		
Aire acondicionado		
Inspección visual del compresor, filtro y mangueras		
Inspección visual, auditiva y verificación de giro del blower y ventilador		
Realizar limpieza del condensador, usar cepillo y jabón suave.		
Realizar limpieza del evaporador, usar cepillo y jabón suave.		
Verificar presión de refrigerante, presión de baja entre 30psi y 35psi y		
Sistema eléctrico		
Inspección visual del cableado conexión a tierra, cableado del motor de		
Realizar la limpieza e inspección visual de reles del Tablero de Control		
Realizar limpieza de conectores de los sensores		
Con voltiamperímetro medir Voltaje (mín 13, máx 14.5) y Amps (mín 60, máx		
Sistema Hidráulico		
Inspección visual y manual de las mangueras del sistema hidráulico		
Tomar muestra de aceite hidráulico y enviar a laboratorio para análisis		
Realizar cambio de filtro del respiradero		
Nombre Operador _____		Firma _____
Nombre Proveedor _____		Firma _____

Ilustración 54. Formato de inspección 14000km

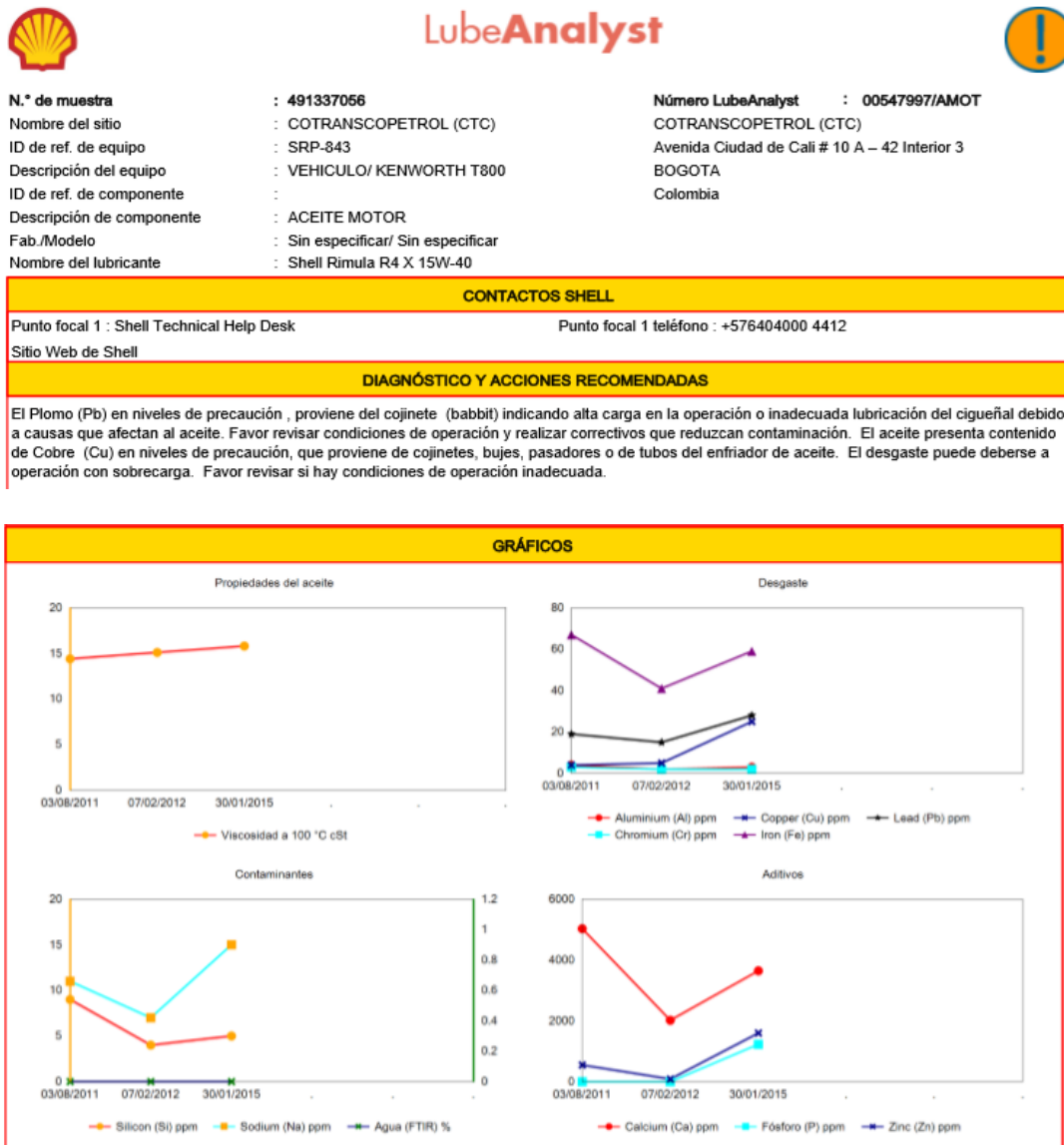
MANTENIMIENTO PREVENTIVO VEHÍCULOS OLEOTANQUES - 14000k		
Actividades	si / no	Notificaciones
CAMIÓN		
Cabina y Chasis		
Inspección visual al chasis y sobre chasis		
Realizar engrase de balinera central del eje cardán		
Realizar engrase de terminales barra y brazo de dirección		
Realizar engrase de ratches y levas del sistema de frenos		
Realizar engrase de rodamiento y articulaciones del embrague		
Realizar engrase de sistema vigas Tandem (Suspensión trasera)		
Inspección visual del estado de soportes del motor, caja y servotransmisión		
Dirección		
Inspección visual por fugas a bomba de dirección		
Con varilla medidora, verificar nivel de aceite del sistema de dirección		
Cambio de aceite y filtro del sistema de dirección		
Frenos		
Inspección visual al resorte de la cámara de parqueo		
Tomar medición del espesor de las bandas de freno de todas las ruedas (Mín. 1/4 de pulgada)		
Llantas		
Con herramienta de medición de profundidad de labrado, realizar revisión e inventario de llantas		
Motor		
Inspección visual del estado general de las poleas		
Realizar el cambio de los filtros primario y secundario de la línea de combustible		
Cambiar filtro refrigerante		
Inspeccionar color y condición del líquido refrigerante, cambiar si es necesario		
Realizar el cambio de aceite del motor		
Realizar cambio del filtro aceite motor		
Usando la herramienta Inside, tomar datos de condición del motor para su análisis		
Inspección visual de tuberías, mangueras y abrazaderas o racores del sistema de combustible		
Realizar el cambio del filtro de aire		
Inspección visual del panel del radiador		
Con compresímetro, realizar prueba al motor diesel, a partir de que el motor alcanza las 16,000 Hrs.		
Transmisión		
Inspección visual del respiradero de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de los diferenciales		
Verificar nivel y estado del aceite de la transmisión (caja de velocidades)		
Realizar el cambio de aceite de la transmisión y diferenciales		
Aire acondicionado		
Inspección visual del compresor, filtro y mangueras		
Inspección visual, auditiva y verificación de giro del blower y ventilador		
Realizar limpieza del condensador, usar cepillo y jabón suave.		
Realizar limpieza del evaporador, usar cepillo y jabón suave.		
Verificar presión de refrigerante, presión de baja entre 30psi y 35psi y presión de alta entre 175psi a 225psi.		
Sistema eléctrico		
Con densímetro y probador de resistencia, medir y registrar densidad del ácido y resistencia de las baterías.		
Inspección visual a bobinas de electroválvulas		
Inspección visual del cableado conexión a tierra, cableado del motor de arranque y conexiones auxiliares		
Realizar la limpieza e inspección visual de reles del Tablero de Control		
Realizar limpieza de conectores de los sensores		
Con voltíamperímetro medir Voltaje (mín 13, máx 14.5) y Amps (mín 60, máx 65) del alternador		
Sistema Hidráulico		
Inspección visual y manual de las mangueras del sistema hidráulico		
Tomar muestra de aceite hidráulico y enviar a laboratorio para análisis		
Realizar cambio de filtro del respiradero		
Con flujómetro, medir caudal de las bomba hidráulica		
Nombre Operador _____	Firma _____	
Nombre Proveedor _____	Firma _____	

4.2. Mantenimiento Predictivo:

Nos apoyaremos en los proveedores de aceites, quienes tienen a su disposición laboratorios para el análisis de aceites, donde nos proporcionaran información relacionada con el desgaste de componentes de los diferentes sistemas como el sistema de motor, transmisión, entre otros.

Se presenta a continuación un ejemplo de un análisis de aceites realizado por la Shell, donde presenta información predictiva importante.

Ilustración 55. Análisis de aceites

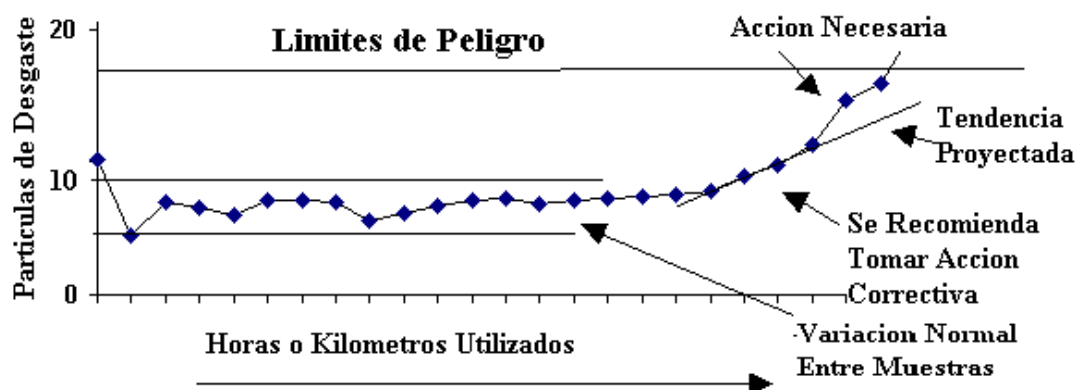


RESULTADOS						
N.º de muestra	901321	201212398	491337056			
Condición de la muestra	Precaución	Normal	Precaución			
Fecha de la muestra	03/08/2011	07/02/2012	30/01/2015			
Vida útil del equipo	80339 Horas	124326 Kilómetros	297608 Kilómetros			
Vida útil del lubricante	18270 Horas	22310 Kilómetros	22608 Kilómetros			
Volumen de relleno	-	-	-			
De drenaje de aceite	N.º	N.º	N.º			
Viscosidad a 100 °C						
Viscosidad a 100 °C cSt	14.4	15.1	15.8			
TAN (D 664)						
TAN (D 664) mg KOH/g	-	-	-			
TBN (D 2896)						
TBN (D 2896) mg KOH/g	-	-	-			
FT-IR (Infrarrojo)						
Oxidación (FT-IR) (abs cm ⁻¹)/0.1mm	0.14	0.14	0.13			
Nitración (FT-IR) (abs cm ⁻¹)/0.1mm	0.16	0.18	0.14			
Glicol (FT-IR) %	0.00	0.00	0.00			
Agua (FTIR) %	0.00	0.00	0.00			
Hollín (FTIR) (abs cm ⁻¹)/0.1mm	0.49	0.89	0.73			
Sulfatación (FTIR) (abs cm ⁻¹)/0.1mm	0.10	0.17	0.17			
Combustible (FT-IR) %	0.00	0.00	0.00			
Metales/ICP (lubricante)						
Iron (Fe) ppm	67	41	59			
Chromium (Cr) ppm	3	2	2			
Níquel (Ni) ppm	0	0	0			
Aluminium (Al) ppm	4	2	3			
Copper (Cu) ppm	4	5	25			
Lead (Pb) ppm	19	15	28			
Estaño (Sn) ppm	0	0	0			
Silver (Ag) ppm	0	0	0			
Titania (Ti) ppm	0	0	1			
Vanadio (V) ppm	2	1	0			
Silicon (Si) ppm	9	4	5			
Sodium (Na) ppm	11	7	15			
Molybdenum (Mo) ppm	35	33	9			
Manganese (Mn) ppm	1	0	1			
Boron (B) ppm	312	42	9			
Magnesium (Mg) ppm	35	19	115			
Calcium (Ca) ppm	5029	2020	3645			
Barium (Ba) ppm	0	-	-			
Fósforo (P) ppm	0	0	1229			
Zinc (Zn) ppm	549	88	1598			

Fuente: Navitrans (s.f)

La siguiente gráfica nos proporciona una visión más clara acerca de los resultados de obtenidos en laboratorio para un análisis de aceites:

Ilustración 56. Límites predictivos



Fuente: Widman (2016)

Es evidente que a mayor número de horas motor o kilómetros recorridos, los índices de desgaste aumentan, por lo tanto, este tipo de análisis constituye una herramienta muy útil para la prevención de las fallas.

4.3. INDICADORES DE GESTIÓN

Los indicadores de gestión que se proponen, están dirigidos a la optimización de los recursos humanos, técnicos y materiales de la compañía. También ayudará a determinar el nivel técnico de mantenimiento y a clasificar las intervenciones.

- Disponibilidad en la mano de obra:

$$DMO = \frac{(\text{Numero de trabajadores} * \text{Numero de horas})}{(\text{hombres Nominales}) - \text{número de horas/HombresAbsentismo}}$$

Es necesario disponer de un formulario para el control de tiempos disponibles para el personal de mantenimiento.

- Indicador de efectividad:

Indica el tiempo que se ha ganado por parte de un trabajador, sección o todo el equipo de mantenimiento, al tiempo asignado para una reparación, o inspección.

$$\text{Indicador de efectividad} = \frac{\text{Tiempo asignado de trabajo}}{\text{Tiempo real empleado}} * 100$$

- Indicador de Productividad:

Indica el porcentaje de horas productivas sobre el total de horas disponibles, en un periodo de tiempo, de un técnico o del equipo de técnicos del taller.

$$\text{Indicador de Productividad} = \frac{\text{Horas Productivas}}{\text{Horas Disponibles}} * 100$$

- Indicador Efectividad global del taller:

Es la relación entre el tiempo total asignado para las diferentes actividades sobre el tiempo total disponible (Padilla, 2012).

CAPITULO V RETORNO DE LA INVERSIÓN (ROI)

5.1. ANALISIS ROI

A continuación, se presentan los costos de algunos repuestos, mano de obra interna e insumos necesarios en las reparaciones, relacionados a las fallas, que se han identificado como las recurrentes, se debe tener en cuenta que Oleotankes cuenta con beneficios en descuentos en la mayoría de los repuestos por ser una flota interna de NAVITRANS, por tal motivo se ve la variación en los costos de los repuestos, la mano de obra está estipulada por un tempario ya establecido por la compañía y actualmente 1 hora en mano de obra (una hora) tiene un costo de \$74100.

Sistema de dirección

- ✓ Repuestos:

Tabla 21.Valores repuestos para el sistema de dirección

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
ACEITE HIDRAULICO DIRECCION ATF220 1/4	2	\$ 24.389	\$ 48.778
KIT COLUMNA DIRECCION	1	\$ 1.399.024	\$ 1.189.171
BARRA CORTA DIRECCION	1	\$ 336.000	\$ 235.200
MANGUERA CAUCHO LONA DE 5/8	2	\$ 15.300	\$ 30.600

MANGUERA CAUCHO LONA 3/8	2	\$ 7.300	\$ 14.600
MANGUERA HIDRAULICO	1	\$ 171.200	\$ 171.200
MANGUERACORAZA 19MM 3/4`	1	\$ 2.071	\$ 2.071
MANGUERA CAUCHO LONA DE 3/4	1	\$ 11.000	\$ 11.000
MANGUERA CAUCHO LONA DE 1	1	\$ 26.500	\$ 26.500
BOMBA HIDRAULICA ACOPLA DIRECTO	1	\$ 900.000	\$ 630.000
BOMBA HIDRAULICA DIRECCION	1	\$ 1.606.450	\$ 1.044.192
EMPAQUE BOMBA HIDRAULICA	1	\$ 20.720	\$ 13.468
EMPAQUETADURA CAJA DIRECCION M100 COMPLETA	1	\$ 309.400	\$ 216.580
		total	\$ 3.633.360

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ **Mano de Obra:**

hora mano de obra

\$ 74.100

Tabla 22. Costo mano de obra sistema de dirección

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
Cambio Terminales de la Dirección	1,27	\$ 94.107
D/M Cambio Bomba Dirección (PROSTAR-WORKSTAR)	1,00	\$ 74.100
D/M Cambio Bomba Dirección (DURASTAR)	1,00	\$ 74.100
D/M Cambio Cruceta Cardanico de Dirección	1,00	\$ 74.100
D/M Cambio empaquetadura Caja Dirección	3,30	\$ 244.530
D/M Cambio Eje Cardanico de Dirección	1,00	\$ 74.100
	Total	\$ 1.145.645

Una de las fallas más recurrentes en la flota se presenta en el sistema de dirección, y aunque la compañía cuenta con porcentaje de descuento en algunos repuestos, se evidencia un costo alto para la flota, debido a su alta frecuencia de falla.

Sistema de suspensión

✓ **Repuestos:**

Tabla 23.Costo repuesto sistema de suspensión

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
BARRA ESTABILIZADORA SUSPENSION CABINA	1,00	\$ 75.616	\$ 52.931
VALVULA CONTROL SUSPENSION PRIMAAX	1,00	\$ 302.260	\$ 302.260
BARRA TORQUE SUSPENSION	1,00	\$ 96.084	\$ 96.084
KIT TORNILLO Y BUJE SUSPENSION PRIMAAX	2,00	\$ 389.037	\$ 389.037
BUJE SOPORTE DELANTERO	1,00	\$ 150.518	\$ 150.518
BUJE BARRA TORQUE XTRB	1,00	\$ 104.880	\$ 104.880
BUJE QUICK ALIGN	1,00	\$ 59.598	\$ 59.598
BARRA ESTABILIZADORA SUSPENSION CABINA	1,00	\$ 83.592	\$ 83.592
AMORTIGUADOR PRIMAXX	1,00	\$ 158.954	\$ 158.954
AMORTIGUADOR DELANTERO	1,00	\$ 169.880	\$ 169.880
BARRA TORQUE SUSPENSION	1,00	\$ 96.084	\$ 96.084
BUJE CENTRAL	1,00	\$ 152.460	\$ 152.460
SOPORTE DELANTERO MOTOR	1,00	\$ 94.848	\$ 94.848
BUJE SOPORTE DELANTERO	1,00	\$ 145.548	\$ 145.548
		total	\$ 2.056.674

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ **Mano de Obra**

\$74.100

Tabla 24.Costo mano de obra sistema de suspensión

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
REEMPLAZAR AMORTIGUADOR	0,44	\$ 32.234
REEMPLAZAR BARRA ESTABILIZADORA VIGAS	0,75	\$ 55.575
REEMPLAZAR BOMBONA - CABEZOTE	0,69	\$ 51.129
REEMPLAZAR BUJE MUELLE DELANTERO	0,78	\$ 57.798
REEMPLAZAR BUJES DE BARRAS TENSORAS	0,86	\$ 63.911
REEMPLAZAR BUJES Y/O PASADOR MUELLE TRASERO	1,30	\$ 96.145
REEMPLAZAR BUJES DE LAS VIGAS	2,07	\$ 153.387
REEMPLAZAR CENTRAL MUELLE DELANTERO	1,30	\$ 96.145
REEMPLAZAR CENTRAL MUELLE TRASERO	1,47	\$ 108.927
REEMPLAZAR GRAPAS MUELLE DELANTERO	0,78	\$ 57.798
REEMPLAZAR GRAPAS MUELLE TRASERO	0,69	\$ 51.129
REEMPLAZAR HOJA MUELLE O MUELLE DELANTERO	1,30	\$ 96.145

REEMPLAZAR HOJA MUELLE O MUELLE TRASERO	1,82	\$ 134.492
REEMPLAZAR HOJA Z	1,55	\$ 115.040
REEMPLAZAR MUELLES TRASEROS	0,95	\$ 70.580
REEMPLAZAR SAPA MUELLE DELANTERO	0,86	\$ 63.911
REEMPLAZAR SAPA MUELLE TRASERO	0,95	\$ 70.580
REEMPLAZAR VALVULA CONTROL DE PRESION BOMBONA	0,52	\$ 38.347
AJUSTAR GRAPAS EJE DELANTERO	0,35	\$ 25.565
AJUSTAR TUERCAS GRAPAS MUELLE DELANTERO	0,35	\$ 25.565
AJUSTAR SUSPENSIÓN TANDEM	0,35	\$ 25.565
Total		\$ 1.489.966

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Sistema de frenos

✓ Repuestos:

Tabla 25. Costo repuestos sistema de frenos

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
KIT BANDAS FRENO 4707 REMACHADA	2,00	\$ 91.700	\$ 183.400
KIT REPARACION MAYOR DE FRENO HD 16 1/2`	4,00	\$ 17.850	\$ 71.400
KIT SELLOS SECADOR FRENO	1,00	\$ 79.020	\$ 79.020
KIT BANDA FRENOS 4707X	1,00	\$ 107.500	\$ 107.500
CAMARA FRENO TIPO 30	2,00	\$ 86.300	\$ 172.600
KIT REPARACION MENOR VALVULA FRENO	1,00	\$ 67.900	\$ 67.900
RODAJA FRENO ANCHA 1 ¾	4,00	\$ 10.550	\$ 42.200
KIT BANDAS FRENO 4707 REMACHADA	1,00	\$ 254.450	\$ 254.450
REMACHE BANDA FRENO 10-9	230,00	\$ 80	\$ 18.400
		total	\$ 996.870

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ Mano de Obra:

hora mano de obra **\$ 74.100**

Tabla 26. Costo mano de obra sistema de frenos

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
GRADUAR FRENOS (Vehículo)	0,17	\$ 12.782
REEMPLAZAR BANDAS (Unidad)	0,34	\$ 25.009
REEMPLAZAR BUJES DE LEVA (Incluye Frenos y rodamientos)	1,30	\$ 96.145

REEMPLAZAR CABLE DE CONEXION ABS	0,26	\$	19.451
REEMPLAZAR CAMPANA	1,21	\$	89.476
REEMPLAZAR LEVA DEL FRENO	1,30	\$	96.145
REEMPLAZAR AJUSTADOR (RACHE)	0,44	\$	32.234
REEMPLAZAR SENSOR DE ABS TRASERO	0,35	\$	25.565
AJUSTAR RODAMIENTOS - (UN SOLO LADO)	0,34	\$	25.009
REEMPLAZAR BOCIN - EJE DELANTERO	1,04	\$	76.694
REEMPLAZAR EMPAQUETADURA TAPA BOCIN	0,26	\$	19.451
REEMPLAZAR RETENEDOR/RODAMIENTOS DELANTERO	0,34	\$	25.009
REEMPLAZAR TAPA O EMPAQUE BOCIN	0,26	\$	19.451
RETIRAR ESPARRAGO ATASCADO	0,75	\$	55.575
AJUSTAR TUERCA DE RIN (TODAS)	0,44	\$	32.234
REEMPLAZAR BOCIN - TANDEM DELANTERO	1,21	\$	89.476
REEMPLAZAR EMPAQUE SEMIEJE - TANDEM DELANTERO	0,35	\$	25.565
REEMPLAZAR ESPARRAGO RIN (POR UNIDAD)	1,21	\$	89.476
REEMPLAZAR ESPARRAGO SEMIEJE (POR UNIDAD)	0,26	\$	19.451
REEMPLAZAR RETENEDOR Y/O RODAMIENTOS - TANDEM TRASERO	0,34	\$	25.009
REEMPLAZAR SEMIEJE DERECHO - TANDEM DELANTERO	0,35	\$	25.565
REEMPLAZAR CAMARA DE SEGURIDAD	0,69	\$	51.129
REEMPLAZAR CAMARA SENCILLA	0,44	\$	32.234
Total		\$	1.065.929

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Sistema transmisión

✓ Repuestos:

Tabla 27.Costo repuestos sistema transmisión

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
ACEITE CAJA VELOCIDADES DELVAC 1350 X 1/4	14	\$ 12.500	\$ 175.000
PIÑON CAJA FULLER 14715 2674	1	\$ 245.840	\$ 245.840
BALINERA EJE TREN FIJO	2	\$ 77.472	\$ 154.944
KIT BALINERA EJE TREN FIJO	1	\$ 101.220	\$ 101.220
CLUTCH DESPLAZABLE F7608LL	1	\$ 174.460	\$ 174.460
PIN	1	\$ 13.356	\$ 13.356
ARANDELA AJUSTE DESPLAZABLE	1	\$ 14.820	\$ 14.820
ARANDELA EJE TREN FIJO	1	\$ 15.400	\$ 15.400
ARANDELA AJUSTE	1	\$ 21.810	\$ 21.810
VARILLA EJE DESPLAZABLE	1	\$ 6.480	\$ 6.480
CLUCH DESPLAZABLE	1	\$ 40.830	\$ 40.830
RING BALINERA TREN FIJO	1	\$ 1.720	\$ 1.720

PIN PROPULSOR	1	\$ 2.107	\$ 2.107
ESPACIADOR CAJA FULLER	1	\$ 75.924	\$ 75.924
RODAMIENTO EJE REVERSA	1	\$ 33.824	\$ 33.824
KIT EMPAQUES	1	\$ 59.130	\$ 59.130
RODAMIENTO EJE DESPLAZABLE	1	\$ 50.112	\$ 50.112
PIÑON TERCERA	1	\$ 249.960	\$ 249.960
PIÑON PRIMERA	1	\$ 411.450	\$ 411.450
PIÑON	1	\$ 168.910	\$ 168.910
PIÑON REVERSA TR14715 2674	1	\$ 337.440	\$ 337.440
PIÑON AUXILIAR	1	\$ 409.020	\$ 409.020
PIÑON AUXILIAR CAJA RTLOF16718	1	\$ 311.260	\$ 311.260
PIÑON AUXILIAR FULK2808	1	\$ 524.076	\$ 524.076
KIT SINCRONISMO	1	\$ 699.580	\$ 699.580
PLATO CENTRAL SINCRONISMO	1	\$ 238.216	\$ 238.216
RESORTE SINCRONISMO	3	\$ 480	\$ 1.440
TAPA SINCRONISMO	1	\$ 157.148	\$ 157.148
RETENEDOR BALINERA TREN FIJO	1	\$ 29.124	\$ 29.124
TUERCA DIFERENCIAL 9400/97	1	\$ 46.290	\$ 46.290
CRUCETA ESCUALIZACION DIFERENCIAL 7400	1	\$ 130.560	\$ 130.560
PLANETARIO ESCUALIZACION DIFERENCIAL 7400	1	\$ 103.920	\$ 103.920
EJE IZQUIERDO DIFERENCIAL 7400/9200	1	\$ 548.730	\$ 548.730
EJE DIFERENCIAL DERECHO/IZQUIERDO TRASERA	1	\$ 476.120	\$ 476.120
PIÑON AUXILIAR T12412	1	\$ 250.000	\$ 250.000
		total	\$ 6.280.221

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ **Mano de Obra:**

hora mano de obra **\$ 74.100**

Tabla 28.Costo mano de obra

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
AJUSTAR CONEXIONES DE AIRE PERA FULLER	0,4	\$ 32.234
AJUSTAR TORNILLOS DE SUJECIÓN CAREVACA	1,1	\$ 77.805
AJUSTE TUERCA MONOSHITF	0,2	\$ 16.673
COMPLETAR NIVEL DE ACEITE EN CAJA DE CAMBIOS	0,1	\$ 5.558
DIAGNOSTICAR PROBLEMA EN CAJA DE CAMBIOS	0,8	\$ 55.575
LIMPIAR DESFOGUE CAJA DE CAMBIOS	0,2	\$ 12.227
REEMPLAZAR BUJE BARRA DE CAMBIOS	0,4	\$ 32.234

REEMPLAZAR DESFOGUE CAJA DE CAMBIOS	0,3	\$ 25.009
REEMPLAZAR EMPAQUETADURA DEL MONOSHIFT	1,1	\$ 83.363
REEMPLAZAR EMPAQUETADURA TAPA BARRA CAMBIOS	1,9	\$ 140.605
REEMPLAZAR EMPAQUETADURA VALVULA ESCLAVA	0,7	\$ 51.129
REEMPLAZAR ENFRIADOR DE ACEITE - CAJA DE CAMBIOS	0,5	\$ 38.347
REEMPLAZAR GUARDAPOLVOS BARRA DE CAMBIOS	0,3	\$ 19.451
REEMPLAZAR MANGUERA DE PASO - AIRE TRIPLICADOR	0,6	\$ 45.016
REEMPLAZAR MANGUERAS ENFRIADOR DE ACEITE - CAJA DE CAMBIOS	0,6	\$ 45.016
REEMPLAZAR OPTURADOR TAPA BARRA DE CAMBIOS	0,3	\$ 22.230
REEMPLAZAR PALANCA DE CAMBIOS	0,5	\$ 38.347
REEMPLAZAR RETENEDOR CAJA DE CAMBIOS	5,3	\$ 396.250
REEMPLAZAR RETENEDOR DEL MONOSHIFT	1,1	\$ 83.363
REEMPLAZAR SOPORTES DE CAJA	0,7	\$ 51.129
REEMPLAZAR TAPON DE DRENAJE ACEITE CAJA DE CAMBIOS	0,2	\$ 13.894
REEMPLAZAR TUERCA MONOSHIFT	0,8	\$ 55.575
REPARAR CAJA DE CAMBIOS	12,5	\$ 926.991
REPARAR MONOSHIFT	5,6	\$ 415.701
GRADUAR CLUTCH	0,2	\$ 12.782
REPARAR PRENSA CLUTCH	5,3	\$ 390.137
DIAGNOSTICAR PROBLEMA EN EL CLUTCH	0,8	\$ 55.575
PURGAR SIS. HIDRAULICO DE CLUTCH – PROSTAR	0,2	\$ 16.673
REEMPLAZAR SERVO DEL CLUTCH – PROSTAR	0,8	\$ 55.575
REEMPLAZAR MANGUERA DE ENGRASE BALINERA CLUTCH	0,2	\$ 16.673
REEMPLAZAR PRENSA (D/M CAJA DE CAMBIOS)	4,7	\$ 351.790
REEMPLAZAR TERMINALES DEL VARILLAJE	0,6	\$ 45.016
DIAGNOSTICAR PROBLEMA EN EL CLUTCH	0,8	\$ 55.575
REEMPLAZAR MANGUERA DE ENGRASE BALINERA CLUTCH	0,2	\$ 16.673
REEMPLAZAR PRENSA (D/M CAJA DE CAMBIOS)	4,7	\$ 351.790
REEMPLAZAR TERMINALES DEL VARILLAJE	0,6	\$ 45.016
REEMPLAZAR VALINERA DEL CLUTCH (D/M CAJA DE CAMBIOS)	4,7	\$ 351.790
REEMPLAZAR CARDAN DELANTERO	1,0	\$ 76.694
REEMPLAZAR CARDAN INTERMEDIO – EAGLE	0,4	\$ 32.234
REEMPLAZAR CARDAN TRASERO	0,3	\$ 19.451
REEMPLAZAR CHAPETA DE CRUCETA (POR CRUCETA)	0,1	\$ 5.558
REEMPLAZAR CRUCETA	0,9	\$ 63.911
REEMPLAZAR RODAMIENTO CENTRAL (EAGLE)	1,1	\$ 83.363
REEMPLAZAR TORNILLOS DEL SOPORTE DEL RODAMIENTO	0,2	\$ 16.673
REEMPLAZAR YOKE - CAJA DE VELOCIDADES	1,1	\$ 83.363
REEMPLAZAR YOKE – DIVISOR	1,0	\$ 72.248
REEMPLAZAR YOKE - EJE PASANTE	1,1	\$ 83.363

REEMPLAZAR YOKE - TRANS. TRASERA	1,1	\$	83.363
REEMPLAZAR YOKE MEDIO (EAGLE)	1,0	\$	72.248
REEMPLAZAR VALINERA DEL CLUTCH (D/M CAJA DE CAMBIOS)	4,7	\$	351.790
REPARACION TRANSMISION 7, 9 & 10 VELOCIDADES FULLER/EATON	7,0	\$	520.000
REMOVER Y REINSTALAR TRANSMISION - 7, 9, 10, 11 & 13 VELOCIDADES	1,5	\$	109.080
REPARAR SECCION TRASERA DE TRANSMISION (TRANSMISION EN CHASIS)	3,2	\$	234.526
Total		\$	6.356.639

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Sistema motor

✓ Repuestos:

Tabla 29.Costo repuestos sistema motor

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
CORREA VENTILADOR MOTOR	1	\$ 73.872	\$ 73.872
FAN CLUTH MOTOR K30RA	1	\$ 853.056	\$ 853.056
SOPORTE TRASERO MOTOR	2	\$ 438.600	\$ 438.600
KIT EMPAQUES	1	\$ 51.325	\$ 51.325
MEDIDOR COMBUSTIBLE	2	\$ 204.000	\$ 408.000
CORREA VENTILADOR MOTOR	1	\$ 73.872	\$ 73.842
KIT CULATA COMPRESOR ISM	1	\$ 440.800	\$ 308.560
KIT BOMBA AGUA ISM	1	\$ 2.385.800	\$ 1.670.060
MANGUERA TEMPERATURA AGUA ISM	1	\$ 18.600	\$ 13.020
ABRAZADERA METALICA REFORZADA TUBO ACEITE	1	\$ 43.000	\$ 30.100
SENSOR INDICADOR TEMPERATURA ACEITE	1	\$ 156.636	\$ 109.645
HARNES ISM INYECTORES	1	\$ 225.876	\$ 225.876
HARNES FRENO MOTOR	1	\$ 50.400	\$ 50.400
ABRAZADERA MOTOR 9400	1	\$ 33.040	\$ 23.128
SENSOR POSICION CIGÜEÑAL Y ARBOL LEVAS	1	\$ 143.968	\$ 100.777
TURBO HX55 (Exchange) (Con Devolución) (CORE)	1	\$ 4.784.300	\$ 4.784.300
MANGUERA DESCARGUE TURBO	1	\$ 202.266	\$ 202.266
EMPAQUE MULTIPLE ADMISION	1	\$ 27.201	\$ 19.040
MANGUERA ADMISION	1	\$ 63.200	\$ 44.240
BALANCIN ADMISION CILINDROS 1,3,5	1	\$ 178.114	\$ 124.679
BALANCIN ADMISION CILINDROS 2,4,6	1	\$ 183.160	\$ 128.212
TUBO FLEXIBLE ADMISION ISM	1	\$ 245.426	\$ 171.798
TORNILLO CARTER	1	\$ 8.473	\$ 8.473
BOMBA TANQUE ACPM 4300	1	\$ 395.160	\$ 395.160
CAUCHO INYECTOR	6	\$ 11.755	\$ 43.371

KIT REPARACION FAN CLUTCH	1	\$ 248.080	\$ 173.656
VALVULA SOLENOIDE FAN DRIVE	1	\$ 201.800	\$ 141.260
KIT REPARACION FAN CLUTCH K30	1	\$ 264.000	\$ 184.800
		Total	\$ 10.851.516

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ **Mano de Obra:**

hora mano de obra **\$ 74.100**

Tabla 30.Costo mano de obra

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
AJUSTAR ARNES DEL FRENO DE MOTOR	0	\$ 16.673
AJUSTAR SOPORTES DE MOTOR DELANTEROS	1	\$ 42.793
AJUSTAR SOPORTES DE MOTOR TRASEROS	0	\$ 33.901
AJUSTAR SOPORTES DEL MOTOR	1	\$ 76.694
CALIBRAR VALVULAS E INYECTORES	3	\$ 255.645
D/M MOTOR	19	\$ 1.397.711
DIAGNOSTICAR PROBLEMA EN MOTOR - MECANICO	1	\$ 44.460
IDENTIFICAR FUGA DE ACEITE DE MOTOR	0	\$ 11.115
INSPECCIONAR TRABAJO DE FRENO DE MOTOR	0	\$ 25.565
REEMPLAZAR ARBOL DE LEVAS - INYECTORES	12	\$ 894.758
REEMPLAZAR ARBOL DE LEVAS - VALVULAS	10	\$ 741.371
REEMPLAZAR ARNES DEL FRENO DEL MOTOR	1	\$ 63.911
REEMPLAZAR BALANCIN DEL FRENO DE MOTOR	2	\$ 127.823
REEMPLAZAR BOBINAS DEL FRENO DEL MOTOR	1	\$ 72.248
REEMPLAZAR BOMBA DE ACEITE	3	\$ 230.081
REEMPLAZAR CARTER	2	\$ 145.051
REEMPLAZAR CAUCHOS ENFRIADOR DE ACEITE	2	\$ 136.159
REEMPLAZAR CAUCHOS SOLENOIDES DEL FRENO DE MOTOR	1	\$ 72.248
REEMPLAZAR EJE DE BALANCINES - INYECTORES	2	\$ 170.615
REEMPLAZAR EJE DE BALANCINES - VALVULAS	2	\$ 170.615
REEMPLAZAR EMPAQUE CARCASA DE ENGRANES	22	\$ 1.636.128
REEMPLAZAR EMPAQUE CARCAZA VOLANTE (CAREVACA)	4	\$ 281.210
REEMPLAZAR EMPAQUE CUBIERTA DE ENGRANES	5	\$ 340.675
REEMPLAZAR EMPAQUE CUBIERTA DEL ARBOL DE LEVAS	1	\$ 68.357
REEMPLAZAR EMPAQUE DE LA CULATA	14	\$ 1.030.916
REEMPLAZAR EMPAQUE DEL CÁRTER	2	\$ 161.723
REEMPLAZAR EMPAQUE DEL ENFRIADOR DE ACEITE	7	\$ 528.518

REEMPLAZAR EMPAQUE TAPA DE REPARTICIÓN	5	\$ 340.675
REEMPLAZAR EMPAQUE TAPA DE VALVULAS	1	\$ 68.357
REEMPLAZAR RETÉNEDOR CIGÜEÑAL DELANTERO	3	\$ 187.288
REEMPLAZAR RETÉNEDOR CIGÜEÑAL TRASERO	2	\$ 136.159
REEMPLAZAR SOLENOIDE DEL FRENO DE MOTOR	1	\$ 72.248
REPARACION GENERAL DE MOTOR	43	\$ 3.167.775
REPARAR ARNES DEL FRENO DEL MOTOR	1	\$ 63.911
ARREGLO DE TURBO	2	\$ 184.343
REMOVER E INSTALAR TURBOCARGADOR	2	\$ 121.309
REEMPLAZAR TODOS LOS EMPAQUES DEL MULTIPLE DE ADMISION	2	\$ 125.229
REEMPLAZAR TUBERIA/MANGUERA DE ADMISION O ENTRADA DE LA CARCASA DEL FILTRO DE AIRE	0	\$ 25.935
R/R TUBO DE ENTRADA O RETORNO DE ACEITE Y/O EMPAQUE TURBOCOMPRESOR MOTOR I-6	1	\$ 46.733
REMOVER E INSTALAR TAPA VALVULAS	0	\$ 27.450
REEMPLAZAR BOMBA DE AGUA	7	\$ 510.608
REEMPLAZAR UN INYECTOR	3	\$ 207.000
CALIBRAR TODAS LAS VALVULAS E INYECTORES (CON FRENO MOTOR)	9	\$ 684.246
Total		\$ 14.746.225

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Sistema eléctrico

✓ Repuestos:

Tabla 31. Costo repuestos sistema eléctrico

Descripción	Cantidad	Precio de venta	Valor neto
SENSOR TEMPERATURA AIRE ACONDICIONADO	2	\$ 52.630	\$ 105.260
SENSOR INDICADOR TEMPERATURA ACEITE	1	\$ 92.118	\$ 64.482
SENSOR VELOCIMETRO	1	\$ 87.800	\$ 61.460
BATERIA TERMINAL TORNILLO 650CCA	3	\$ 235.500	\$ 621.720
BATERIA TERMINAL TORNILLO 750CCA (LIBRE MMTO)	3	\$ 245.060	\$ 588.144
CABLE BATERIA DOBLE FUSIBLE	1	\$ 188.000	\$ 131.600
CABLE BATERÍA AL ARRANQUE	1	\$ 109.300	\$ 76.510
BOMBILLO TABLERO	4	\$ 13.461	\$ 37.690
BOMBILLO LAMPARA DIRECCIONAL	2	\$ 8.695	\$ 12.173
BOMBILLO 1034 12V	2	\$ 1.800	\$ 2.520
BOMBILLO LAMPARA DIRECCIONAL	2	\$ 9.500	\$ 13.300
BOMBILLO EXPLORADORA NARVA 48321 H3 60-55W 12V 1 FILAMENTO	1	\$ 6.000	\$ 4.200
BOMBILLO LAMPARA DIRECCIONAL	1	\$ 3.000	\$ 1.950

CABLE ENCAUCHETADO 2 VIAS X 16	4	\$ 3.869	\$ 15.476
CABLE BATERIA 9400I	2	\$ 49.449	\$ 69.228
CABLE ELECTRICO Nº 18	4	\$ 685	\$ 2.740
CABLE ELECTRICO Nº 14	2	\$ 1.700	\$ 3.400
HARNES LAMPARA DIRECCIONAL	1	\$ 73.752	\$ 62.689
HARNES ISM INYECTORES	1	\$ 413.630	\$ 289.541
MODULO CONTROL ELECTRONICO ESC	1	\$ 2.233.600	\$ 2.233.600
ALTERNADOR 12V/140AMP 35SI	1	\$ 908.400	\$ 908.400
POLEA ALTERNADOR	1	\$ 107.442	\$ 107.442
		Total	\$ 5.413.525

Fuente: NAVITRANS (s.f)

✓ **Mano de Obra:**

hora mano de obra

\$ 74.100

Tabla 32. Costo mano de obra

ACTIVIDAD	Tempario	COSTO (\$)
AJUSTAR PARAMETROS MODULO	0,6	\$ 42.793
REEMPLAZAR ALTERNADOR	0,5	\$ 38.347
REEMPLAZAR ARRANQUE	1,3	\$ 96.145
REEMPLAZAR AUTOMATICO PRIMARIO DEL ARRANQUE	1,5	\$ 108.927
REEMPLAZAR AUTOMATICO SECUNDARIO DEL ARRANQUE	1,5	\$ 108.927
REEMPLAZAR BATERIAS	0,3	\$ 25.565
REEMPLAZAR BOMBILLO EXPLORADORA	0,1	\$ 8.336
REEMPLAZAR BOMBILLO LUZ DIRECCIONAL	0,3	\$ 19.451
REEMPLAZAR BOMBILLOS - LUCES DE TABLERO	0,5	\$ 38.347
REEMPLAZAR BOMBILLOS DE EXPLORADORAS	0,1	\$ 8.336
REEMPLAZAR BOMBILLOS DEL COCUYO (CAPOTA)	0,3	\$ 19.451
REEMPLAZAR BOMBILLOS DEL TABLERO	0,5	\$ 38.347
REEMPLAZAR BOMBILLOS UNIDADES	0,2	\$ 16.673
REEMPLAZAR CABLE DE LA BATERIA AL ARRANQUE	0,4	\$ 32.234
REEMPLAZAR CABLE SIETE VIAS	0,3	\$ 25.565
REEMPLAZAR CABLES DE BATERIAS	0,3	\$ 25.565
REEMPLAZAR CORREA DEL ALTERNADOR	0,4	\$ 32.234
REEMPLAZAR EXPLORADORA	0,3	\$ 25.565
REPARAR INSTALACION ELECTRICA MOTOR - (MAYOR)	1,7	\$ 127.823
REPARAR INSTALACION ELECTRICA MOTOR - (MENOR)	1,0	\$ 76.694
REPARAR INSTALACIÓN A/C	1,0	\$ 76.694
Total		\$ 992.014

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Suministros generales

Tabla 33. Costo de consumibles

SUMINISTROS	CANTIDAD	COSTO
DESENGRASANTE ECODEGREASER 250 X 1 GALON	1,0	\$ 39.000
SILICONA ULTRAGREY 70 ML	1,0	\$ 19.650
SILICONA ULTRAGREY LOCTITE 70 ML	1,0	\$ 12.150
ELIMINADOR EMPAQUES 515	1,0	\$ 34.575
FIJADOR PARTES CILINDRICAS A.R LOCTITE 620 50 ML	1,0	\$ 64.285
GRASA EXTREMA PRESION X LB	1,0	\$ 16.000
LIMPIADOR ELECTRÓNICO QD (8 ONZ)	1,0	\$ 22.500
CINTA AISLANTE SCOHT 700	1,0	\$ 13.770
TERMOENCOGIBLE 1/4 6MM	1,0	\$ 860
LIMPIADOR CONTACTOS ELECTRÓNICO QD (8 ONZ)	1,0	\$ 22.500
LIQUIDO AFLOJADOR PENETRANTE	1,0	\$ 19.730
ADITIVO DCA4 (0.125 GLS/ 1 PINTA) (473 ML)	1,0	\$ 17.000
CINTA TEFLON ½	1,0	\$ 800
Total		\$ 282.820

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Lubricación

Tabla 34. Costo de consumibles

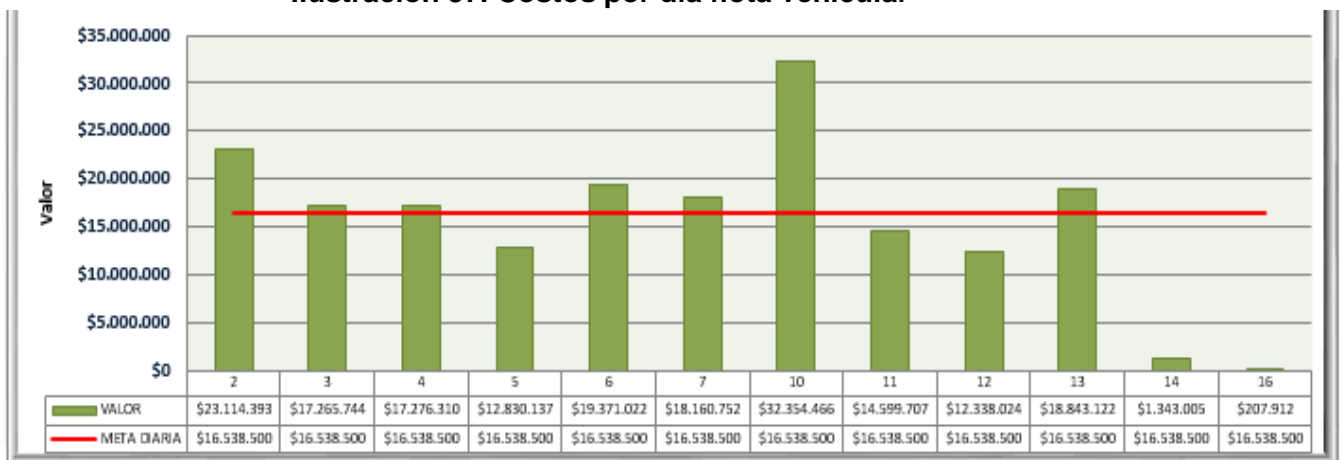
SUMINISTROS	CANTIDAD	COSTO
FILTRO ACEITE	1,0	\$ 29.719
FILTRO COMBUSTIBLE	1,0	\$ 41.621
FILTRO TRAMAP COMBUSTI	1,0	\$ 92.916
FILTRO AIRE	1,0	\$ 194.718
FILTRO AIRE ACONDICIONADO	1,0	\$ 46.725
FILTRO ACEITE MOTOR	1,0	\$ 112.868
FILTRO TRAMAP COMBUSTI	1,0	\$ 50.576
FILTRO ACEITE MOTOR	1,0	\$ 38.338
FILTRO COMBUSTIBLE	1,0	\$ 34.800
FILTRO COMBUSTIBLE	1,0	\$ 30.582
FILTRO AIRE	1,0	\$ 69.004
FILTRO AIRE	1,0	\$ 52.174
FILTRO ACEITE	1,0	\$ 24.824
FILTRO AIRE	1,0	\$ 74.785
FILTRO COMBUSTIBLE	1,0	\$ 37.352

FILTRO AIRE	1,0	\$ 449.094
FILTRO AIRE ACONDICIONA	1,0	\$ 50.077
FILTRO AIRE PRIMARIO 7600	1,0	\$ 194.279
FILTRO AIRE SECUNDARIO 76	1,0	\$ 152.946
ACEITE DE MOTOR	1/4	\$ 9.400
ACEITE TRANSMISION	1/4	\$ 11.500
ACEITE DIFERENCIAL	1/4	\$ 10.700
Total		\$ 1.808.998

Fuente: NAVITRANS (s.f)

Como se evidenció en las tablas anteriores, los costos de los repuestos al igual que de la mano de obra, representan un gasto significativo para la compañía. En el siguiente gráfico se refleja el costo promedio para el mantenimiento correctivo en un día laboral:

Ilustración 57. Costos por día flota vehicular



Fuente: Navitrans (s.f.)

De acuerdo a la gráfica anterior proporcionada por la administración de Navitrans, los costos promedio en mantenimientos correctivos diarios son de \$16'538.500, por lo que el costo aproximado mensual para la flota estaría dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de mantenimiento mensual} = \text{Costo de mantenimiento diario} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Costo de mantenimiento mensual} = 16'538.500 * 30 \text{ días}$$

$$\text{Costo de mantenimiento mensual} = 496'155.$$

$$\text{Costo de mantenimiento anual} = 5953'860.000$$

“Los mantenimientos preventivos colaboran en la reducción de los costos, ya que este enfoque es aproximadamente el 30% menos costoso que los mantenimientos correctivos” (Emersson Process Mangement,2004)

En este orden de ideas, los costos por mantenimiento preventivo propuesto por los autores serían los siguientes:

$$\text{Costos de mantenimiento mensual} = 496'155.000 - 148.846.500 = 347'308.500$$

$$\text{Costo del mantenimiento anual} = 4167'702.000$$

$$\text{Reducción de costos en mantenimiento anual} = 5,953,860,000 - 4,167'702.000$$

$$\text{Reducción de costos en mantenimiento anual} = 1,786,158,000$$

Debido a que la compañía se reserva la información de los ingresos, para lograr el cálculo del retorno de la inversión, el grupo de estudio realizó un cálculo aproximado para los costos de transporte de carga en el territorio nacional, teniendo en cuenta que cada vehículo realiza entre 3 y 4 viajes mensuales hacia los puertos de Barranquilla, Buenaventura, realiza viajes hacia Medellín, Cali.

Ilustración 58. Costos por viaje ministerio de transporte.

Origen - Destino	BOGOTÁ - BUENAVENTURA	Configuración	3S3 - Tractocamión tres ejes - Tractomula
Tipo de carga	Granel Sólido	Unidad de transporte	ESTACAS
COSTO TONELADA POR KM	\$ 211.49	COSTO TOTAL DEL VIAJE	\$ 3,781,130.45
Origen - Destino	BOGOTÁ - BARRANQUILLA	Configuración	3S2 - Tractocamión tres ejes - Tractomula
Tipo de carga	General	Unidad de transporte	ESTACAS
COSTO TONELADA POR KM	\$ 154.72	COSTO TOTAL DEL VIAJE	\$ 4,720,539.43
Origen - Destino	BOGOTÁ - CALI	Configuración	3S2 - Tractocamión tres ejes - Tractomula
Tipo de carga	General	Unidad de transporte	ESTACAS
COSTO TONELADA POR KM	\$ 228.57	COSTO TOTAL DEL VIAJE	\$ 3,314,282.18
Origen - Destino	BOGOTÁ - MEDELLÍN	Configuración	3S2 - Tractocamión tres ejes - Tractomula
Tipo de carga	General	Unidad de transporte	ESTACAS
COSTO TONELADA POR KM	\$ 276.68	COSTO TOTAL DEL VIAJE	\$ 3,002,031.49

Fuente: mintransporte (2015)

se realiza un promedio de los valores anteriores: valor promedio: \$ 3704490, este valor se toma como valor promedio de ingreso por cada viaje realizado. Por lo tanto, tendríamos lo siguiente:

$$\text{Ingreso por vehículo} = \text{Número de viajes} * \text{Valor promedio}$$

$$\text{Ingreso por vehículo} = 4 * 3'704.490$$

$$\text{Ingreso por vehículo} = 14'817.962$$

$$\text{Ingresos mensuales aproximados para la flota} = 2845'048.704$$

Es importante aclarar que el resultado anterior fue realizado con una disponibilidad del 100% de la flota, como los vehículos no se encuentran en su totalidad disponibles por diversos factores, el valor se recalcula para una disponibilidad del 80%

$$\text{Ingresos mensuales aproximados para la flota} = 2276'038.963$$

Los ingresos aproximados anuales para la compañía son:

$$\text{Ingresos anuales aproximados para la flota} = 27312'467.558$$

Se debe tener en cuenta que los gastos administrativos representan aproximadamente el 38% de los ingresos anuales de la flota vehicular.

$$\text{Ingresos anuales aproximados para la flota} = 27312'467.558 - 8193740267$$

$$\text{Ingresos anuales aproximados para la flota} = 16933'729.886$$

En este orden ideas el Retorno de la Inversión (ROI) es:

$$ROI = \frac{\text{ingresos anuales} - \text{inversión anual}}{\text{inversión anual}}$$

$$ROI = \frac{16933'729.886 - 4167'702.000}{4167'702.000}$$

$$ROI = 3.06$$

Esta cifra nos indica que se recupera tres veces el valor de la inversión, el tiempo que se tiene proyectado para recuperar esta inversión es de 3 años, lo hace viable la implementación de las acciones propuestas por el grupo de estudio.

6. CONCLUSIONES

- Las matrices para el Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), son una valiosa herramienta que permite identificar las fallas más críticas o recurrentes, facilitando tomar una decisión más acertada sobre los procedimientos a realizar.
- La información sobre las fallas que dispone la empresa, se encuentra desordenada y poco estandarizada para la descripción de las fallas, lo cual dificultó la elaboración del plan de mantenimiento por parte del grupo de estudio.
- Con la implementación del plan de mantenimiento aquí propuesto, se reducen las probabilidades de ocurrencia de fallas críticas o severas, que generan mayores gastos para la empresa, ya que con inspecciones cada 3500km, es posible detectar inconsistencias en el funcionamiento de las piezas por mal montaje, desgaste prematuro y fallas simples que posteriormente pueden convertirse en críticas. Del mismo modo, la inversión para mantenimientos preventivos no supera en ningún escenario el correctivo.
- Durante el trabajo en campo, fue evidente la presencia de fallas por mala operación de los conductores, esto ahondado a la inexistencia de un programa de capacitación, donde se desarrollen temas enfocados a los cuidados de los vehículos, al igual que de inspecciones visuales que pueden realizar los operarios antes de iniciar labores.
- La disponibilidad de la flota obtuvo una valoración del 87%, la cual es posible mejorar con las medidas sugeridas en este documento, como una correcta documentación de las fallas, mejorar el stock de repuestos de acuerdo a los resultados arrojados por las AMFE, y la implantación de un plan de mantenimiento adaptado a las necesidades de la flota.
- Es sistema más afectado fue el de dirección, esto debido a diversos factores, como la topografía colombiana, mal manejo del vehículo y el estado de las vías con las que cuenta el país, igualmente, el grupo de estudio sugirió unas medidas de contingencia para dicha falla.

- Sin lugar a dudas, los mantenimientos de tipo correctivo son mucho más costosos que los predictivos, como quedó en evidencia en el capítulo de costos relacionado en el presente trabajo.
- Es necesario crear una cultura entre los operarios, técnicos y coordinadores de patio, donde se lleven registros constantes y claros, acerca de las incidencias presentadas esto como medida de control y mitigación de fallas.

6.1. RECOMENDACIONES

- Es necesario desarrollar formatos de servicio técnico, que permitan recopilar la información pertinente a las fallas funcionales, plasmando en ella toda la información necesaria para la optimización de la información, y así mejorar seguimiento a la trazabilidad del plan de mantenimiento propuesto.
- Es recomendable capacitar al personal de bodega y compras, en temas relacionados con la identificación de los repuestos, buscando una mejora de la comunicación entre el personal técnico y administrativa de la compañía.
- Debe ser una política corporativa, implementar programas de capacitación continua a los operadores de los vehículos, para crear una cultura de compromiso, seguridad, y pertenencia hacia los activos de la compañía ya que en trabajo de campo fueron evidentes las fallas presentadas por mala operación de los vehículos.
- La creación de indicadores de gestión especialmente diseñados y adaptamos para las condiciones de empresa, proporcionarían información sumamente importante en el diseño de nuevas estrategias en aras de la optimización de la operación.
- Las matrices AMEF son una herramienta muy útil para la evaluación de una flota vehicular, sin embargo, es de vital importancia realizar continuo seguimiento a las valoraciones propuestas, ya que por ser un modelo nuevo es susceptible a errores de cálculo.

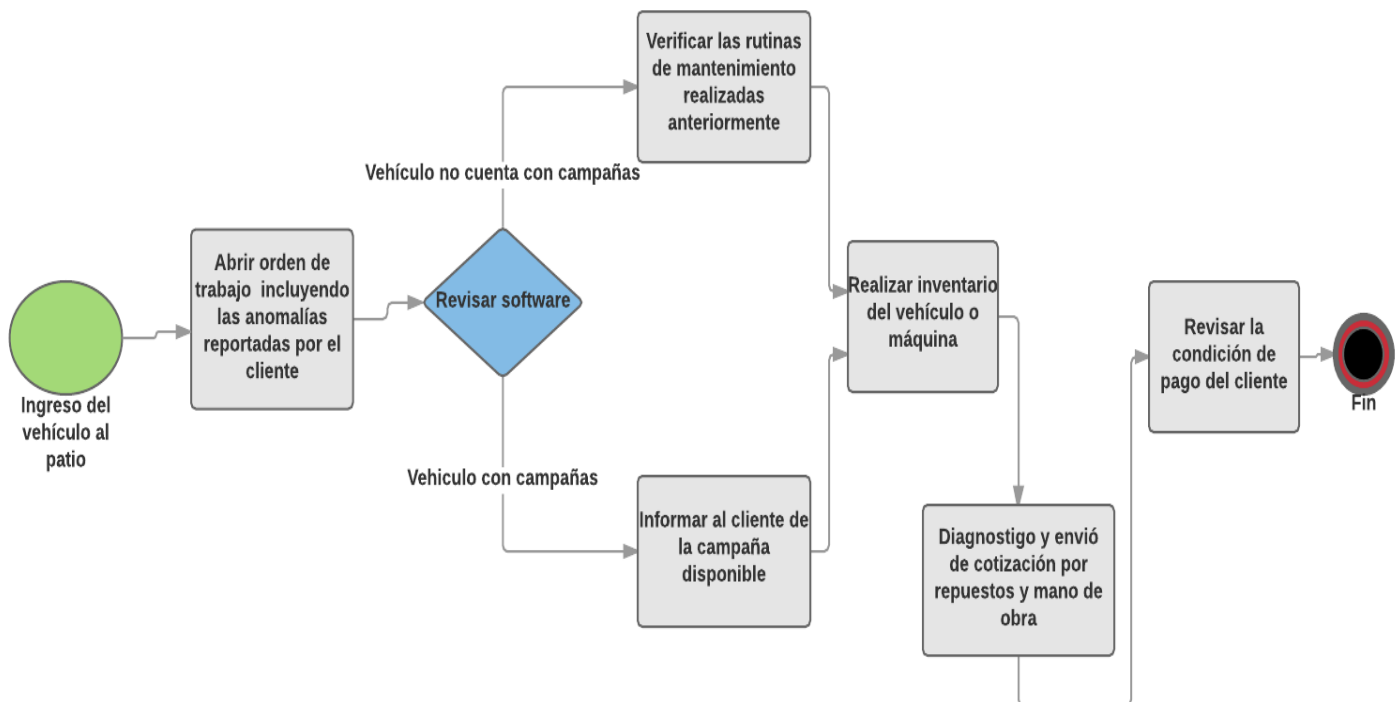
- Se sugiere que la información recopilada acerca de las fallas presentada por cada uno de los vehículos, al igual que fechas de ingreso y salida, sean lo más exactas posibles, ya que inconsistencias de este tipo afectan el plan de mantenimiento planteado, al igual a que a las estrategias de mejora que se planeen implementar.
- Realizar seguimiento y control, a las diferentes herramientas que deben estar calibradas, para que el personal técnico, ejecute sus labores bajo los parámetros recomendados por los fabricantes.

ANEXOS

Procedimiento para la recepción de vehículos

Para la recepción de los vehículos en NAVITRANS se tiene fijados seis pasos los cuales se mencionan a continuación;


Ilustración 59. Diagrama para la recepción de vehículos




Fuente: NAVITRANS (2016)

En el momento en que los funcionarios reciben el vehículo a ingresar a los patios de NAVITRANS, se realiza inicialmente un inventario del automotor, al igual se recopila una serie de datos que son de utilidad para el servicio de mantenimiento, a continuación, se relaciona el formato utilizado por NAVITRANS para esta labor:

Ilustración 60. Formato para recepción de vehículos


NAVITRANS
para toda la vida



Fecha _____ Hora _____

Propietario Vehículo _____

Compañía _____

Placa _____

VIN _____

Kilometraje _____ Horas Motor _____

Inventario General

☐ Radio

☐ Farolas

☐ Frontal radio

☐ Tapa combustible

☐ Tapetes

☐ Tapa Baterías

☐ Pito servicio

☐ Baterías

☐ Corneta

☐ Stops

☐ Gancho

☐ Llanta repuesto

☐ Bomper

☐ Tarjeta de propiedad

☐ Espejos retrc

☐ Chapas puertas

☐ Biseles

☐ Quinta rueda

☐ Licuadora


☐ Encendedor

☐ Cenicero

☐ Exploradoras


CONDICIÓN
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.

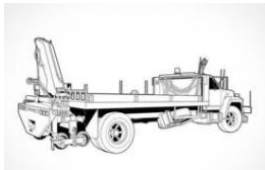
Nivel de Combustible



1. Golpe

2. Rayón





Firma Asesor de Servicio _____

Cel: _____

Firma Conductor _____


Cel: _____

Fijo: _____

Fuente: NAVITRANS (2016)

Luego, el personal encargado de diligenciar el formato para la recepción de los vehículos, también se debe tramitar un nuevo registro denominado “formato autorización de servicio a cargo de NAVITRANS” el cual se muestra a continuación:

Ilustración 61. Formato de autorización de servicio

		SERVICIOS DE TALLER		CODIGO: FR-SER-PS-01	
				VERSION : 1	
		FORMATO AUTORIZACION SERVICIO A CARGO DE NAVITRANS			

DIA	MES	AÑO	HORA	SEDE	AREA SOLICITANTE

CLASE DE SERVICIO SOLICITADO:

_____ Alistamiento	_____ Revisión Repuesto
_____ Preentrega	_____ Mantenimiento Vehículo Navitrans
_____ Garantía Extendida o Comercial	_____ Desmonte de Piezas de Vehículos Nuevos
_____ Servicio o Repuestos Otorgados en la Venta del Vehículo	_____ Mano de Obra por Stock no Disponible

DATOS DEL VEHÍCULO			
VIN	PLACA	COLOR	KM /HORAS

NOMBRE DEL CLIENTE	CEDULA / NIT

SERVICIO SOLICITADO
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

OBSERVACIONES:	

SOLICITADO POR:	AUTORIZADO POR:

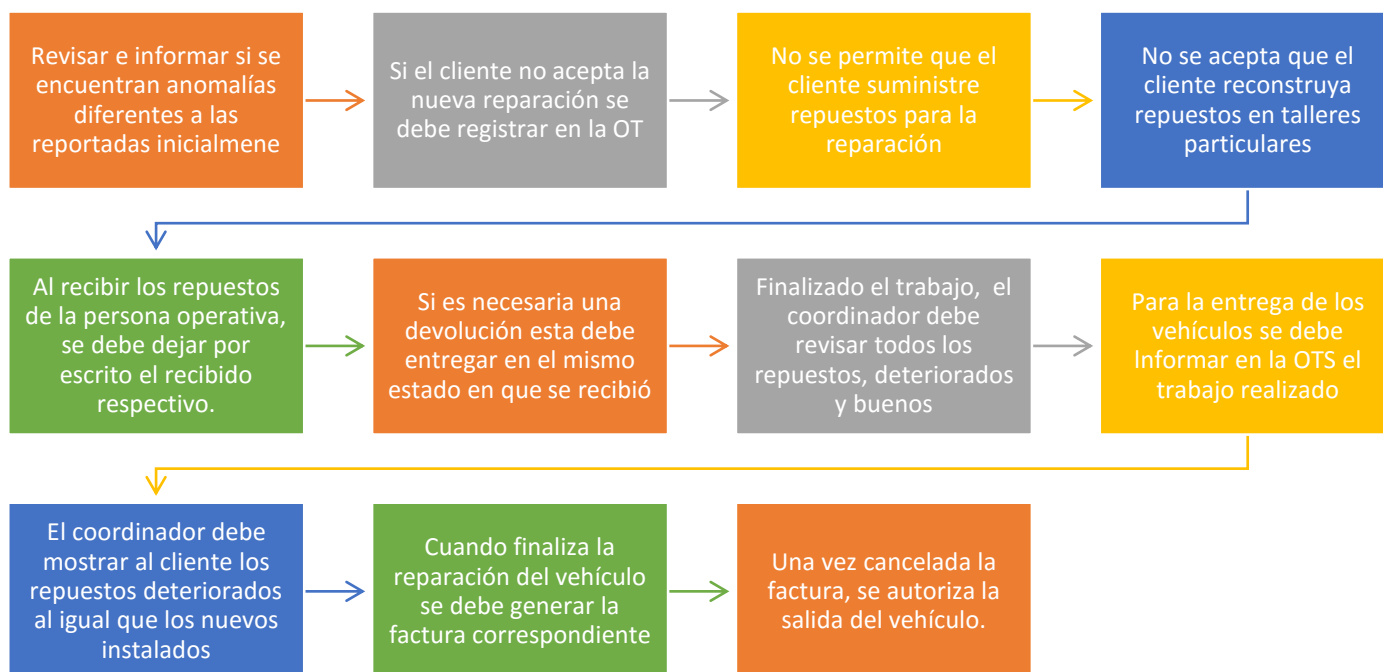
	RECIBIDO POR:	

Fuente: NAVITRANS (2016)

Procedimiento para la reparación y entrega de vehículos en NAVITRANS

Para llevar a cabo las actividades de reparación al igual que de entrega, la compañía tiene estipulado el siguiente procedimiento:

Ilustración 62. Procedimiento para la reparación y entrega de vehículos



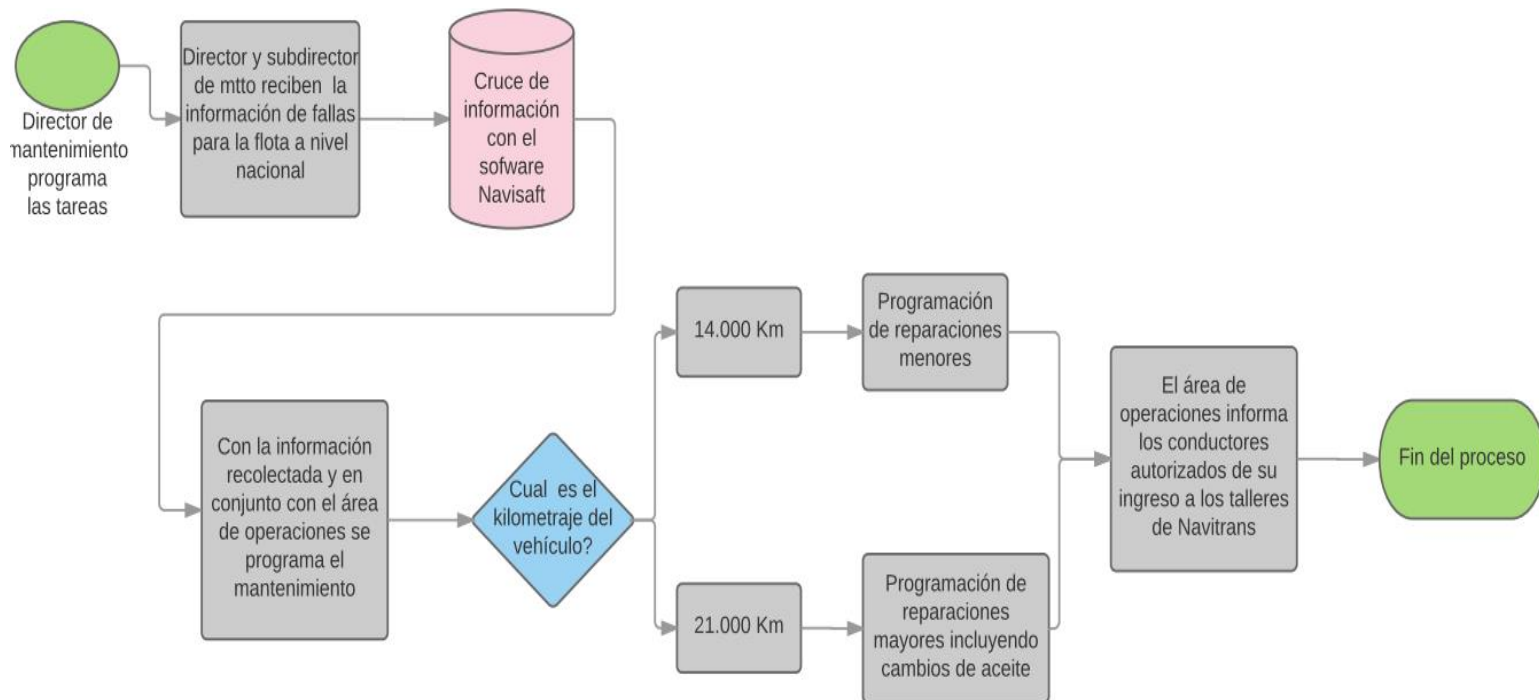
Fuente: NAVITRANS (2016)

Cabe anotar que los procedimientos mencionados estipulados por la compañía no siempre se cumplen a cabalidad, ya que hay casos de inconsistencias con los repuestos solicitados por el personal en patio, y en ocasiones los clientes también manifiestan que los procesos son dispendiosos retrasando la entrega de los vehículos, cuyos propietarios se ven afectados por cada hora que estos se encuentren sin realizar ninguna función.

Procedimiento para planear el mantenimiento en la flota Oleotankes S.A.S

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el procedimiento para la planeación del mantenimiento en la flota de estudio:

Ilustración 63. Procedimiento para el mantenimiento en Oleotankes S.A.S



Fuente: NAVITRANS (2016)

Se debe tener en cuenta que el kilometraje mencionado corresponde al kilometraje realizado por el vehículo desde la última entrada a taller de mantenimiento

En la siguiente imagen se muestra el software utilizado para la administración de la flota Oleotankes:

Ilustración 64. Software para la administración de la flota Oleotankes



Fuente: NAVITRANS (2016)

Actualmente este software es usado por Oleotankes solo para crear órdenes de trabajo, esta orden de trabajo es requerida por NAVITRANS como soporte para proceder a las reparaciones solicitadas, también hace parte del proceso de facturación, indispensable también para salida del vehículo.

Por lo tanto, este software no recopila todos los datos que se necesitan para realizar algún análisis de fallas o plan de mantenimiento.

Base de datos para la recopilación de las fallas

Actualmente NAVITRANS recopila las fallas de las diferentes flotas a través de un software interno el cual exporta los datos registrados a formato Excel, donde se plasma la información relacionada con los datos básicos del vehículo, el tipo de fallo presentado, al igual que la acción tomada para solucionar el mismo. Sin embargo, la forma en que se maneja la información por parte de la compañía impide un manejo práctico de los datos, la siguiente imagen ilustra acerca de la base de datos manipulada por la compañía para algunos de los vehículos.

Como ejemplo se toma parte del registro histórico del vehículo con placas SNQ906, se evidencia que el kilometraje no ha cambiado en el último año, 205.600 Km.

Los datos que se registran son en el orden de las columnas de la ilustración que se muestra a continuación:

- ### Ilustración 65. Base de datos para la recopilación de las fallas

121

Fuente: NAVITRANS (2016)

Equipos disponibles en NAVITRANS

La empresa cuenta con los equipos, herramientas y software necesarios para realizar operaciones preventivas al igual que correctivas en maquinaria pesada, a continuación, se enumeran las actividades que se pueden hacer en la compañía de acuerdo a la indumentaria disponible:

- Lubricación en general.
- Montaje y desmontaje de llantas.
- Reparaciones del sistema eléctrico.
- Uso de herramienta de diagnóstico Insite.
- Reparaciones parciales o totales del motor y sistemas de suspensión.
- Latonería y pintura.

Cuenta además con plataformas web de los fabricantes de partes, para realizar consultas, capacitaciones, y más.

A continuación, se relacionan imágenes de las plataformas web usadas:

- **CUMMIS:** Página de consulta, capacitaciones, para motores marca Cummins.

Ilustración 66. Softwares utilizados en NAVITRANS



Fuente: NAVITRANS (2016)

- **NAVISAF:** Página de seguimiento satelital, para administrar flotas a través de la telemetría.

Ilustración 67. Software para seguimiento satelital vehicular



Fuente: NAVITRANS (2016)

- **NAVISTAR:** Página de International, para consulta de repuestos, capacitaciones, campañas, solicitud de garantías.

Ilustración 68. Software para consulta de repuestos

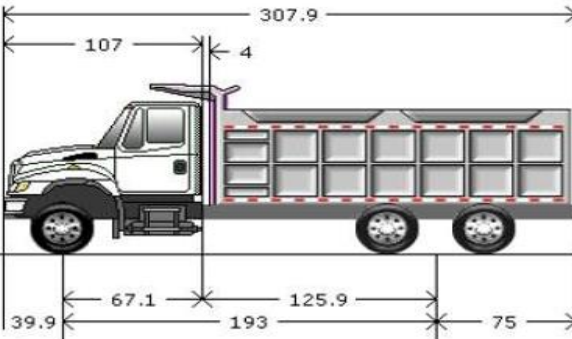
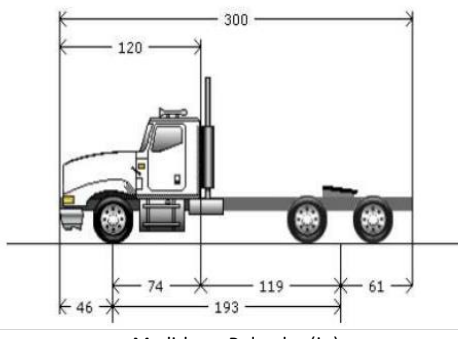


Fuente: NAVITRANS (2016)

Composición de la flota Oleotankes S.A.S

La flota de camiones de estudio Oleotankes S.A.S, está compuesta por ciento noventa y dos (192) vehículos principalmente marca EAGLE y en menor cantidad WORKSTAR, la siguiente tabla muestra las características de la maquinaria utilizada por la flota en mención:

Tabla 36 . Descripción de la flota Oleotankes

WORKSTAR	7600 6x4	CUMMIS ISM - 305/310HP @2100RPM - EPA 98	EATON-FULLER Manual de 18 Velocidades	HENDRICKSON HAS 46000 Lbs.	80 UNIDADES
EAGLE	9400 6x4	CUMMIS ISX - 435HP @1800 RPM - EPA 98	EATON-FULLER 16918 Manual de 18	HENDRICKSON HAS 46000 Lbs.	112 UNIDADES
DIMENSIONES					
WORKSTAR				EAGLE	
	Medidas en Pulgadas (in)				Medida en Pulgadas (in)

Fuente: NAVITRANS (2016)

Una de las ventajas de Oleotankes, es el respaldo que cuenta por parte de Navitrans, ya que esta es una flota que hace parte del grupo Navitrans, sin embargo, por ser una flota que nos es diversa en marcas, en ocasiones no se encuentran disponibles algunos repuestos a nivel nacional, por lo que se deben importar, aumentando el tiempo de reparación y entrega.

Conclusiones del estado actual para el mantenimiento en Navitrans

En Navitrans compañía encargada de realizar el mantenimiento a diversas flotas entre ellas Oleotankes S.A.S, es evidente la existencia de una serie de inconsistencias que impiden una mejor coordinación entre las distintas áreas encargadas de realizar el mantenimiento, y esto puede llegar a influir en la satisfacción del cliente, a continuación, se enumeran las principales falencias detectadas por el grupo de estudio:

1. Actualmente no se está realizando una codificación de las fallas, lo que impide la recopilación adecuada de los historiales de fallos para plantear posteriormente un plan de mantenimiento adaptado y optimizado, de acuerdo a las características propias de operación de cada flota.
2. Ya que no se codifican las fallas ni los modos de fallo tampoco, no se tiene claro en la compañía lo relacionado con la rotación de repuestos, como consecuencia se presentan casos en que no hay disponibilidad de piezas y en otras ocasiones excesos de las mismas.

3. Tanto Navitrans como Oleotankers, no tienen claro el kilometraje real de cada vehículo, ya que los registros son inconsistentes en los historiales de los vehículos y en los odómetros de los camiones ya que se encuentran con falla.
4. Por las falencias descritas anteriormente, repercute en inconvenientes en cuanto a la programación de técnicos para cada uno de los sistemas, generando retrasos por falta de mano de obra, o exceso de mano de obra causando inconformidad en el equipo técnico.
5. Oleotankers usa actualmente un software para mantenimiento de flotas que es desaprovechado o con mal uso, por el momento este software es usado solo para crear las ordenes de trabajo, que son solicitadas por Navitrans. No se tiene registro de horas motor o kilometraje de los vehículos para estandarizar frecuencias de lubricación o inspecciones de mantenimientos preventivos.
6. No todos los vehículos permanecen realizando las mismas rutas, ya que así lo requiere el área de operaciones, algunos vehículos operan solo en la costa atlántica desde el puerto de Barranquilla hasta la Guajira, por lo que se debe estar realizando seguimiento constante, en algunos casos estos vehículos no ingresan en meses a taller por descuido o por que los vehículos son arrendados a otras empresas, por lo que se pierde la trazabilidad en mantenimiento del vehículo.

Ventajas y oportunidades de mejora en Navitrans

En la siguiente ilustración se muestran las principales ventajas al igual que las desventajas detectadas por el grupo de estudio en la realización del presente documento:

Ilustración 69. Ventajas y desventajas en Navitrans



Fuente: Elaboración de los autores

Procedimiento para la tensión de frenos

Materiales necesarios:

- Cuñas para las ruedas
- Trinquete de 1/2 pulgada
- Juego de tubos de 1/2-pulgada
- Linterna

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. ubicar el camión sobre una zona plana y aplique los frenos de aire halando la perilla del freno de aire. Deje el motor en marcha.
2. ubicarse fuera del camión y coloque las cuñas de las ruedas adelante y atrás de las ruedas traseras.
3. Libere los frenos de aire, empujando la perilla hacia adentro
4. Deslícese debajo de la parte trasera del vehículo y localice los dos tensores de ajuste en cada lado del eje respectivo. Los tensores de ajuste tienen una leva S que se extiende hacia afuera del lado del ajustador de la parte posterior del cubo de la rueda.
5. ubicar el tornillo de ajuste en el lado posterior del ajustador. Coloque un trinquete y un tubo en el tornillo de ajuste. Si el tornillo es de resorte, apriete en la cabeza de la llave para desbloquear y que pueda girar. Voltee hacia la derecha para comprimir las zapatas de freno sobre la superficie interior de los tambores. Una vez que el perno deje de girar, las zapatas deben estar contra el interior de los tambores. Asegúrese que las zapatas estén completamente aplicadas al tambor.
6. Ruede el tornillo de ajuste en sentido anti horario entre un giro de 1/4 y un 1/2 de vuelta para colocar las zapatas de freno a la distancia apropiada desde la superficie interior de los tambores. Siga este proceso de ajuste igual para ambos reguladores

Procedimiento para limpieza del radiador

Materiales necesarios:

- Una manguera con boquilla,
- Contenedores con tapa,
- Cepillo suave Anticongelante
- Guantes
- Desarmadores.
- Lentes protectores
- Trapo
- Agua con jabón
- Recipiente
- Llaves

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. usando un cepillo y agua con jabón limpie el radiador. Cuando la parrilla se encuentre limpia, enjuagar con una manguera hasta que todos los residuos hayan desaparecido.
2. ubique el recipiente debajo de la fuga del elemento.
3. Selle la tapa del radiador con el refrigerante dentro.
4. Inspeccione que las mangueras del radiador no contengan refrigerante, de lo contrario aplique agua en repetidas ocasiones hasta que de la manguera salga agua limpia.
5. Arregle el refrigerante. La mezcla ideal debe estar compuesta por un 50% de agua destilada y 50% de anticongelante.
6. Prenda el motor sin tapar el radiador y manténgalo así por 10 minutos. Esto se torna necesario para eliminar el aire que pudo haber entrado.
7. Para terminar, limpie cualquier exceso que quede después del procedimiento.

Procedimiento para la revisión de aceite del motor

Materiales necesarios:

- Trapo limpio, sin pelusa
- Aceite de propulsión mixto
- Destornillador dinamométrico de 1/4 de pulgada
- Junta teórica de reemplazo

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Desenrosque la varilla de medición, ubicada en la parte superior del motor, con el destornillador dinamométrico. Retire la varilla y límpiela con un paño limpio y sin pelusa. Atornille la varilla en el agujero tanto como sea posible usando la mano solamente.
2. Desenrosque la varilla de medición, retírela del propulsor de popa y observe la parte plana de la varilla: debe haber aceite presente en la parte plana de la varilla, pero no en la parte superior. El color del aceite en la varilla debe ser de color ámbar, sin una apariencia "lechosa" lo que significa que existe agua en el aceite. El aceite en la varilla no debe tener rastros de metal en ella, tampoco ambas condiciones son graves y requieren atención del distribuidor.
3. Añada aceite al motor hasta que alcance la porción plana de la varilla de medición, vierta una pequeña cantidad de aceite a través del orificio de la varilla, luego introdúzcala nuevamente y revise el nivel de aceite en la varilla, después de cada llenada.
4. Revise la junta teórica justo debajo de las roscas de la varilla y compruebe que no existan grietas, rasguños o cortes. Si el daño o desgaste aparece, sustituya la junta tórica por una nueva junta.
5. Atornille nuevamente la varilla de medición en la parte superior del motor. Ajuste con el destornillador dinamométrico con una torsión mínima de 48 pulgadas-libra y un máximo de 72 pulgadas-libra.

Procedimiento para la revisión del sistema de dirección

Materiales necesarios:

- Llave inglesa ajustable
- Llave Allen grande
- Protección para los ojos y guantes
- Trapos limpios

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

- Revisar todos los elementos de su sistema:
En la barra de dirección los elementos que más se deterioran son los extremos de dirección, la cremallera de dirección y los bujes de guía de la barra.
- En la columna de dirección revisar el piñón de dirección y los rodamientos.
- Comprobar que la presión de la bomba es la correcta y que no se producen fugas en el circuito.
- Verificar con el camión en marcha que los elementos de la dirección funcionan correctamente. Ajustar la alineación de la dirección y equilibrar los neumáticos si fuese necesario.

Para llevar a cabo una revisión de la Servo Bomba y la Caja de Dirección completar lo siguiente:

1. Revise la flecha de dirección, eslabón de arrastre y la barra de unión. Inspeccione el daño o el desgaste externo.
2. Revise el juego de las rótulas empujando y halando con las manos cada perno de bola.
3. Revise las fugas de la caja de dirección alrededor de las áreas de sellado y las conexiones hidráulicas. Inspeccione que los tornillos no estén flojos o fracturados en el marco a la caja, o en el marco al soporte y a la caja.
4. Revise el desgaste axial y radial del perno real.
5. Revise los daños al brazo Pitman. Revise que el tornillo de la flecha de sector no muestre señales de que esté flojo.

Procedimiento para la revisión del refrigerante

Materiales necesarios:

- Llave Allen 17" Revise la protección de congelación del refrigerante y el nivel de refrigerante
- Llave inglesa ajustable
- Protección para los ojos y guantes
- Trapos limpios

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Tenga en cuenta

No retirar el tapón del tanque de expansión de refrigerante mientras el motor y el radiador estén aún calientes. Puede escapar fluido y vapor bajo presión si el tapón se retira muy pronto.

Pasos a seguir

Asegúrese que el refrigerante no sea un producto de larga duración. El SCA no se puede agregar a este tipo de refrigerante.

1. Inutilice refrigerante para la prueba. Ajuste el refrigerante según sea necesario y cambie el filtro, si se necesita.
2. El nivel del aditivo de refrigerante complementario (SCA) queda entre 0.4 a 0.8 units/liter (1.5 y 3.0 SCA unidades/galón).
3. tener en cuenta la recomendación de cada fabricante de motor para obtener los intervalos de cambio de filtro y la recuperación del aditivo.

Procedimiento para la revisión del fluido en la transmisión

Materiales necesarios:

- Junta teórica de reemplazo
- Aceite de propulsión mixto
- Destornillador dinamométrico de 1/4 de pulgada
- Trapo limpio, sin pelusa

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Enjuague toda la suciedad de alrededor del extremo del tubo de llenado antes de sacar la bayoneta. No deje que la suciedad o materias extrañas entre a la transmisión. La suciedad o la materia extraña en el sistema hidráulico pueden provocar un desgaste indeseado a las partes de la transmisión, hacer que las válvulas se peguen y tapar los pasajes. Revisar el nivel del fluido. Aplique el siguiente procedimiento y registre el nivel en su bitácora de mantenimiento.
2. Siempre revise el nivel del fluido con el motor funcionando al menos dos veces. La consistencia es importante para mantener la exactitud de las lecturas. Si persisten las lecturas inconsistentes, revise el respiradero de la transmisión para asegurarse que esté limpio y destapado

Procedimiento para la revisión de bombonas

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

Examine el desgaste de los elementos y de las holguras entre sus puntos de amarre

Examine el circuito de alimentación, localizándose en los siguientes puntos:

- Inspeccione presión de aire en el calderín principal.
- Examine que no haya fugas de aire por las canalizaciones o racores de unión.
- Analice defectos del nivelador o regulador.
- Considere pérdida de presión en los elementos neumáticos por falta de hermeticidad o agrietamiento en las paredes de su cuerpo elástico.

Procedimiento para la revisión del nivel de aceite en el eje de mando delantero

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

- Examine y Drene el Aceite

Inspeccione el nivel de aceite a través del tapón superior. El aceite debe quedar a nivel con el barreno. Agregue aceite si es necesario.

Drene el aceite a través del tapón del fondo. Drene el aceite inmediatamente después de operar el vehículo, para que esté caliente.

Tenga presente también revisar la ventilación del eje trasero por si está bloqueado. El bloqueo puede causar presión extrema en el eje y provocar fugas.

Procedimiento para revisión del funcionamiento de las luces

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

Para producir a cabo una revisión de funcionamiento de las luces externas llevar a cabo lo siguiente:

1. Examine el circuito, iluminación interna y externa del vehículo con sus conectores, fusibles y empalmes.
2. Examine que todas las lámparas estén en buenas condiciones apagando y encendiendo los interruptores y sus diferentes modalidades de iluminación.
3. Examine los puntos de sujeción y contactos a la vista para cerciorarse de que no haya ninguna suelta.

Procedimiento para la medición del sistema de carga

Materiales necesarios:

- Tester
- Destornillador
- Llave ajustable

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Mida el voltaje de la batería en descanso, se hace sin nada prendido (sin luces, con las puertas cerradas, etc.). Tiene que marcar 12,7 voltios (entre 11,8 y 13,1 voltios también está bien.)
2. Con el motor prendido, el alternador carga la batería, brindando entre 13,5 y 14,5 voltios, lo que demuestra que el alternador y el regulador de voltaje están trabajando bien. Si tuviera menos de 13,5 voltios, hay problemas de alternador; si marca más de 14,5 voltios, el regulador de voltaje requiere cambio.
3. Ahora pruebe la descarga de la batería, apague el motor, prenda el estéreo, las luces, el ventilador, etc., para ver cuánto se descarga la batería al medirle voltaje. Si marcara menos de 11 voltios al exigir la batería, es hora de reemplazarla, o por lo menos medirle la carga con un densitómetro antes de descartarla.

Todas estas pruebas se ejecutan midiendo directamente desde los bornes de la batería.

Procedimiento para la revisión de las válvulas de bloqueo

Materiales necesarios:

- Llave de 32 mm E/C
- Destornillador de estría corto
- Destornillador de pala 1/4 x 3"
- Juego llaves Thoor

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. El obturador y el asiento de la válvula deben de permanecer limpios. Cualquier filtro montado aguas arriba de la SRV2 y el tamiz montado en el interior de la válvula, deben ser limpiados periódicamente de tal manera que el caudal de la válvula no quede restringido.
2. El tamiz interno forma parte del conjunto del asiento de la válvula. Este puede ser extraído sacando la campana de ajuste y el conjunto fuelle y desenroscando el conjunto de la válvula, utilizando una llave de 32 mm E/C.

Procedimiento para la revisión e intercalación de baterías

Materiales necesarios:

- Tester
- Destornillador
- Llave ajustable
- Anticorrosivo

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Inspeccione la colocación apropiada y el apriete de los sujetadores de la batería.
2. Asegúrese que las conexiones no estén corroídas.
3. Inspeccione la longitud apropiada, rozamiento y el tendido apropiado de los cables.
4. Revise el apriete y fracturas de las terminales.
5. Quite la corrosión de los extremos de los cables y los postes de la batería.
6. Después de limpiarlos, rocíe un anticorrosivo en los postes, terminales y el área en general alrededor de ellos.
7. Asegúrese que las conexiones a tierra de la batería del motor al marco estén fijas y sin corrosión. La conexión a tierra de la batería va directamente al motor de arranque

Procedimiento para la revisión de códigos de falla en la unidad de control electrónico del vehículo

Materiales necesarios:

- Herramienta insite
- Multímetro

Tiempo estimado del procedimiento

- 50 minutos

Pasos a seguir

1. Lea los códigos de falla usando la palanca de control y la pantalla. Estos códigos de falla se guardan en las unidades de control del vehículo.
2. Anote los códigos de falla mostrados y luego corrija las fallas.
3. Después de la corrección, elimine los códigos de falla. Nota: Los códigos de falla también se pueden rastrear usando el programa de diagnóstico que se corre en un PC.

Procedimiento para la revisión de componentes neumáticos

Tiempo estimado del procedimiento

- 50 minutos

Pasos a seguir

1. Revise el tendido de las líneas de escape flexible.
2. Asegúrese de que nada que sea afectado por el calor esté cerca de las líneas flexible del escape.
3. Confirme las señales de fugas del escape.
4. Revise las fugas en los puertos de escape en las cabezas de cilindros, en los múltiples de admisión y escape y las bridas.
5. constata las fugas en la mordaza de unión del tubo de escape.

Procedimiento para el cambio de aceite de la diferencial

Materiales necesarios:

- Caja de herramientas
- Copa 27 mm ½
- Destornillador de estría 1/4 x 6"
- Linterna
- Llave de 14 mm

Tiempo estimado del procedimiento

- 50 minutos

Pasos a seguir

1. Retirar el tapón de vaciado, bajo la carcasa del diferencial del eje delantero. Dejar que el aceite escurra.
2. Retirar el tapón de nivel/llenado de la cara anterior, lado izquierdo del eje delantero.
3. Cuando el aceite haya escurrido totalmente, recolocar el tapón de vaciado y llenar el eje con aceite nuevo hasta que alcance la parte inferior del orificio del tapón de nivel/llenado.
4. Para cambiar el aceite del cubo, posicionar la rueda izquierda de modo que el tapón de nivel/llenado esté en el punto más bajo. Retirar el tapón y drenar completamente el aceite.
5. Reposicionar la rueda de modo que el tapón de nivel/llenado esté en la posición adecuada. Llenar el cubo con aceite nuevo hasta que alcance la parte inferior del orificio del tapón. Recolocar el tapón. Repetir el procedimiento en la rueda derecha.

Procedimiento para cambio de aceite en la caja de transmisión

Materiales necesarios:

- Caja de herramientas
- Copa 27 mm ½
- Destornillador de estría 1/4 x 6"
- Linterna
- Llave de 14 mm

Tiempo estimado del procedimiento

- 60 minutos

Pasos a seguir

1. Preparación para el drenaje del lubricante: Caliente el líquido de transmisión dejando el motor en marcha de vacío o conduciendo el vehículo. Eleve el vehículo, se debe asegurar que está a nivel y estable, haga una inspección visual buscando pérdidas de la transmisión. El eje de transmisión tiene tapones de drenaje conectados en lugares de fácil acceso para poder drenar el aceite.
2. Drene el lubricante usando un tapón de drenaje: Ubique la posición del tapón de drenaje y remover cualquier cubierta de protección si es necesario. Seleccione la llave de 14 mm y afloje el tapón. Ubique una bandeja de drenado de diámetro grande, debajo de la transmisión, limpie el tapón y luego remuévalo. Después que el lubricante ha drenado por completo, limpie el tapón de drenaje y vuelva a colocar el tapón de drenaje con una arandela nueva. Use la llave de torsión para asegurarse que la torsión es correcta.
3. Bombee lubricante nuevo: Verifique especificación del fluido correcto de reposición y la cantidad correcta. Si la ubicación del punto de llenado está debajo del capó, se deberá bajar el vehículo. Limpie el pico de la bomba de lubricante con un trapo limpio, libre de pelusa o con una toalla de papel. Use la bomba para colocar el aceite de transmisión nuevo en el agujero de llenado o en la abertura tubular de la varilla. Detenga por unos segundos después de cada bombeada, para dar tiempo al lubricante de fluir hacia el fondo.
4. Detenga cuando el lubricante alcanza el fondo del agujero del tapón de llenado o el tope de la marca "frio" en la varilla.

Procedimiento para el cambio del filtro de combustible

Materiales necesarios:

- Caja de herramientas
- Copa 27 mm ½
- Destornillador de estría 1/4 x 6"
- Linterna
- Llave de 14 mm

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Coloque el coche sobre la rampa y levantarlo. Asegúrese que el vehículo esté correctamente elevado para evitar que se caiga y lesione a alguien.
2. Mantenga el vehículo quieto durante una hora o dos para permitir que la presión en el sistema de combustible se disipe. Este proceso reducirá al mínimo las fugas cada vez que se cambie el filtro de combustible.
3. Ubique el filtro de combustible, situado en la parte inferior de lado del pasajero del vehículo justo en frente del eje trasero
4. Coloque una bandeja debajo del filtro de combustible antiguo para recoger el combustible que se fugará. Si se deja quieto el vehículo durante una hora o dos, esta fuga debe ser mínima.
5. Quite la línea de retorno fuera de su soporte y afloje la tuerca que aprieta la banda alrededor del filtro de combustible antiguo. Deslice el filtro de combustible fuera de la banda una vez que ésta esté lo suficientemente floja.
6. Retire las tapas de plástico que vienen con el nuevo filtro y póngalos de lado, para ponerlas luego en él el filtro antiguo y evitar así la fuga de combustible.
7. Empuje lejos de la carcasa con un destornillador de punta plana los anillos de conexión del filtro antiguo. Una vez que los anillos de acoplamiento se aflojen, se deben sacar las líneas de combustible. Pueden estar un poco pegadas, mueva con un destornillador de punta plana hasta que se aflojen.
8. Coloque las tapas en los extremos del filtro usado para evitar fugas.
9. Deslice y coloque los conductos de combustible en el nuevo filtro y deslice el filtro en la banda. Apriete la banda hacia abajo con una llave hasta que se escuche el clic; esto dirá que la línea de retorno de combustible está en su lugar.

Procedimiento para el cambio del filtro de aire

Tiempo estimado del procedimiento

- 30 minutos

Pasos a seguir

1. Una vez que se retira la tapa de la hélice motora, se va a encontrar a la izquierda y en la parte superior del mismo, la caja del filtro.
2. Para abrirla sólo se quitan cuatro trabas metálicas que fijan la tapa superior.
3. Una vez retirada la tapa, se podrá ver el filtro de aire en su alojamiento. Para retirarlo, desplace manualmente la fijación anterior de filtro, para liberarlo de su alojamiento.
4. Retire el filtro usado, quedando la caja de filtro vacía y muy accesible para limpiarla.
5. Una vez limpia, sólo se coloca el nuevo filtro y se fija en su alojamiento.
6. Posteriormente se coloca la tapa de la caja del filtro

Procedimiento para la revisión de bujes de la suspensión

Materiales necesarios:

- Caja de herramientas
- Copa 27 mm ½
- Destornillador de estría 1/4 x 6"
- Linterna
- Llave de 14 mm
- Llave buje 5 mm

Tiempo estimado del procedimiento

- 45 minutos

Pasos a seguir

1. Revise el desgaste y aprensión de las barras de torsión de la suspensión y el montaje superior de los amortiguadores.
2. Inspeccione el columpio de las muelles, las hojas de torsión y los tornillos de la suspensión al eje.
3. Inspeccione el desgaste y grietas de todas las bolsas de aire.
4. Revise la altura de viaje de la suspensión de aire.
5. Lubrique los pernos de muelle usando grasa con base de litio con aditivos EP y una consistencia.
6. Engrase hasta que la grasa anterior salga del sello en ambos lados y se vea fluyendo la grasa nueva
7. Si la grasa no fluye, use una barra para hacer palanca en los extremos de las muelles y abra para que la grasa fluya

Procedimiento para la revisión de frenos de aire

Materiales necesarios:

- Caja de herramientas
- Copa 27 mm ½
- Destornillador de estría 1/4 x 6"
- Linterna
- Llave de 14 mm
- Llave buje 5 mm

Tiempo estimado del procedimiento

- 55 minutos

Pasos a seguir

1. Mida la zapata de freno a través de los barrenos de inspección en las placas de respaldo.
2. Calibre para obtener el espesor mínimo de las zapatas.
3. Revise los Cilindros de Freno, Palancas y Horquillas
4. Retire la rueda y tambor de freno.
5. Inspeccione las señales de desgaste, flexión o grietas de los cilindros de freno, palancas y horquillas

Revisión de sellado del freno principal (de servicio)

1. Arranque el motor.
2. Cargue el Sistema de Aire a Presión a 7.5 bar (109 psi)
3. Apague el motor.
4. Suelte el freno de mano.
5. Presione el pedal un mínimo de cinco minutos. Use un apoyo para el pedal si es lo apropiado.
6. Use un Manómetro Doble para asegurarse que la caída de presión no exceda .10 bar (1.57 psi) por minuto
7. Escuchar si hay fugas de aire.
8. Desconectar el Manómetro Doble del tanque de aire a presión

Revisión de rodamientos del eje de tracción (lubricación)

Tiempo estimado del procedimiento

- 200 minutos

Pasos a seguir

1. En el Eje Trasero, inspeccione las fugas que pasan el empaque alrededor de las superficies de empate
2. Revise la condición de la cámara de freno y la tubería de aire.
3. Revise las fugas o el sellador fracturado del Engrane de Reducción de la Maza.

Revise el Claro del Balero en el Piñón y la Flecha de Entrada del Eje Trasero así:

1. Use un indicador de carátula para revisar el claro del balero en el piñón y los ejes traseros. El claro debe estar entre 0.04 a 0.12 mm (0.001 a 0.005 pulg.).

Métodos y Distribuciones usadas en la macro para el cálculo de la RAM

La macro en general usa métodos de predicción CMD:

- **Método de cálculo puntual o promedios:**
Se basa en el establecimiento de promedios de cada uno de los parámetros de fallas, reparaciones, tiempos útiles y demás variables a calcular, su utilización es muy simple y adecuada para empresas que en su vida no han practicado con este tipo de previsiones de parámetros CDM.
- **Método de distribuciones:**
Utiliza los mismos conceptos de disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad del modelo puntual anterior, pero en vez de utilizar promedios de los valores de tiempos útiles, de fallas, de mantenimientos planeados, o demoras utiliza diferentes distribuciones que modelan mucho mejor el comportamiento de las variables CMD en el tiempo.
- **Método de modelo homogéneo y no homogéneo de Poisson (HPP o HNPP):**
Este método se utiliza para sistemas reparables. Algunos autores sostienen que los modelos tradicionales de distribución como Weibull, Gamma, LogNormal, entre otros, no son tan adecuados para sistemas reparables y recomiendan el uso de la metodología HNPP.
- **No se puede determinar con certeza cuando se puede presentar una falla,** por lo cual los datos históricos de fallas pueden utilizarse mediante herramientas estadísticas para estimar la probabilidad de ocurrencia de una falla y la carga de mantenimiento.
Las distribuciones de probabilidad son esenciales para la inferencia estadística y para el modelado de variables aleatorias que surgen en los problemas de mantenimiento, como son el tiempo para la falla de los equipos, el tiempo para completar la reparación.

Las distribuciones exponenciales, normal logarítmica y Weibull, se emplean extensamente para el modelado de datos de fallas. Las distribuciones exponencial y uniforme son útiles para modelar el tiempo para completar una tarea de mantenimiento.

La función de masa de probabilidad de la distribución de Poisson es

$$\mathcal{F}(k, \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

Donde:

- k es el número de ocurrencias del evento o fenómeno (la función nos da la probabilidad de que el evento suceda precisamente k veces).
- λ es un parámetro positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo dado.

Características generales:

Sabemos que la tasa de fallos se puede escribir, en función de la fiabilidad, de la siguiente forma:

$$\lambda(t) = - \frac{\frac{d\{R(t)\}}{dt}}{R(t)}$$

ó

$$R(t) = \exp\{-\int \lambda(t)dt\}$$

Siendo:

$\lambda(t)$ = tasa de fallos

$R(t)$ = fiabilidad

$F(t)$ = Función acumulativa de fallos

t = Tiempo

en 1951 Weibull propuso que la expresión empírica más simple que podía representar una gran variedad de datos reales podía obtenerse escribiendo:

$$\int \lambda(t)dt = \left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^\beta$$

Por lo que la fiabilidad será:

$$R(t) = \exp\left\{-\left\{\frac{t - t_0}{\eta}\right\}^\beta\right\}$$

Siendo:

t_0 = *parametro inicial de localización*

η = *parametro de escala o vida característica*

β = *parametro de forma*

Se ha demostrado que gran cantidad de representaciones de fiabilidades reales pueden ser obtenidas a través de esta ecuación.

La distribución de Weibull se representa normalmente por la función acumulativa de distribución de fallos $F(t)$:

$$R(t) = 1 - \exp\left\{-\left\{\frac{t - t_0}{\eta}\right\}^\beta\right\}$$

Siendo la función densidad de probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left\{-\left\{\frac{t - t_0}{\eta}\right\}^\beta\right\}$$

La tasa de fallos para esta distribución es:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - t_0}{\eta}\right)^{\beta-1}$$

6.2. BIBLIOGRAFIA

- WRENNALL WILLIAM & QUARTERMAN LEE. (1994). Handbook of Comercial and Industrial Facilities Management. (1ra Ed). EEUU. New York. Mc Graw Hill.
- MORA GUTIÉRREZ ALBERTO. (2010). MANTENIMIENTO, Planeación, ejecución y control. (1ra Ed). México. Alfaomega Grupo Editor.
- NAVARRO ELOLA (1997) Gestión integral de mantenimiento. (1ra Ed). Barcelona. Editores Marcombo Boixareu.
- Peralta Ruiz, M. S. (2011). Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado, 103.
- ISO 14224:2006 - Petroleum, petrochemical and natural gas industries Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Date Accessed:2017-04-25. www.iso.org/standard/36979.html
- Icontec GTC 45. (2010). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, (571), 1–38.
- Company, C. E. (2000). Manual de Diagnóstico y Reparación Motores ISL y QSL9, (4017781).
- JA1011: Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes - SAE International.SAE INTERNATIONAL.Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.2009 pp: 12 Date Accessed: 2017-04-25.URL: standards.sae.org/ja1011_200908/
- Neto, E. O. (2012). Mantenimiento Industrial, 31. <https://doi.org/10.1613/Jair.301>

- Quality Training Company. Seminario Administración del Mantenimiento de Flotillas de Transporte. Recuperado el día 22/09/2016 de Navitrans SA.
- Blanca, D., & Cajigas, E. (n.d.). Sistemas de gestión de riesgo clínico metodología amfe.
- Chilworth a Dekra Company. Análisis RAM. Recuperado el día 27/09/2016 de: <http://www.chilworth.es/archivos/145archivo.pdf>
- Enrique Muñoz S. ¿Qué es el Número de Prioridad de Riesgo (NPR)? Recuperado el día 27/09/2016 de: <http://blog.enrimusa.com/que-es-el-numero-de-prioridad-del-riesgo-npr/>
- Mantenimiento Mundial. Indicadores de Clase Mundial. Recuperado el día 27/09/2016 de: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/calculos/clase-mundial.as>
- Universidad Carlos III de Madrid. Mantenimiento Industrial. Recuperado el día 29/09/2016 de: https://archive.org/stream/MantenimientoIndustrial/MantenimientoIndustrial_djvu.txt
- Universidad Politécnica Salesiana. Plan de Gestión del Mantenimiento para la Flota Vehicular del Gobierno Autónomo Descentralizado Intercultural de la Ciudad de Cañar. Padilla Valdez César Leónidas. Recuperado el día 27/09/2016 de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3268/1/UPS-CT002531.pdf>
- Javier Arias Bermeo. Diseño, desarrollo e implementación del programa de mantenimiento mecánico para vehículos de la secretaría de tránsito y transporte municipal para Santiago de Cali. Recuperado el día 29/09/2016 de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/1201/1/TID00339.pdf>
- Manuel Salvador Peralta Ruiz. “Modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte pesado. Recuperado el día 29/09/2016 de: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7782/2/142162.pdf>

