



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA TRACTOCAMIONES INTERNATIONAL WORKSTAR 7600”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Christian Diego Yupanqui Granados

Asesor:

Mg. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera

Lima – Perú

2016

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el Bachiller **Christian Diego Yupanqui Granados**, denominada:

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM PARA TRACTOCAMIONES INTERNATIONAL WORKSTAR 7600”

MG. Ing. Pedro Modesto Loja Herrera
ASESOR

MG. Ing. Aldo Rivadeneyra Cuya
**JURADO
PRESIDENTE**

MG. Ing. Alexander Quiroz Borda
JURADO

MG. Ing. Jhonatan Abal Mejia
JURADO

DEDICATORIA

A mis Padres y Hermanos, Familiares y Amigos quienes me mantuvieron la vista en el horizonte de mis sueños.

En la vida de las personas hay circunstancias que invitan a la meditación y a la reflexión; esta es la oportunidad preciosa para hacerlo. Más que dedicarle este trabajo, aprovechar la ocasión para destacar el cariño y el afecto, el amor y la ternura que contiene esta sencilla dedicatoria.

Lástima que las palabras no puedan expresar la dimensión de ciertos sentimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme guiado y encaminado en esta etapa tan importante de mi vida, por recargarme con constancia y firmeza para vencer las dificultades y por salud brindada hasta hoy.

Realizo el reconocimiento: A mi familia, la cual aportó aliento y confianza en mi persona. Hay quienes permanecen por siempre en nuestra memoria porque nos han ayudado a seguir el camino del amor, la paz, la felicidad, la esperanza y el respeto.

Agradezco también al, MBA, Ing. Michael Zelada que siempre se mostró ávido de compartir sus conocimientos en forma desinteresada.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<u>APROBACIÓN DEL TRABAJO</u>	ii
<u>DEDICATORIA</u>	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	vi
<u>ÍNDICE DE GRÁFICOS</u>	vii
<u>RESUMEN</u>	ix
<u>ABSTRACT</u>	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD DE ESTUDIO:	1
1.1. Listado de Equipos	1
1.2. Definición de Sistemas y Componentes	5
CAPÍTULO 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
2.1. Realidad Problemática	15
2.2. Formulación del Problema	18
2.3. Justificación	18
2.4. Selección de Metodología de Mejora	19
CAPÍTULO 3. OBJETIVOS	20
3.1. Objetivo General.....	20
3.2. Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO 4. MARCO TEÓRICO	20
4.1. Antecedentes.....	20
4.2. Bases Teóricas y definición de términos básicos.....	21
CAPÍTULO 5. DESARROLLO	30
5.1. Elaboración de matriz de criticidad	30
5.2. Elaboración de análisis modal de fallos y efectos (FMEA).....	33
CAPÍTULO 6. RESULTADOS	37
6.1. Resultados Finales	37
6.2. Mejoras en el Plan de Mantenimiento	42
6.3. Conclusiones	45
6.4. Recomendaciones	45
6.5. Anexos.....	46
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Sistemas presentes en un tractocamión	5
Tabla n.º 2. Frecuencia de auxilios mecánicos en la empresa Plutón Transportes S.A.C desde diciembre del 2014 hasta mayo del 2016	16
Tabla n.º 3. Criterios para evaluar la criticidad	31
Tabla n.º 4. Resultados de Análisis de Criticidad	32
Tabla n.º 5. Hoja de Información de RCM para el Motor.	36
Tabla n.º 6. Hoja de Decisión de RCM para el Motor.	37
Tabla n.º 7. Hoja de Información de RCM para el Sistema de Transmisión.....	37
Tabla n.º 8. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema de Transmisión.....	38
Tabla n.º 9. Hoja de Información de RCM para el Sistema de Frenos	38
Tabla n.º 10. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema de Frenos.	38
Tabla n.º 11. Hoja de Información de RCM para el Sistema Eléctrico.	39
Tabla n.º 12. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema Eléctrico.	39
Tabla n.º 13. Hoja de Información de RCM para los Neumáticos o Llantas.	40
Tabla n.º 14. Hoja de Decisión de RCM para los Neumáticos o Llantas.....	40
Tabla n.º 15. Costos originados por auxilios mecánicos y penalidades pagadas por incumplimiento de traslado por cada tracto en el período diciembre del 2014 hasta mayo del 2016	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura n.º 1. Flota de la Empresa Plutón Transportes S.A.C.	2
Figura n.º 2. Tractocamión International Modelo WorkStar 7600	2
Figura n.º 3. Tractocamión Mercedes Benz modelo 915C	3
Figura n.º 4. Tractocamión International modelo 9700	3
Figura n.º 5. Tractocamión Ford modelo 9000	4
Figura n.º 6. Tractocamión Freightliner modelo FI-120	4
Figura n.º 7. Motor Cummins ISX	6
Figura n.º 8. Corte seccional de motor	6
Figura n.º 9. Elementos susceptibles a lubricación dentro del motor	7
Figura n.º 10. Sistema de refrigeración del motor	8
Figura n.º 11. Diferencial de transmisión.....	8
Figura n.º 12. Suspensión neumática en un tractocamión.....	9
Figura n.º 13. Frenos con ABS para un tractocamión	10
Figura n.º 14. Dirección de piñón y cremallera	11
Figura n.º 15. Tablero con instrumentación de tractocamión International	11
Figura n.º 16. Bomba de combustible y su operación.	12
Figura n.º 17. Partes de un neumático	13
Figura n.º 18. Chasis y quinta rueda en un tractocamión	14
Figura n.º 19. Diagrama de Pareto para la frecuencia de auxilios mecánicos en la empresa Plutón Transportes S.A.C desde diciembre del 2014 hasta mayo del 2016	17
Figura n.º 20. El RCM y las siete preguntas de la metodología	22
Figura n.º 21. Cálculo de la disponibilidad	23
Figura n.º 22. Cálculo de la confiabilidad	24
Figura n.º 23. Perspectiva tradicional de los patrones de desgaste en equipos	27
Figura n.º 24. Diferentes patrones de desgaste encontrados durante el desarrollo del RCM	28
Figura n.º 25. Frecuencia y Consecuencias para el RCM	32
Figura n.º 26. Diagrama de Flujo del RCM.	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura n.º 27. Diagrama de Decisión RCM	35
Figura n.º 28. Estructura de la Hoja de Información de RCM.	36
Figura n.º 29. Estructura de la Hoja de Decisión de RCM.	36
Figura n.º 30. Ubicación de las tareas a incorporar en los formatos	43
Figura n.º 31. Incorporación de nuevas tareas en el plan de mantenimiento	44

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad proponer mejoras para un plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para los tractocamiones International WorkStar 7600 de la flota perteneciente a la Empresa Plutón Transportes S.A.C. con la finalidad de causar un impacto favorable en la disponibilidad y confiabilidad.

Actualmente la Empresa Plutón Transportes S.A.C. tiene un plan de mantenimiento realizando sólo actividades de cambio de insumos (aceite, refrigerante) y filtros por kilómetro de recorrido como mantenimiento preventivo y realizando actividades de reparaciones y atención de emergencias cuando ellas ocurren como mantenimiento correctivo no programado o de emergencia. La flota de tractocamiones presenta un índice elevado de paradas inesperadas durante su operación (ruta) y un bajo índice de confiabilidad y de disponibilidad de la misma. Ello se ve reflejado en demora de entrega de la carga y en reclamos de nuestros clientes, sumado a los costos elevados en mantenimiento correctivo y una elevación de los costos por todas las actividades de mantenimiento realizadas en la flota vehicular.

Con el objetivo de identificar y mostrar cuales son los tractocamiones que presentan mayor índice de paradas inesperadas en nuestro proceso operativo (recojo, carga y descarga y entrega de la carga) y determinar los tractocamiones más críticos, se elaboró el Diagrama de Pareto utilizando como patrón de análisis la cantidad de auxilios mecánicos realizados en un período determinado. Seguidamente se seleccionó los cinco sistemas de funcionamiento más críticos en base a una matriz de criticidad, para ellos, se desarrolló la metodología FMEA (Análisis Modal de Fallas y Efectos) a fin de identificar los modos de falla más recurrentes, y para evitarlos o minimizarlos, se propuso mejoras para el plan de mantenimiento en base a la metodología RCM.

Se concluyó que, efectivamente, la metodología RCM con sus diferentes herramientas tales como la matriz de criticidad, el método FMEA y los formatos de “información” y “decisiones” permite identificar de mejoras para el plan de mantenimiento, tanto para la Empresa Plutón Transportes S.A.C. como para aplicaciones en otras empresas. Al mejorar el plan de mantenimiento con esta metodología, se va a causar un impacto en la disponibilidad y confiabilidad, dado que los indicadores de atenciones de taller o las fallas van a bajar.

Palabras clave:

Mantenimiento, flota vehicular, RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, FMEA

ABSTRACT

This study aims to achieve the identification of improvements to a maintenance plan based on the RCM methodology for International WorkStar 7600 tractor fleet belonging to Pluto Transport Company S.A.C. in order to cause a favorable impact on the availability and reliability.

Pluto Transport Company currently S.A.C. has a maintenance plan using only spare part change activities (oil, coolant) and filters per kilometer of travel and performing preventive maintenance activities and emergency repairs when they occur and corrective maintenance unscheduled or by emergency. The fleet of trucks has a high rate of unplanned downtime during operation (route) and a low rate of reliability and availability. This is reflected in the delivery delay of cargo and customer demands, coupled with the high costs in corrective maintenance and rising costs for all maintenance activities performed in the vehicle fleet.

In order to identify and show which are the tractors that have a higher rate of unexpected events in our operational process (pick up, loading and unloading cargo delivery) and determine the most critical tractor failures, the Pareto chart was developed using as standard analysis of mechanical aid amount made in a given period. Then five most critical operation systems were selected based on a matrix of criticality, for them, the FMEA methodology (Analysis of Modal Failures and Effects) to identify recurring failure modes, and to avoid or minimize, improvement maintenance plan was proposed based on the RCM methodology.

It was concluded that the RCM methodology with different tools identifies improvement maintenance plan effectively for both Pluto Transport Company S.A.C. as for applications in other companies. By improving maintenance plan with this methodology, it will have an impact on the availability and reliability, as indicators attentions workshop or failures will drop.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN A LA REALIDAD DE ESTUDIO:

El presente estudio se realiza en la empresa PLUTÓN TRANSPORTES S.A.C., quienes tienen casi 20 años trabajando en el mercado peruano de transporte de carga por carretera, con oficinas en el Distrito de San Isidro, Provincia de Lima, Departamento de Lima.

El autor del presente estudio se desempeña laboralmente en el Dpto. de Mantenimiento por lo que la realidad problemática planteada será orientada a resolver situaciones presentadas en este Departamento con la búsqueda de beneficios para la empresa.

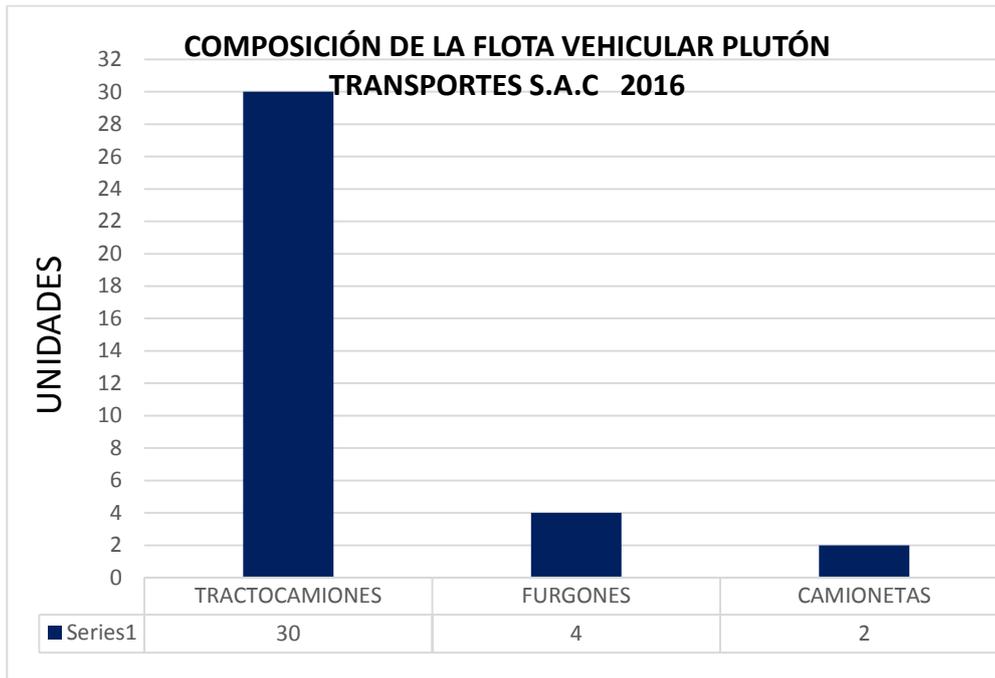
1.1. LISTADO DE EQUIPOS:

Actualmente la Empresa Plutón Transportes S.A.C cuenta con una flota de 30 tractocamiones, 4 furgones y 2 camionetas integrada por vehículos de diferentes marcas y clasificados de la siguiente manera:

- 3 tractocamiones International Modelo WorkStar 7600 con año de fabricación del 2015
- 2 tractocamiones International Modelo WorkStar 7600 con año de fabricación del 2013
- 8 tractocamiones International Modelo WorkStar 7600 con año de fabricación del 2010
- 5 tractocamiones International Modelo WorkStar 7600 con año de fabricación del 2008
- 1 tractocamión Mercedes Benz modelo 915C con año de fabricación del 2004
- 7 tractocamiones International modelo 9700 con año de fabricación de 1994
- 2 tractocamiones Ford modelo 9000 con año de fabricación de 1992
- 1 tractocamión Freightliner modelo FI-120 con año de fabricación de 1992
- 1 tractocamión White con año de fabricación de 1982
- 1 furgón Foton modelo Ollin 336 con año de fabricación del 2009
- 1 furgón Hyundai modelo HD65 con año de fabricación del 2006
- 1 furgón Kia modelo Trade 3600 con año de fabricación de 1997
- 1 furgón Hyundai modelo Canter 4D31 con año de fabricación de 1992
- 2 camionetas modelo Hilux 2.5 con años de fabricación del 2012 y 2015

En el siguiente cuadro se describe la clasificación de la flota vehicular con base a las características de cada unidad.

Figura n.º 1. Flota de la Empresa Plutón Transportes S.A.C.



Fuente: Elaboración propia.

Figura n.º 2. Tractocamión International Modelo WorkStar 7600



Fuente: Revista web Transportes Carretero de Uruguay. Características del International Workstar 7600 - OKM

<http://www.transportecarretero.com.uy/camiones/international-workstar-7600-okm.html>

Figura n.º 3. Tractocamión Mercedes Benz modelo 915C



Fuente: World Encyclopedia of cars. <http://carinsuranceav.com/photo/im/mercedes-benz-accelo-915-c/06/default.htm>

Figura n.º 4. Tractocamión International modelo 9700



Fuente: World Encyclopedia of cars. <http://carinsuranceav.com/gallery/international-9700.html>

Figura n.º 5. Tractocamión Ford modelo 9000



Fuente: Venta de Repuestos, Fleet Truck Parts por Wayne Built
<http://www.fleettruckparts.com/Truck-Hoods/Ford-Hoods>

Figura n.º 6. Tractocamión Freightliner modelo FI-120



Fuente: Venta de Vehículos Purple Wave Auction.
<https://www.purplewave.com/auction/110921/item/A4721>

1.2. DEFINICIÓN DE SISTEMAS Y COMPONENTES:

DEFINICIÓN DE SISTEMA: Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia. Un sistema puede ser físico o concreto o puede ser abstracto o conceptual. Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y elementos, y a la vez puede ser parte de un supersistema (suprasistema).

Los sistemas tienen límites o fronteras, que los diferencian del ambiente. Ese límite puede ser físico (el gabinete de una computadora) o conceptual. Si hay algún intercambio entre el sistema y el ambiente a través de ese límite, el sistema es abierto, de lo contrario, el sistema es cerrado.

Fuente: Diccionario de Informática y Tecnología <http://www.alegsa.com.ar/>

DEFINICIÓN DE COMPONENTE: Componente es aquello que forma parte de la composición de un todo. Se trata de elementos que, a través de algún tipo de asociación o contigüidad, dan lugar a un conjunto uniforme, también llamado sistema. Por ejemplo: “Un pequeño motor, un reloj y un mecanismo electrónico son los componentes de este aparato”.

Fuente: Diccionario en Línea. <http://definicion.de/componentes/#ixzz4J27RMlpy>

Para este estudio, debido a la gran variedad de actividades posibles a ejecutar sobre el mantenimiento de la flota vehicular, se ha dividido los vehículos en sistemas que nos ayudan a tener un mejor entendimiento del funcionamiento de los mismos y sus componentes, ya que serán las bases para el esquema de análisis de criticidad y para elaborar un plan de mantenimiento basado en actividades preventivas.

Tener en cuenta que estos sistemas se estructuran teniendo en cuenta los principales componentes de un tractocamión (hay componentes o subsistemas secundarios no mencionados):

Tabla n.º 1. Sistemas presentes en un tractocamión

CÓDIGO	NOMBRE
1	Motor
2	Sistema de Lubricación
3	Sistema de Refrigeración
4	Sistema de Transmisión
5	Sistema de Suspensión

6	Sistema de Frenos
7	Sistema de Dirección
8	Sistema Eléctrico
9	Sistema de Combustible
10	Sistema Neumático
11	Accesorios
12	Neumáticos o Llantas
13	Chasis y quinta rueda

Fuente: Elaboración propia.

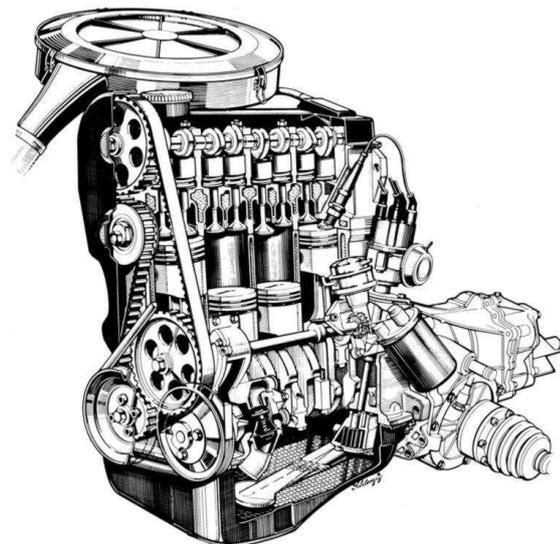
A continuación de forma más específica detallamos cada uno de ellos y sus componentes:

01: Motor: Es el sistema de un vehículo que a través de piezas y componentes convierte la energía de combustión interna en energía mecánica, este sistema cuenta con componentes y partes como bloque del motor o monoblock, cigüeñal, culata, pistones, camisas, segmentos o anillos, bielas, cojinetes, válvulas, eje de levas, balancines, varillas, engranajes de distribución, compresora, damper, turbo alimentador, inyectores, y cárter. Fuente: aporte por la experiencia del autor

Figura n.º 7. Motor Cummins ISX



Figura n.º 8. Corte seccional de motor



Fuente: Página Oficial de Motores Cummins

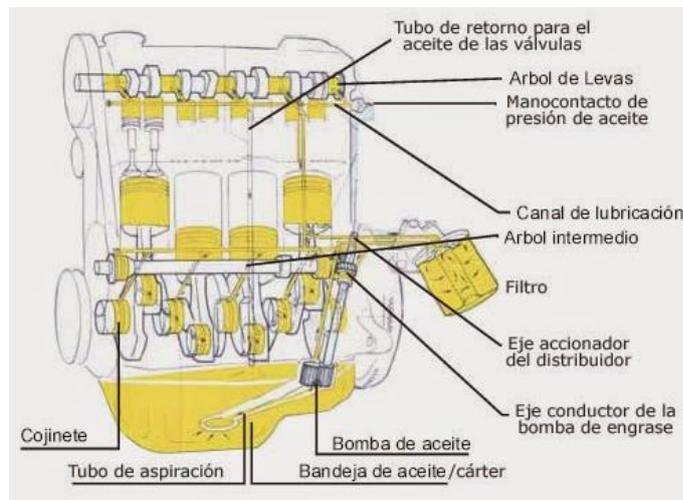
Inc. <http://cumminsengines.com>

Fuente: Página de Contenidos:

<https://www.thinglink.com/scene/516289667461545984>

02: Sistema de Lubricación: La función principal del sistema de lubricación es evitar el desgaste de las piezas ya sea en el motor, caja de cambios o diferenciales creando una capa de lubricante ya sea a través de presión generada por una bomba de aceite o por salpicado entre las piezas que se encuentran siempre rozando y en constante movimiento. Este sistema está compuesto por una bomba de aceite, colador, válvulas de presión y de desfogue, filtros de aceites, enfriadores de aceite, manómetro de aceite, sensor de presión de aceite, luz de testigo y conductos de aceite. Fuente: aporte por la experiencia del autor

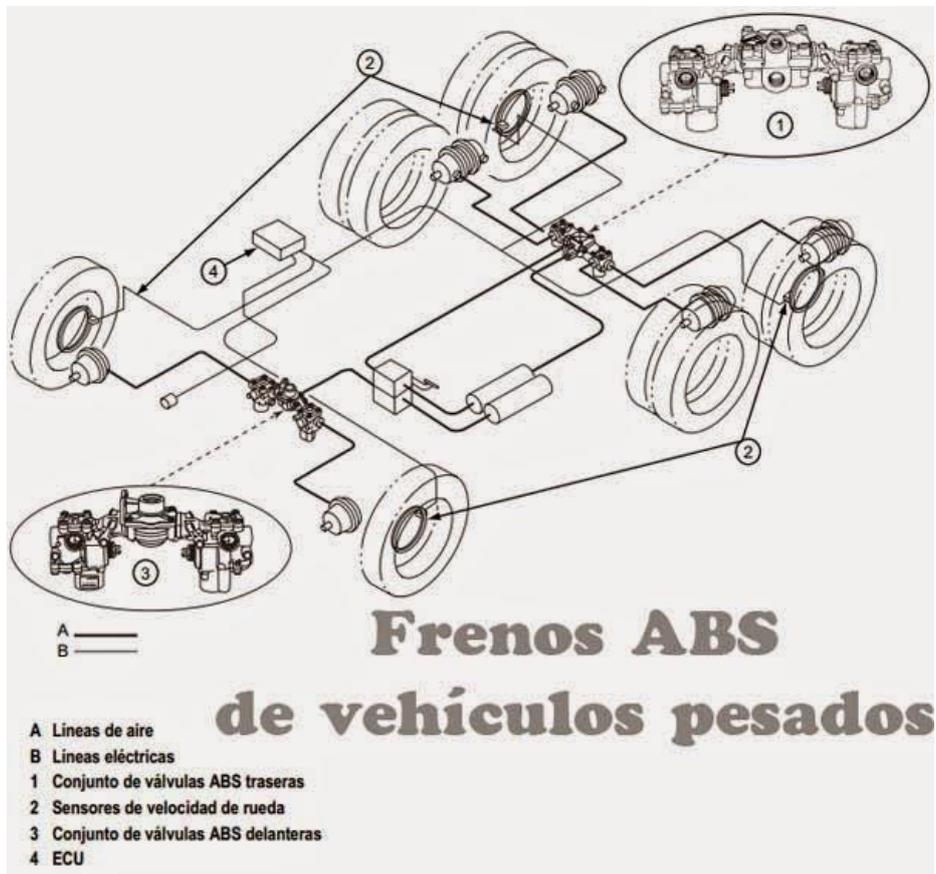
Figura n.º 9. Elementos susceptibles a lubricación dentro del motor



Fuente: Blog de Mecánica Diesel. <http://mecanicadiesellive.blogspot.pe/p/textos.html>

03: Sistema de refrigeración: Este sistema cumple la función de eliminar el calor y mantener la temperatura dentro de los rangos seguros de operación tanto en exteriores e interiores para obtener un óptimo desempeño del motor o caja de cambios, regulando la temperatura ideal de los lubricantes y de demás líquidos para que no pierdan sus propiedades y así disminuir el desgaste de partes o piezas por calor, grietas, etc. En nuestra flota vehicular dicho sistema cuenta con los siguientes componentes: Líquido refrigerante, bomba de agua, contenedor de agua, filtro de agua, ventilador fanclutch o térmico, radiador, tapa de radiador, intercooler, termostato, poleas y bandas, intercambiadores de calor (aceite para los motores diésel y caja de cambios). Fuente: aporte por la experiencia del autor

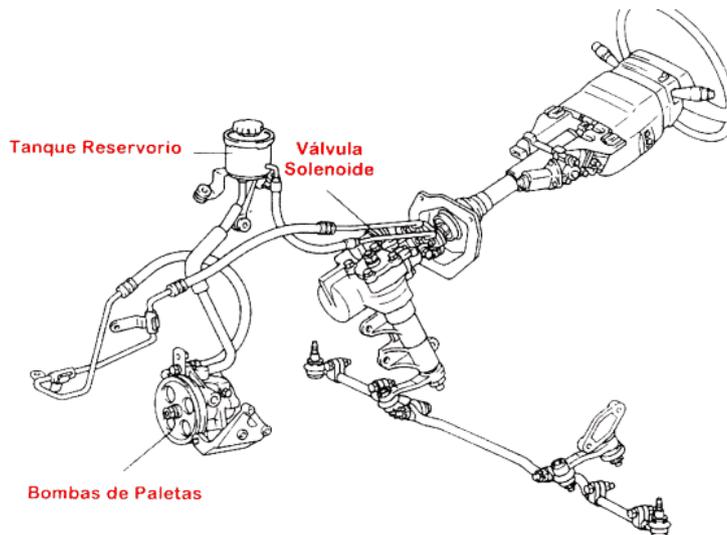
Figura n.º 13. Frenos con ABS para un tractocamión



Fuente: Blog de Ingeniería Mecánica. <http://imgmecanica.blogspot.pe/2014/11/sistema-de-frenos-abs-para-camiones.html>

07: Sistema de dirección: Tiene como función principal orientar las ruedas delanteras (o directrices) en el vehículo según el requerimiento del conductor y consta de elementos como la caja de dirección, bomba hidráulica, crucetas y terminales de dirección, caña o columna de dirección, timón del vehículo. Fuente: Cano (2011)

Figura n.º 14. Dirección de piñón y cremallera



Fuente: Página de Contenidos varios. <http://cintados.uphero.com/143/direccion-de-pinon-y-cremallera.html>

08: Sistema eléctrico: Consiste en todo el conjunto de componentes por medio de los cuales se realizan los fenómenos eléctricos generados en el vehículo y que cumplen funciones de comunicación y transmisión de señales en diferentes componentes del vehículo o tráiler, integra las actividades o piezas relacionadas con el sistema de luces, el de arranque, el alternador, las baterías, funcionamiento de piezas eléctricas y electrónicas en el tablero como relojes de medición, switches, sensores, módulo de control eléctrico (ECU) del motor y del tablero. Fuente: Cano (2011) y aporte por la experiencia del autor.

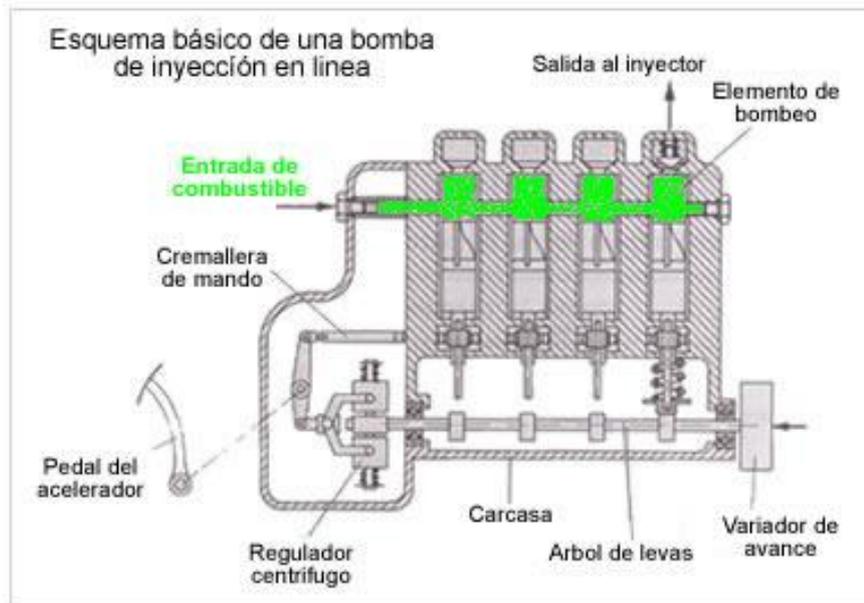
Figura n.º 15. Tablero con instrumentación de tractocamión International



Fuente: Magazine Transporte Latino. <http://www.transportelatino.net/2014/01/04/guia-vocacionales-multifuncionales/>

09: Sistema de combustible: Conocido también como sistema de alimentación de combustible y tiene como función suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor. Este sistema están divididos en circuito de alta presión (encargado de impulsar el combustible a una presión determinada para ser introducidos en la cámara de combustión) y circuito de baja presión (que es el encargado de llevar el combustible desde el depósito en el que se encuentra almacenado hasta la bomba de inyección). Dicho sistema se encuentra compuesto por los siguientes elementos: depósito de combustible (tanque de combustible), bomba de alimentación, filtros de combustible, inyector bomba (en caso de vehículos de carga pesada), conductos y mangueras de ingreso y retorno de combustible. Fuente: aporte por la experiencia del autor

Figura n.º 16. Bomba de combustible y su operación.



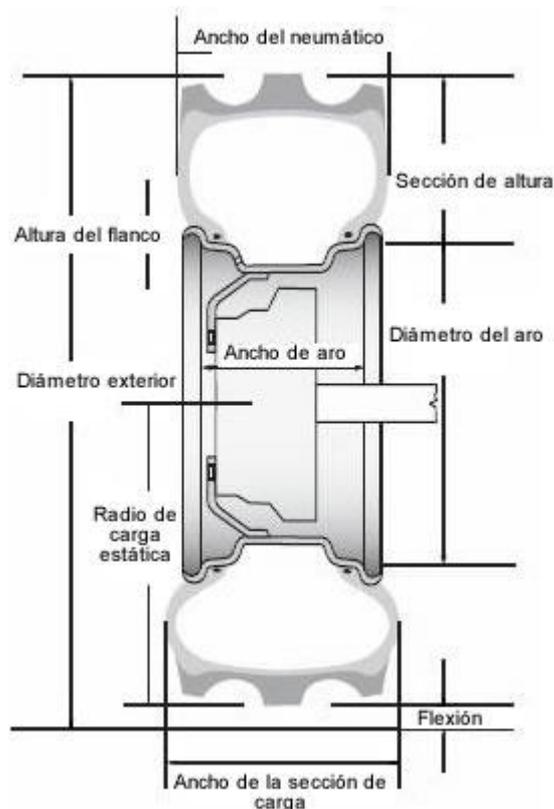
Fuente: Página Técnica Mecánica. <http://www.aficionadosalamecanica.net/curso-bomba-linea.htm>

10: Sistema neumático: Tiene como función principal alimentar de aire comprimido a los diferentes sistemas y accesorios que lo necesiten, siendo generado por una compresora engranada en la distribución del motor, va de la mano con el sistema de frenos y son la fuente de energía para que realicen el trabajo útil de forma que sea efectiva detener el tractocamión y tráiler o remolque, también sirve como alimentación del sistema de suspensión de bolsa de aire. Este sistema se usa básicamente en vehículos de transporte de carga pesada y se conoce como sistema de aire comprimido y forman de parte de este sistema el compresor de aire, el gobernador (regulador de aire), válvulas de aire, cámaras de freno de seguridad, secador de aire, pulpo de distribución de mangueras de aire, tanques de almacenamiento de aire comprimido, purgadores de aire, válvulas de desfogue de sobrepresión de aire. Fuente: aporte por la experiencia del autor

11: Accesorios: Tiene como objetivo mejorar el rendimiento del vehículo, mejorar y facilitar el estado de manejo del conductor en base a la comodidad, proteger al conductor, al peatón o usuarios de las carreteras y las cargas transportadas, existe una amplia gama de estos componentes los cuales detallaremos los más importantes como, limpia parabrisas, claxon, cinturones de seguridad, bolsas de aire anti-impacto, alarma de retroceso, GPS, espejos laterales y retrovisores, hubudómetros, radio y camarote. Fuente: aporte por la experiencia del autor

12: Neumáticos: Conocidos como llantas y se concibe como un cuerpo negro, cilíndrico compuesto por tejidos, fibras de acero, cauchos y compuestos químicos que en conjunto con un rin (específicamente llantas radiales que son los que usa la empresa) permiten absorber impactos de la superficie del camino, soportar cargas, permitir tracción y frenado a la superficie de camino, así como permitir apoyado en el sistema de dirección el cambio de rumbo del vehículo. En este conjunto se encuentran los neumáticos originales para el eje delantero o de dirección del vehículo y originales y reencauchadas para los ejes posteriores o de tracción. Tiene como componentes el neumático en sí, aros del neumático y pitones. Fuente: Cano (2011).

Figura n.º 17. Partes de un neumático



Fuente: Página Oficial Good Year Chile. http://www.goodyear.cl/tyres/farm/tire_learn.html

13: Chasis y quinta rueda: Este sistema consiste en un conjunto de viguetas o listones metálicos paralelos unidos por puentes metálicos y aletas de ajuste de la estructura que van de punta a punta del cabezote (específicamente en el caso de transporte pesado) o tráiler en el cual se apoyan los demás elementos constitutivos del cabezote o vehículo y del tráiler. La quinta rueda consiste en la base sobre la que se apoya el tráiler o remolque a enganchar y que permite el correcto acople con el tractocamión y un seguro desplazamiento de los mismos.

Este grupo funcional está compuesto por vigas principal del chasis, puentes de soporte de viga a viga, aletas de los puentes y como parte del chasis incluiremos a la cabina del vehículo. Fuente: aporte por la experiencia del autor

Figura n.º 18. Chasis y quinta rueda en un tractocamión



Fuente: Portal del Transporte Mexicano. <http://www.transporte.mx/que-es-la-quinta-rueda-del-tractocamion/>

CAPITULO 2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:

A nivel global las empresas tratan de disminuir costos operativos. Y las empresas que poseen flotas vehiculares no son la excepción. Ahora que ha pasado la crisis mundial, muchas empresas han iniciado a renovar sus flotas. Estas unidades vehiculares tienen menor costo de mantenimiento y mayor economía, incluso por ahorro de combustible.

Los costos de mantenimiento permanecen planos en los dos últimos años. Es bueno considerar que el segundo componente clave de costos operativos, después del combustible, para flotas de camiones son los costos de mantenimiento preventivo y no programado (correctivo). “No vemos un incremento significativo en los gastos de mantenimiento para el 2014 y 2015, aparte del incremento natural por antigüedad de flotas,” dijo Marcin Michno, Gerente de Proyectos y Consultor Estratégico en Element Fleet Management.

Las grandes flotas constantemente evolucionan y mejoran. Fred Turco, Senior Director de Compras y Operaciones Globales para Flotas de Pfizer, administra la flota en USA de 6,200 vehículos (de 33,000 en la flota global). Declara que Pfizer controla key performance indicators (KPIs) relacionados al valor y toma referencias para continuamente mejorar cada KPI. Similarmente, Pratt de Ecolab enfatizó la importancia de prestar “atención al detalle: administrar activamente el plan, costos totales y los KPIs.”

En el Perú el 80% de carga se transporta en camiones, según cifras del Ministerio de Transportes. La costa, sierra y selva peruanas son consideradas camioneras por excelencia. Debido a la gran demanda de vehículos pesados, también se hace necesario un oportuno mantenimiento de los camiones.

El servicio de mantenimiento consiste en la verificación temporal de las partes mecánicas del vehículo, con el objetivo de ponerlo en óptimas condiciones para que siga trabajando sin dificultad. Los costos de reparación de los vehículos implican sumas importantes de dinero, por ello se recomienda que al comprar un vehículo se invierta un poco más de dinero pero optar por un vehículos 0 km.

Continuamente vemos los accidentes ocasionados por vehículos pesados en las principales carreteras del Perú. Uno de los principales factores es el mal mantenimiento, siempre con falencia en algunas de sus partes vitales.

La empresa PLUTÓN TRANSPORTES S.A.C trabaja con un plan de mantenimiento, realizando solo actividades de cambio de insumos (aceite, refrigerante) y filtros por kilómetro de recorrido como mantenimiento preventivo y realizando actividades de reparaciones y

atención de emergencias cuando ellas ocurren como mantenimiento correctivo no programado.

La flota de tractocamiones de la empresa PLUTÓN TRANSPORTES S.A.C presenta un índice elevado de paradas inesperadas durante su operación (ruta) y un bajo índice de confiabilidad y de disponibilidad de la misma. Ello se ve reflejado en demora de entrega de la carga y en reclamos de nuestros clientes, sumado a los costos elevados en mantenimiento correctivo y una elevación de los costos por todas las actividades de mantenimiento realizadas en la flota vehicular.

Cabe mencionar que dichos costos y paradas inesperadas se han presentado en su mayoría en los 18 tractocamiones que la empresa tiene asignados a sus rutas locales y en su mayoría a nivel nacional.

Con el objetivo de identificar y mostrar cuales son los tractocamiones que presentan mayor índice de paradas inesperadas en nuestro proceso operativo (recojo, carga y descarga y entrega de la carga) y determinar los tractocamiones más críticos, se elaboró el Diagrama de Pareto utilizando como patrón de análisis la cantidad de auxilios mecánicos realizados en un período determinado.

El análisis se realizó únicamente en los tractocamiones de la marca INTERNATIONAL (modelo WorkStar 7600) desde el 2008 en adelante, porque estos son la flota elegida para los trabajos a nivel nacional y conforman el 60% de nuestra flota de tractocamiones.

El periodo de tiempo seleccionado es de 18 meses desde Diciembre del 2014 hasta Mayo del 2016 donde se contabilizó todos los auxilios, mantenimientos correctivos no programados y eventos ocurridos ligados al Área de Mantenimiento de la flota vehicular.

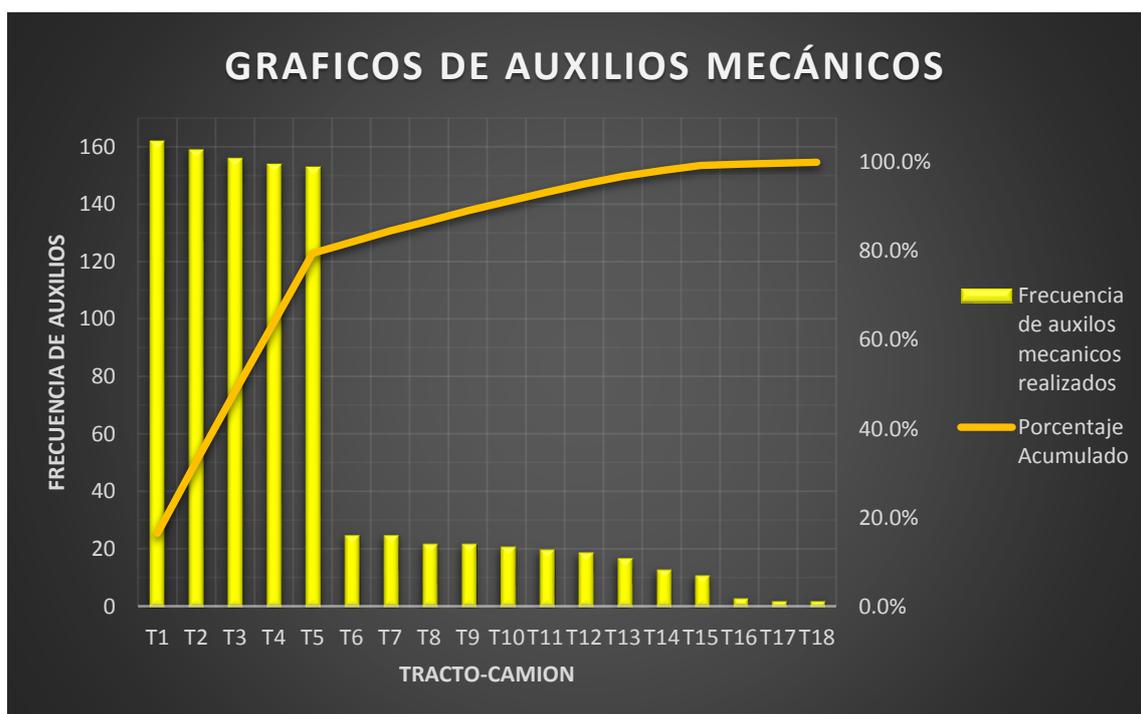
Tabla n.º 2. Frecuencia de auxilios mecánicos en la empresa Plutón Transportes S.A.C desde diciembre del 2014 hasta mayo del 2016

Nº de tracto	Placa y año	Frecuencia de auxilios mecánicos realizados	Frecuencia acumulada de auxilios mecánicos realizados	Porcentaje absoluto	Porcentaje acumulado
T1	YI-8899 (2008)	162	162	16,4%	16,4%
T2	YI-8907 (2008)	159	321	16,1%	32,6%
T3	YI-8906 (2008)	156	477	15,8%	48,4%
T4	YI-8908 (2008)	154	631	15,6%	64,0%
T5	YI-8909 (2008)	153	784	15,5%	79,5%
T6	A8U-856 (2010)	25	809	2,5%	82,0%
T7	C4R-811 (2010)	25	834	2,5%	84,6%
T8	A4M-948 (2010)	22	856	2,2%	86,8%

T9	A4K-870 (2010)	22	878	2,2%	89,0%
T10	A9C-828 (2010)	21	899	2,1%	91,2%
T11	C4Q-922 (2010)	20	919	2,0%	93,2%
T12	C4R-809 (2010)	19	938	1,9%	95,1%
T13	C4R-901 (2010)	17	955	1,7%	96,9%
T14	C6M-933 (2013)	13	968	1,3%	98,2%
T15	C6M-934 (2013)	11	979	1,1%	99,3%
T16	C3Z-456 (2015)	3	982	0,3%	99,6%
T17	C3Z-457 (2015)	2	984	0,2%	99,8%
T18	C3Z-458 (2015)	2	986	0,2%	100,0%
TOTAL		986		100,0%	

Fuente: Elaboración propia.

Figura n.º 19. Diagrama de Pareto para la frecuencia de auxilios mecánicos en la empresa Plutón Transportes S.A.C desde diciembre del 2014 hasta mayo del 2016



Fuente: Elaboración propia.

Durante un periodo de 18 meses que abarcan diciembre del 2014 hasta mayo del 2016 la mayor cantidad de auxilios mecánicos realizados durante el proceso operativo se han presentado en los tractocamiones YI - 8899 con un 16.4% , YI – 8907 con un 16.1%, YI – 8906 con un 15.8%, YI – 8908 con un 15.6% y el YI – 8909 con un 15.5 % obteniendo como

resultado la suma de estos porcentajes un 79.5 % de los auxilios ocurridos en los tractocamiones de año de fabricación del 2008.

La falta de un plan de mantenimiento efectivo en nuestros equipos viene afectando a nuestra flota y así se evidencia en el Diagrama de Pareto. Se presentan múltiples averías en nuestros equipos del año 2008 (79.5%).

La estrategia que se viene preparando para las unidades de esa antigüedad, asocia actualmente entre actividades de overhaul y/o cambios por tiempo de vida.

El objetivo para este estudio; sin embargo está dirigido a mejorar el plan de mantenimiento que nos permita sostener la vida útil de los equipos del año 2008 (05 unidades) y dejar las bases sentadas para poder incrementar la vida esperada de nuestros equipos más recientes, ya que con ellos se tendrá un mayor tiempo de operaciones en los siguientes años, y están destinados a las rutas (clientes) más importantes.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Existe un elevado índice de paradas inesperadas de los tractocamiones durante el proceso operativo y un elevado incremento en los costos de mantenimiento a causa de los auxilios mecánicos y mantenimiento correctivo no planificado, generando ello un bajo índice de confiabilidad de nuestra flota.

Para ello se plantea aplicar la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance o Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) en la flota de tractocamiones International WorkStar 7600. Ella es el 60% de nuestra flota de carga pesada y se convertirá en el objeto de análisis.

¿Se puede proponer medidas de mejora en un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la flota de la empresa Plutón Transportes S.A.C.?

2.3. JUSTIFICACIÓN:

La dinámica del entorno actual, el crecimiento económico y la aparición de nuevas empresas del mismo rubro, hace que se aborde el tema base, es decir, brindar nuestros servicios con los más altos niveles de calidad y seguridad, lo que se puede garantizar a través de la gestión y elaboración de planes, cronogramas y procesos de mantenimiento en nuestros activos principales (Tractocamiones International WorkStar 7600) lo cual nos permitirá elevar la confiabilidad y la disponibilidad.

Desde un punto de vista teórico, con el presente trabajo el autor pone en práctica todos los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos durante su formación académica sumado a la exploración de la metodología RCM aplicada a Tractocamiones International WorkStar 7600 dejando además para la comunidad académica de la universidad una guía de estudio como referencia para aplicaciones en flotas automotrices.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio resultante aportará en desarrollar un plan de mantenimiento basado el marco teórico de la metodología RCM para los tractocamiones International WorkStar 7600 y permitirá a las empresas en donde los tractocamiones de dicho modelo sean el corazón de sus operaciones puedan disponer de la información necesaria para mejorar los procesos del mantenimiento de la mismas.

Desde el punto de vista aplicativo o práctico, el trabajo de investigación aportará a mejorar los indicadores de disponibilidad, operatividad y confiabilidad reforzando el área operativa de la flota en la Empresa Plutón Transportes S.A.C. Tendrá un gran impacto en la reducción de los gastos de mantenimiento correctivos no planificados, sumado a ello al elevar la confiabilidad, operatividad y disponibilidad de la flota, reduciendo multas o penalidades por reclamos o demoras de entrega de la carga transportada.

Desde el punto de vista social, el estudio resultante tendrá un gran impacto en la reducción de los gastos de mantenimiento correctivos no planificados, sumado a ello la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero en las sociedades de impacto según las rutas seguidas por la flota. Así mismo, ayudará a generar utilidades en la Empresa Plutón Transportes S.A.C. lo cual mejorará la calidad de vida de sus trabajadores y reducirá los riesgos de accidentes a trabajadores y a terceros.

2.4. SELECCIÓN DE METODOLOGÍA DE MEJORA:

En el mercado hay varias opciones de mejora de procesos, implementación de sistemas de gestión, metodologías “importadas” variadas; sin embargo, hay una metodología que, según referencias bibliográficas y opiniones de expertos, es más adecuada para este caso.

Acerca de la decisión de cuándo implementar RCM, se afirma que este proceso es usado para determinar el enfoque más efectivo del mantenimiento en general. Esto implica identificar todas las acciones que buscan reducir la probabilidad de falla de la forma más costo-efectiva, con una mezcla óptima de acciones basadas por condición, acciones basadas en ciclos o en tiempo o el enfoque de operar hasta que se origine la falla (NASA, 2000, en Arzuaga, 2011).

CAPITULO 3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL:

Proponer mejoras de implementación en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para causar un impacto favorable en la disponibilidad y confiabilidad en los tractocamiones International WorkStar 7600 de la flota perteneciente a la Empresa Plutón Transportes S.A.C.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 3.2.1. Elaborar la matriz de criticidad de los sistemas de componentes para enfocar la prioridad en los equipos de la flota para la aplicación de metodología RCM.
- 3.2.2. Realizar el análisis FMEA (Análisis Modal de Fallas y Efectos) para conocer las fallas que deben ser anticipadas con una variación en el plan de mantenimiento.
- 3.2.3. Proponer mejoras para el plan de mantenimiento, con tareas o actividades específicas, usando los resultados obtenidos en base a la metodología RCM.

CAPITULO 4. MARCO TEÓRICO

4.1. ANTECEDENTES:

La tesis de grado titulada *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones con base a los requerimientos en su contexto operacional*, de Moreno (2009), de la Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela, el autor diseña un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional, haciendo uso de diagnóstico, análisis de criticidad, análisis FMEA y el rediseño de plan de mantenimiento para una flota de tractocamiones, concluyendo justamente que la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM) aplicaba a ésta (conformada por camiones Freightliner) y que por medio del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (F.M.E.A.), se identificó cada una de las funciones de los sistemas con sus correspondientes fallas de función, modos de fallas y efecto de falla, permitiendo posteriormente el análisis de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas de mantenimiento. Con este antecedente se puede modelar la metodología a seguir en esta flota con las condiciones de trabajo en Perú y para la marca de tractocamiones a evaluar.

La tesis de grado titulada *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en motores Detroit 16v-149ti en Codelco División Andina*, de Vásquez (2008), de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, el autor elabora un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM para aumentar la disponibilidad de los motores Detroit Diesel, a través de una comprensión para correcta aplicación de la metodología RCM, incluyendo

definición de funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos de las fallas y asignando tareas proactivas adecuadas, todo esto dentro del contexto operacional del equipo. Concluyendo que la metodología RCM se puede aplicar a cualquier equipo o conjunto de ellos y que lo fundamental es preparar una persona experta o facilitador en RCM y en trabajo conjunto con el personal técnico, quienes son los que tienen los conocimientos de los activos, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenciones, etc. Este antecedente sirve para este estudio para identificar los aspectos a considerar en las mejoras de planes de mantenimiento de equipos automotrices, así como tener una referencia latinoamericana de aplicación de herramientas del RCM.

4.2. BASES TEÓRICAS Y DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

4.2.1. INICIOS DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Durante los últimos veinte años, el mantenimiento cambió, mucho más que cualquier otra disciplina de gerenciamiento o de procesos. El cambio se debe a un enorme incremento en el número y variedad de bienes físicos (plantas, equipos, edificios) que, una vez en operación, deben ser mantenidos alrededor del mundo.

El mantenimiento también responde a expectativas variables, según las empresas, condiciones, mercado, etc. Estas incluyen el hecho de advertir cada vez más alto grado en el que las fallas en equipos afectan la seguridad y el medioambiente, una conciencia creciente de la relación entre mantenimiento y calidad del producto, así como una presión cada vez mayor de alcanzar un alto rendimiento de las máquinas y controlar los costos de producción y operaciones.

Ante la evidencia de esta necesidad de cambios, las empresas están buscando un nuevo método de mantenimiento. Donde se administre con una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un patrón coherente, de manera que puedan ser evaluados sensiblemente, permitiendo escoger aquellos que más se adapten a ellos y a sus empresas.

A continuación, se describe una filosofía que provee justamente una estructura ideológica. Se denomina mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

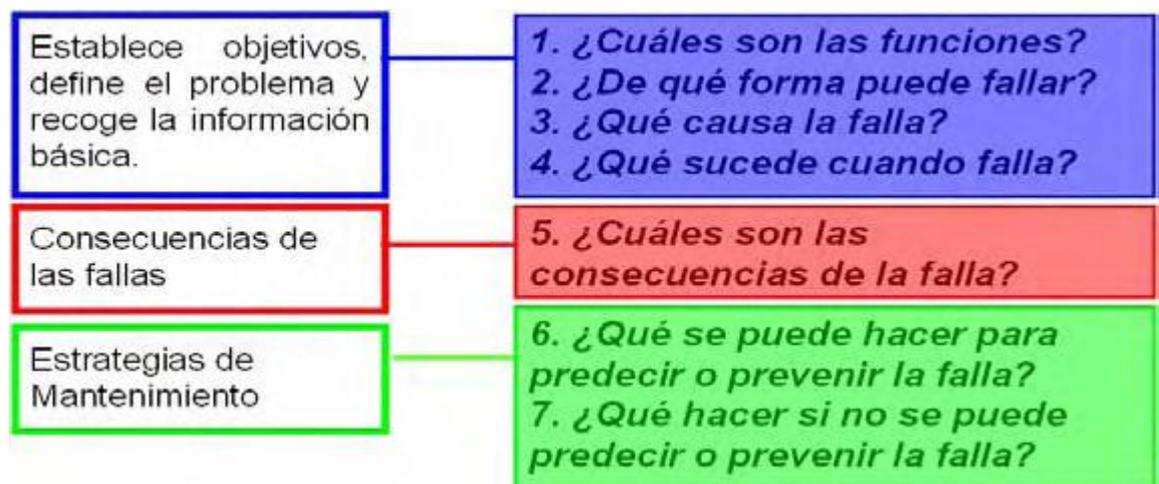
Si se aplica correctamente, el RCM transforma la relación entre la empresa que lo usa, sus bienes físicos existentes y el personal que opera y mantiene esos bienes. Además, permite que nuevos bienes sean puestos eficientemente en servicio, con gran velocidad, confianza y precisión.

La primera industria en enfrentar estos desafíos sistemáticamente fue la industria de aviación comercial. Un elemento crucial de su respuesta fue el darse cuenta de que se debía poner tanto esfuerzo en asegurar que el personal de mantenimiento esté haciendo el trabajo en forma correcta, como en garantizar que se está haciendo el trabajo correcto. Este proceso llevo a su vez al desarrollo del método de toma de decisiones comprensivo, conocido dentro de la aviación como MSG3, y afuera de ésta como Mantenimiento Centrado en la garantía de Funcionamiento o RCM (Realibility – Centered Maintenance)

No existe ninguna técnica similar para identificar el menor número de actividades específicas y seguras que se deben realizar para preservar el funcionamiento de los bienes físicos, especialmente en situaciones críticas y riesgosas. El reconocimiento cada vez mayor del rol fundamental del RCM en la formulación de estrategias de manejo de bienes físicos – y de la importancia de aplicarlo correctamente – llevó a la Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices 1999, a publicar SAE estándar JA101 : “ Criterios de Evaluación para los procesos de mantenimiento Centrado en la garantía de funcionamiento”

4.2.2. METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

Figura n.º 20. El RCM y las siete preguntas de la metodología



Fuente: Dhillon, 2002.

4.2.2.1. Disponibilidad

La disponibilidad, es uno de los objetivos principales del mantenimiento, y puede ser definida como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. Pinto (1995).

El indicador de Disponibilidad nos muestra el porcentaje del tiempo, considerado, en que el equipo está disponible para la producción. Para el período que estamos analizando (puede ser un mes, trimestre, semestre o el año completo), se contabiliza las horas calendario de ese período y le restamos todas las horas que el equipo en cuestión estuvo detenido por intervenciones de mantenimiento. Estas intervenciones son todas las que detuvieron el equipo, mantenimientos de emergencia, mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos, etc. Por lo general el mantenimiento predictivo no detiene al equipo, dado que la toma de datos se realiza, en la mayoría de los casos, con el equipo en carga. Pero de existir un mantenimiento predictivo que detenga el equipo, tal como toma de espesores en tubos de caldera o intercambiadores, el tiempo detenido debe contemplarse en este indicador.

Figura n.º 21. Cálculo de la disponibilidad

$$\text{DISP} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto}}{\text{Hrs. Período}}$$

Donde:

\sum Hrs. Mtto = total de horas de parada en todas las Ordenes de Trabajo.

Hrs. Período = calculamos las horas entre las fechas seleccionadas.

Fuente: Publicación Club de Mantenimiento como Unidad de Capacitación

Aprobada <http://www.clubdemantenimiento.com/indicadores-de-mantenimiento-5a-parte/>

4.2.2.2. Confiabilidad

La confiabilidad puede ser definida como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas. Lafraia (2001).

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{Donde:}$$

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e: constante Neperiana (e=2.303)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.

Otra forma de expresar y calcular la confiabilidad:

Figura n.º 22. Cálculo de la confiabilidad

$$\text{CONF} = \frac{\text{Hrs. Período} - \sum \text{Hrs. Mtto Correctivo}}{\text{Hrs. Período}}$$

Donde:

\sum Hrs. Mtto Correctivo = total de horas de parada en todas las Ordenes de Trabajo para Mantenimiento Correctivo.

Hrs. Período = calculamos las horas entre las fechas seleccionadas.

Fuente: Publicación Club de Mantenimiento como Unidad de Capacitación Aprobada <http://www.clubdemantenimiento.com/indicadores-de-mantenimiento-6a-parte/>

4.2.2.3. Funciones

La descripción de la función de un activo debe consistir de un verbo, un objeto y un parámetro de funcionamiento deseado, los que deben ser descritos tomando en cuenta el contexto operacional del activo.

Todo activo físico tiene más de una función, frecuentemente varias, y todas ellas deben ser identificadas junto con sus parámetros de funcionamiento específicos.

Las funciones pueden dividirse en dos categorías principales: funciones primarias y secundarias.

- Funciones primarias: Son la razón principal de porque es adquirido y existe el activo, por eso se debe cuidar de definir las tan precisamente como sea posible.

- Funciones secundarias: Se pretende que la mayoría de los activos cumplan una o más funciones además de la primaria, las cuales se conocen como funciones secundarias. Son menos obvias que las primarias, pero a veces requieren mayor atención y las consecuencias de falla de estas pueden ser de mayor gravedad que las primarias, por lo que deben ser claramente identificadas.

4.2.2.4. Fallas funcionales

Un activo falla cuando no hace lo que el usuario desea que haga. Una falla funcional puede ser una pérdida total de una función o también puede ser en las que el comportamiento funcional queda al margen de los parámetros de funcionamiento establecidos.

Cada activo tiene más de una función, por lo tanto al ser posible que cada una de éstas falle, se deduce que cualquier activo puede tener una variedad de estados de fallas diferentes. Entonces es preciso definir una falla en términos de “pérdida de una función específica” y no con la “falla del activo como un todo”.

4.2.2.5. Modos de falla

Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa una falla funcional. La descripción correcta de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo.

4.2.2.6. Efectos de las fallas

En el proceso de implementación de RCM hay que hacer una lista de lo que sucede al producirse cada modo de falla. A esto se denomina efectos de falla.

Al describir los efectos de una falla, debemos incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas y debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia de que se ha producido una falla: Debe permitir a los operarios si la falla será evidente para ellos en el desempeño de sus tareas normales. También debe indicar si va precedida por: ruidos, fuego, humo, fugas de fluidos, si se detiene el equipo, etc. Si se tratase de dispositivos de seguridad, debe detallarse que sucedería si fallase el dispositivo protegido mientras el dispositivo de seguridad se encuentra en estado de falla.
- En que forma la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente: Debe señalarse la manera en que pueda lesionarse o morir alguna persona o infringir alguna normativa o reglamento relativo al medio ambiente como consecuencia de una falla.

- Las maneras en que afecta a la producción o a las operaciones: Debe indicarse cómo y cuánto afecta, ya sea por parada de máquina o varias de ellas, interrupción de líneas de proceso, etc.
- Los daños físicos causados por la falla: Cuantificar los daños.
- Qué debe hacerse para reparar la falla: Cuales son las medidas correctivas a tomar para repararla.

4.2.2.7. Fuentes de Información sobre modos y efectos

Las fuentes de información más comunes acerca de modos de falla y sus efectos son las siguientes:

- El fabricante o proveedor del equipo.
- Otros usuarios de la misma maquinaria.
- Personal de mantención.
- Operadores del equipo.
- Listas genéricas de modos de falla.

Las fuentes de información anteriores, son importantísimas a la hora de establecer un análisis RCM, pero no deben ser absolutas ni las únicas, ya que no siempre se adecuarán a las funciones, parámetros de funcionamiento y contexto operacional del activo a analizar.

4.2.2.8. Consecuencias de las fallas

Las consecuencias de las fallas se clasifican en cuatro categorías de importancia decreciente de la siguiente manera:

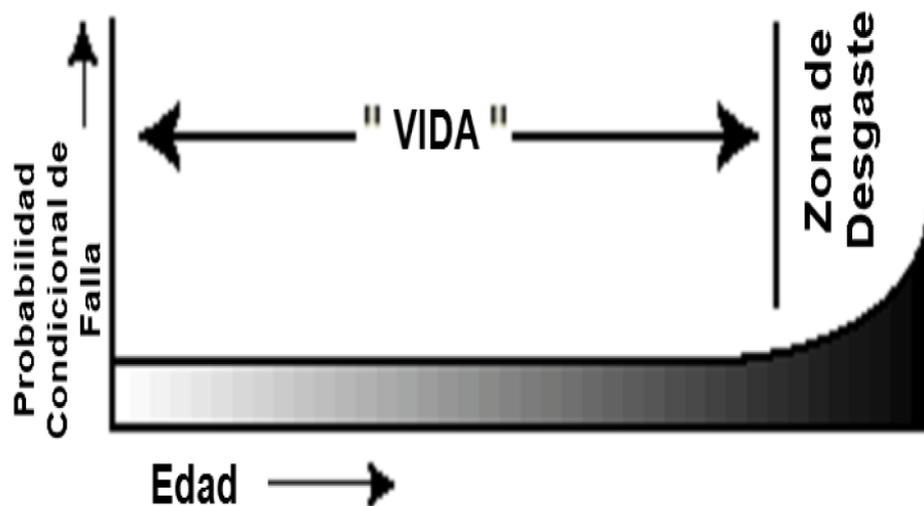
- Consecuencias del Fallo Oculto: Un modo de falla tiene consecuencias por fallas ocultas si la pérdida de función causada por este modo de fallo actuando por sí solo en circunstancias normales es evidente a los operarios.
- Consecuencias para la Seguridad o el Medio Ambiente: Un modo de falla tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente si causa una pérdida de función y produce daños que pudieran lesionar o matar a alguien; o infringir cualquier normativa o reglamento ambiental conocido.
- Consecuencias Operacionales: Un modo de falla tiene consecuencias operacionales si tiene un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional afectando: el volumen de producción, calidad del producto, servicio al cliente o incrementar el costo operacional.

- Consecuencias No Operacionales: No ejercen un efecto adverso directo sobre la seguridad, el medio ambiente o la capacidad operacional, sólo tiene consecuencias en los costos directos de reparación.

4.2.2.9. Patrones de desgaste. Curva de la “bañera”

Como se puede ver en la Figura 23, tradicionalmente se consideraba que la relación causa efecto entre el mantenimiento preventivo y la confiabilidad estaba marcadamente influenciada por el desgaste producido por la vida “útil” de un equipo, así a mayor edad, mayor desgaste y menor confiabilidad. El problema de esta teoría era tener que calcular edad límite o vida útil para sistemas y componentes.

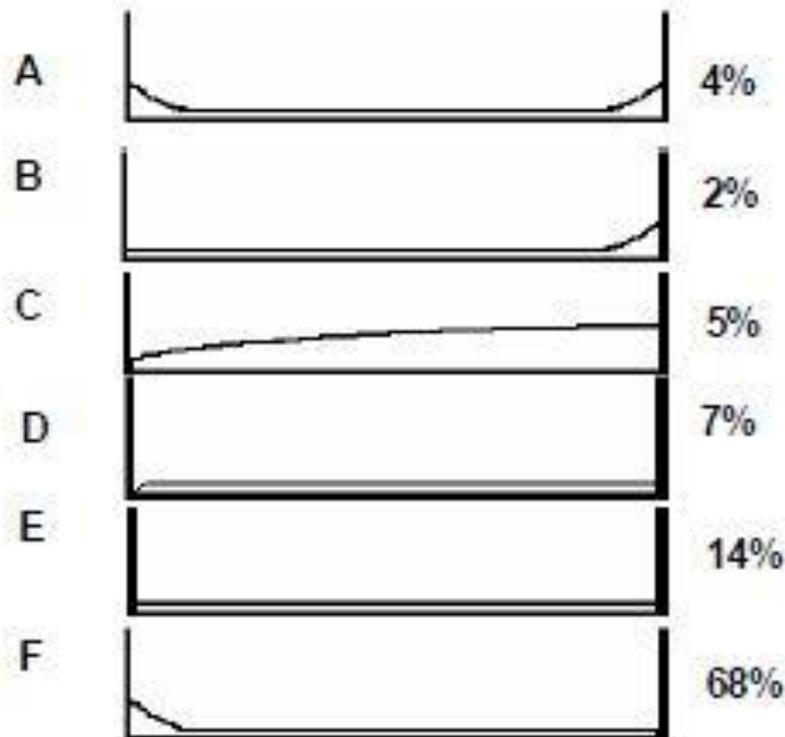
Figura n.º 23. Perspectiva tradicional de los patrones de desgaste en equipos



Fuente: Moubray (1997)

Con la aparición del RCM, se hizo más estudio y análisis, y se pasó de usar solamente los patrones A y B (Figura 24) a otros tipos de patrones de desgaste. En los patrones iniciales A y B se considera una etapa de gran incidencia de fallas iniciales (Patrón A) llamada “mortandad infantil”; y una etapa final de alta probabilidad de fallas (Patrones A y B). Pero con el RCM se determinó que sin importar la intensidad de las actividades de mantenimiento preventivo, muchos sistemas o componentes presentaban otros patrones, afectando la confiabilidad y la disponibilidad, con diferentes expectativas en las actividades de planificación del mantenimiento.

Figura n.º 24. Diferentes patrones de desgaste encontrados durante el desarrollo del RCM.



Fuente: Reliability Web, Introducción al RCM2, texto original de John Moubray.
Recuperado de: <http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/rcm2-introduccion>

4.2.2.10. Funciones ocultas y evidentes

Una función evidente es aquella cuya falla finalmente e inevitablemente será evidente por sí sola a los operadores en circunstancias normales. No obstante, algunas fallas ocurren de tal forma que nadie sabe que el elemento se ha averiado a menos que se produzca alguna otra falla. Esto significa que una función oculta es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por sí sola.

4.2.2.11. Realización tareas a condición

Las tareas a condición deben satisfacer los siguientes criterios para que justifique su ejecución:

- Si una falla es oculta, no tiene consecuencias directas: Entonces una tarea a condición cuya intención es prevenir una falla oculta, debe reducir el riesgo de una falla múltiple a un nivel aceptablemente bajo. En la práctica, debido a que la función es oculta, muchas de las fallas potenciales que normalmente afectan a las evidentes también serán ocultas.

- Si la falla tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente: sólo merece la pena realizar una tarea a condición si fiablemente da suficiente advertencia de la falla como para que se pueda actuar a tiempo para evitar las consecuencias para la seguridad o el medio ambiente.
- Si la falla no afecta a la seguridad, la tarea debe ser eficaz en cuanto a los costos: O sea a lo largo de un período de tiempo el costo de realizar la tarea a condición debe ser menor al costo de no hacerla.

4.2.2.12. Selección de tareas proactivas

Muchas veces es difícil decidir si una tarea proactiva es técnicamente factible. Las características de la falla rigen esta decisión, y generalmente son lo suficientemente claras como para que la decisión sea simplemente cuestión de sí o no, ahora decidir si merece la pena ser realizadas suele requerir más deliberación.

Dentro de las tareas proactivas se puede contar con las tareas a condición.

Las tareas a condición son consideradas primero en el proceso de selección de tareas, por las siguientes razones:

- Generalmente son realizadas sin desplazar el activo físico de su ubicación y normalmente mientras funciona: Rara vez interfieren en el proceso de producción y son fáciles de organizar.
- Identifican condiciones específicas de falla potencial: de modo que se puede definir claramente la acción correctiva antes de que comience el trabajo, lo que reduce la cantidad de trabajos de reparación, y hace posible realizarlos más rápidamente.
- El identificar el punto de falla potencial en los equipos: les permite cumplir con casi toda su vida útil.

CAPITULO 5. DESARROLLO

5.1. ELABORACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD:

Como lo mencionado con anterioridad se puede considerar 13 sistemas que conforman un tractocamión. Se realizó una reunión con el Jefe de Operaciones, Jefe de Mantenimiento, Jefe de Seguridad, Asistente Contable y Jefe de Taller de la empresa en estudio para definir los criterios de evaluación según sea la repercusión de cada sistema en el impacto operacional de la empresa; basados en la herramienta conocida como Análisis de Criticidad (AC). La metodología que sigue este análisis bajo el alcance y propósito de esta investigación es la siguiente:

La criticidad total (CT), que es el parámetro bajo el cual se maneja este método y se obtiene mediante la ecuación:

$$CT = FF \times \text{Consecuencia}$$

Donde:

FF: Frecuencia de falla

$$\text{Consecuencia} = [(IO \times FO) + CM + ISAH]$$

Se determinan como criterios principales los siguientes:

- Frecuencia de falla (FF): son las veces que falla cualquier sistema o componente.
- Impacto operacional (IO): es el nivel de servicio o producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- Flexibilidad operacional (FO): observa la existencia de otra vía de producción, paralela a la regularmente utilizada.
- Costos de mantenimiento (CM): indica el gasto de mantenimiento.
- Impacto en seguridad, ambiente e higiene (ISAH): observa la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas, ambiente, equipos, sistemas e instalaciones.

El criterio de evaluación se basa en la siguiente tabla:

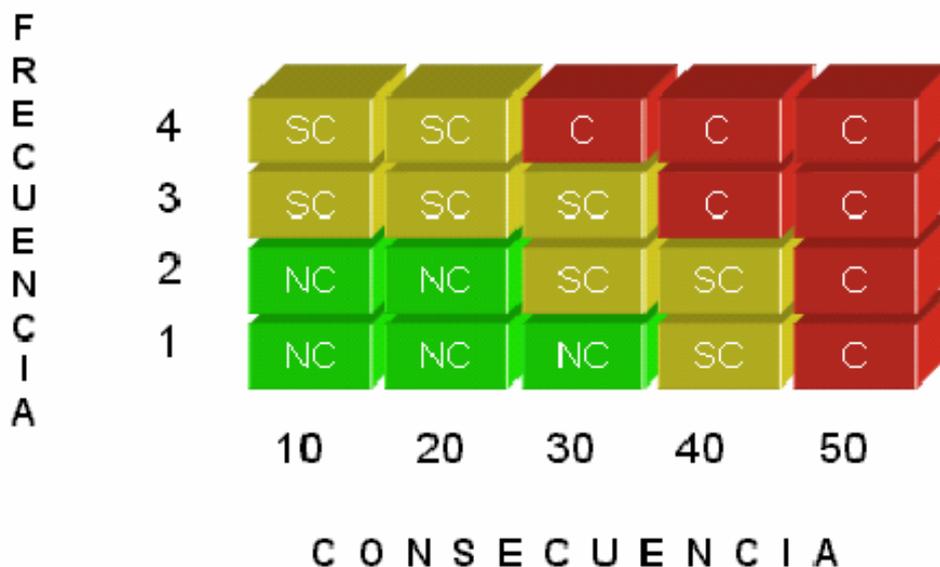
Tabla n.º 3. Criterios para evaluar la criticidad

Frecuencia de falla (FF)		Impacto operacional (IO)		Flexibilidad operacional (FO)		Costos de mantenimiento (CM)		Impacto en la seguridad, ambiente e higiene (ISAH)	
Muy Alta: falla casi inevitable	4	Parada inmediata de todo el taller	10	No hay opción de alterna de producción	4	Mayor o igual a 10.000 soles./año	2	Afecta a la seguridad humana tanto externa como interna	8
Alta: fallas repetidas	3	Impacto en niveles de producción o calidad	8	Opción alterna de producción	2	Inferior a 10.000 soles./año	1	Afecta al ambiente produciendo daños reversibles	6
Moderada: fallas ocasionales	2	Parada del sistema o efectos en otros sistemas	6	Hay respaldo	1			Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Baja: relativamente pocas fallas	1	Costos operacionales mientras no esté disponible	2					Provoca daños menores (accidente e incidentes)	2
		Sin efectos en producción/operación	1					Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1
								No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambiente	0

Fuente: Información de Moubray, J. (1997), elaboración propia.

Se evaluó la criticidad total (CT) de los sistemas en base a la siguiente matriz

Figura n.º 25. Frecuencia y Consecuencias para el RCM



Donde:

NC: No crítico

SC: Semi – crítico

C: Crítico

Tabla n.º 4. Resultados de Análisis de Criticidad

SISTEMAS	FF	IO	FO	CM	ISAH	CONSECUENCIA	CT	RESULTADO
Motor	3	8	4	2	4	38	114	Crítico
Sist. de Lubricación	2	6	4	1	0	25	50	Semi Crítico
Sist. de refrigeración	2	6	4	1	0	25	50	Semi Crítico
Sist. de Transmisión	3	8	4	2	4	38	114	Crítico
Sist. de Suspensión	2	6	4	1	0	25	50	Semi Crítico
Sist. de Frenos	3	8	4	1	8	41	123	Crítico
Sist. de Dirección	2	6	4	1	0	25	50	Semi Crítico
Sist. Eléctrico	3	8	4	1	4	37	111	Crítico
Sist. de Combustible	2	6	4	1	0	25	50	Semi Crítico
Sist. Neumático	1	6	4	1	0	25	25	No Crítico
Accesorios	2	2	2	1	2	7	14	No Crítico
Neumáticos o llantas	4	8	4	2	6	40	160	Crítico
Chasis	1	6	4	1	0	25	25	No Crítico

Fuente: Elaboración propia.

Por la realización de este análisis de criticidad, el estudio se centrará en los sistemas críticos para una primera etapa. Con estos sistemas críticos se trabajará la metodología FMEA.

5.2. ELABORACIÓN DE ANALISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (FMEA):

El Análisis Modal Fallo y Efectos es una metodología que se aplica a la hora de mejorar, diseñar nuevos productos, servicios y procesos. Su finalidad es estudiar posibles fallas futuras (modos de falla) de nuestro caso la aplicaremos para evaluar los elementos que componen los sistemas más críticos identificados con la matriz de criticidad. Tener en cuenta en cuenta que dichos sistemas afectan la operatividad y disponibilidad de nuestra flota para que luego podamos clasificarla según su importancia y crear un plan de mantenimiento proactivo con base a los resultados obtenidos.

5.2.1. PASO 1: ENUMERAR LAS POSIBLES FALLAS

Lo primero fue crear un grupo de 7 personas con amplia experiencia y conocimiento sobre el tema logístico, proceso de servicio y el área de mantenimiento de flota. Se

incluyeron perfiles diferentes para obtener una visión más amplia y de diversas opiniones.

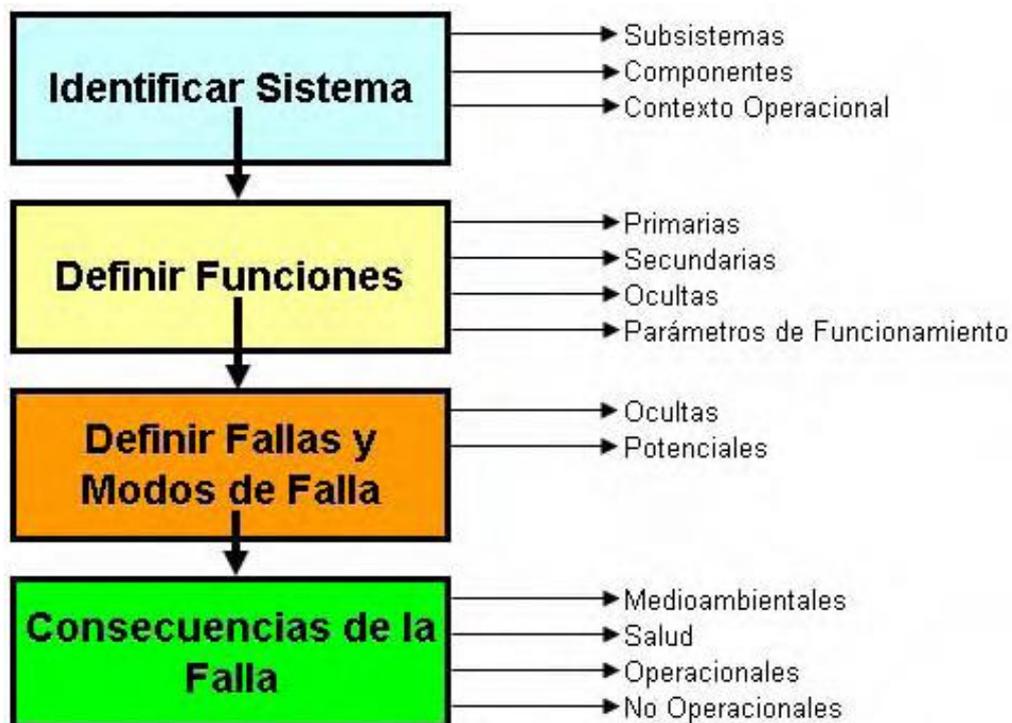
Las personas integrantes del grupo fueron el Jefe de Operaciones, el Jefe de Mantenimiento, el jefe de Taller, el Jefe de Almacén, un técnico Automotriz y dos Conductores de Camiones.

Seguidamente con el grupo procedimos a enumerar los “modos de falla” más comunes que presentan los sistemas críticos de un Tractocamión que podrían tener repercusiones con el servicio brindado a nuestros clientes, fallas funcionales, de seguridad o problemas originados por el mal uso de nuestra flota.

5.2.2. PASO 2: CLASIFICAR LAS FALLAS

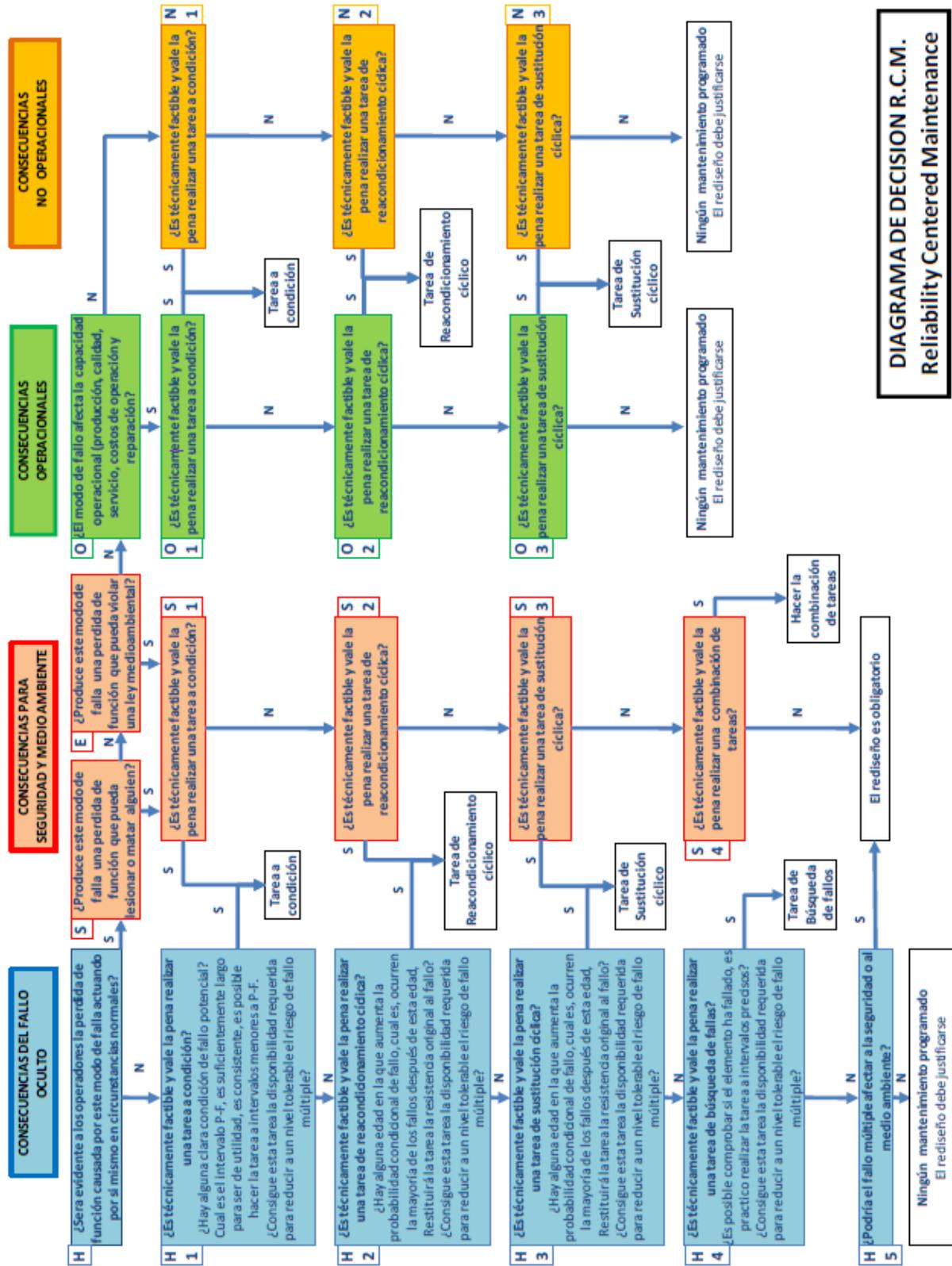
Una vez recopilada la información del paso anterior obtendremos una lista larga de posibles fallas que presenta el tractocamión International WorkStar 7600, seguidamente la incluiremos una tabla para clasificarlos según su importancia. El equipo llegó a un acuerdo sobre su criterio de evaluación mediante el siguiente esquema como guía:

Figura n.º 26. Diagrama de Flujo del RCM.



Fuente: Pérez, 1997

Figura n.º 27. Diagrama de Decisión RCM



Fuente: Campos Avella, J. C. (2008) Mantenimiento centrado en la eficiencia energética. Recuperado de: <http://www.e2energiaeficiente.com/mantenimiento-centrado-en-la-eficiencia-energetica-nueva-gestion-organizacional-para-reducir-costos-de-mantenimiento-y-de-energia/>

5.2.3. PASO 3: COMPLETAR LA HOJA DE INFORMACIÓN DE RCM

Aquí se muestra un encabezado de una hoja típica de un análisis RCM, la que se divide en cuatro columnas donde quedan registrados la descripción de funciones, la pérdida de la función (total o parcial), las causas de la falla y las consecuencias de la falla. Las funciones son enumeradas en orden de importancia, o primarias y secundarias. Cuando se tiene codificación para el sistema de análisis FMEA, se puede usar para las Funciones y los Modos de Falla registros numéricos mientras que las Fallas Funcionales son registradas mediante letras.

Figura n.º 28. Estructura de la Hoja de Información de RCM.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
SISTEM/ACTIVO:		CÓDIGO	FECHA
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:		CÓDIGO	RESPONSABLE:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)

Fuente: Moubray, 1997.

5.2.4. PASO 4: COMPLETAR LA HOJA DE DECISIÓN DE RCM

La Hoja de Decisión de RCM está dividida en dieciséis columnas. Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de Información y las Hojas de Decisión.

Figura n.º 29. Estructura de la Hoja de Decisión de RCM.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO:						CÓDIGO			FECHA						
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:						CÓDIGO			RESPONSABLE:						
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			

Fuente: Moubray, 1997.

CAPITULO 6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS FINALES:

Para los cinco sistemas de los vehículos se realizó la siguiente aplicación de la metodología RCM, usando las herramientas mostradas en las figuras 26 y 27. Estas consisten en preparar “hojas de información” recogiendo los resultados de las reuniones con el grupo de expertos acerca de las fallas funcionales y cómo se producen, así como los efectos.

Seguidamente se trabaja las “hojas de decisión” empleando la metodología propuesta en la figura 25, dando valores a la ruta de decisiones para poder emplear tareas a condición, tareas de reacondicionamiento cíclico, si se tiene más criticidad de falla, se procede a elaborar tareas de sustitución cíclica e incluso el rediseño total.

Tabla n.º 5. Hoja de Información de RCM para el Motor.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
SISTEM/ACTIVO: Motor		CÓDIGO	FECHA
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:		CÓDIGO	RESPONSABLE:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
1 Inyectar de manera dosificada el combustible dentro de la cámara de combustión, con sincronización adecuada.	A No inyecta combustible, o lo hace de manera deficiente.	1 Falla en empaquetaduras de culata, que separa sistema de enfriamiento del de inyección.	Al mezclarse refrigerante con petróleo, el motor funciona en forma errática y se detiene.
		2 Exceso o distribución irregular del combustible.	Humo negro o gris. Requiere afinación debida del regulador o reemplazo de inyectores defectuosos.
		3 Orificios del inyector agrandados.	Exceso de combustible dentro de la cámara. Combustible sin quemar dentro de la cámara.
		4 Filtro colador y líneas del combustible restringidos.	Pérdida de potencia, funcionamiento irregular. Posibilidad de parada.

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 6. Hoja de Decisión de RCM para el Motor.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO: Motor								CÓDIGO			FECHA				
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:								CÓDIGO			RESPONSABLE:				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Inspecciones periódicas de la compresión del motor	Cada 500 hrs. ó 10000 km	Taller
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Inspecciones periódicas de la emisión de gases	Cada 500 hrs. ó 10000 km	Taller
1	A	3	S	N	N	S	S						Haga los debidos cambios de filtros de combustible, primario y secundario. Verifique calidad del combustible.	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Taller
1	A	4	S	N	N	S	S						Haga la comprobación de caudal de combustible y, de ser necesario, reemplace los elementos del colador, filtro del combustible y las líneas de combustible	A condición	Taller

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 7. Hoja de Información de RCM para el Sistema de Transmisión.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
SISTEM/ACTIVO: Sistema de Transmisión		CÓDIGO	FECHA
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:		CÓDIGO	RESPONSABLE:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
1 Transmisión con la mayor eficiencia del movimiento del eje del motor a las ruedas	A Neutralizado por problemas mecánicos.	1 Válvula de prioridad no está ajustada correctamente.	El sistema no funciona y el vehículo no puede ser movido.
		2 Bajo nivel de aceite.	Imprecisión en la operación. Pérdida de potencia.
		3 Fuga de aceite hidráulico por la bomba.	Imprecisión en la operación. Pérdida de potencia.

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 8. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema de Transmisión.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO: Sistema de Transmisión								CÓDIGO			FECHA				
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:								CÓDIGO			RESPONSABLE:				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Inspecciones periódicas de las válvulas y sistemas móviles	Cada 500 hrs. ó 10000 km	Taller
1	A	2	N	N	N	S	N	N	N				Revisión de nivel de aceite	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Conductor
1	A	3	N	N	N	S	S						Inspecciones periódicas de la bomba y accesorios de traslado.	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Taller

Tabla n.º 9. Hoja de Información de RCM para el Sistema de Frenos.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM					
SISTEM/ACTIVO: Sistema de Frenos			CÓDIGO	FECHA	
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:			CÓDIGO	RESPONSABLE:	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)		
1 Detener el vehículo o desacelerar el mismo por sistema de frenado.	A Equipo no frena.	1 Varillaje suelto de frenos o por ajuste incorrecto	El frenado es lento o se debe ejercer mucha presión en los pedales.		
		2 No frena por válvula de control y dirección de frenos.	El frenado es lento o se debe ejercer mucha presión en los pedales.		
		3 Fuga interna y con alto desgaste.	El frenado es lento o no se produce.		

Tabla n.º 10. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema de Frenos.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO: Sistema de Frenos								CÓDIGO			FECHA				
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:								CÓDIGO			RESPONSABLE:				
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Inspecciones periódicas de todo el sistema.	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Taller
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Capacitación en sistemas de frenos	Personal nuevo	RR.HH.
1	A	3	S	N	N	S	S						Inspecciones periódicas de todo el sistema.	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Taller

Tabla n.º 11. Hoja de Información de RCM para el Sistema Eléctrico.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
SISTEM/ACTIVO: Sistema Eléctrico		CÓDIGO	FECHA
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:		CÓDIGO	RESPONSABLE:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
1 Proveer la fuente de energía estable para arrancar el motor y suplir los requerimientos de instrumentos eléctricos del vehículo.	A No suministra energía.	1 Banco de Baterías descargado.	Motor no arranca. Se deberá recargar o cambiar las baterías.
		2 Bornes en mal estado.	Motor no arranca. Se deberá limpiar o cambiar los bornes.
	B Incapaz de mantener la carga de la batería.	1 Regulador de carga del alternador quemado.	El sistema de protección se encuentra inoperativo debido a la falta de electricidad.

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 12. Hoja de Decisión de RCM para el Sistema Eléctrico.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO: Sistema Eléctrico							CÓDIGO			FECHA					
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:							CÓDIGO			RESPONSABLE:					
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Inspecciones periódicas de carga de batería, nivel de agua destilada	Dos veces por semana	Conductor
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspecciones periódicas de bornes de batería. Apriete	Una vez a la semana	Conductor
1	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Inspecciones periódicas de carga del alternador	Una vez al mes	Taller

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 13. Hoja de Información de RCM para los Neumáticos o Llantas.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM			
SISTEM/ACTIVO: Neumáticos o llantas		CÓDIGO	FECHA
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:		CÓDIGO	RESPONSABLE:
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (Causa de la Falla)	EFFECTOS DE LAS FALLAS (Qué sucede cuando falla)
1 Rodadura del vehículo en diferentes condiciones de terreno.	A Pérdida de agarre con el terreno.	1 Pérdida de presión por fuga de aire.	Pérdida de estabilidad, efectos en la estructura según la carga que se transporta.
		2 Desgaste excesivo en la huella de neumático.	Pérdida de eficiencia en el frenado y exceso de consumo de combustible.
		3 Deformación del neumático por vicios en la conducción.	Desgaste prematuro, posibilidad de reventón.

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

Tabla n.º 14. Hoja de Decisión de RCM para los Neumáticos o Llantas.

HOJA DE DECISIÓN RCM															
SISTEM/ACTIVO: Neumáticos o llantas						CÓDIGO			FECHA						
SUB-SISTEMA/COMPONENTE:						CÓDIGO			RESPONSABLE:						
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H,S O,N	H,S O,N	H,S O,N	Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	S	E	O	1	2	3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Medición de presión de neumáticos	Cada turno	Conductor
1	A	2	N	N	N	S	N	N	N				Inspección de huella de rodadura	Cada 250 hrs. ó 5000 km	Taller
1	A	3	N	N	N	S	S						Capacitación a conductores	Cada tres meses	RR.HH.

Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta de Moubray, 1997.

6.2. MEJORAS EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO:

Una vez concluida la evaluación de la información y las decisiones de la metodología de RCM, se procede a incluir tareas de mantenimiento.

Se puede ver la referencia en los anexos los formatos actuales para el mantenimiento programado. Se procederá a hacer un formato de inclusión de las tareas adicionales para poder ser incluidas.

Ante el escenario actual, se debe plantear ante la Gerencia General la factibilidad de estas mejoras. Observemos la siguiente tabla, en ella se muestra los costos actuales, no solamente como ejecución de auxilios mecánicos sino también las penalidades pagadas por problemas de entrega de carga.

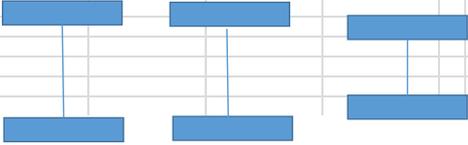
Tabla n.º 15. Costos originados por auxilios mecánicos y penalidades pagadas por incumplimiento de traslado por cada tracto en el período diciembre del 2014 hasta mayo del 2016.

Nº de Tracto	Placa y Año	Frecuencia de auxilios mecánicos realizados	Costo de auxilios mecánicos (S/.)	Confiabilidad	Disponibilidad	Reclamos de Clientes	Penalidades (S/.)
T1	YI-8899 (2008)	162	51,840.00	78.9%	74.5%	9	5,240.00
T2	YI-8907 (2008)	159	48,097.50	81.0%	78.3%	12	3,890.00
T3	YI-8906 (2008)	156	47,424.00	76.3%	70.3%	11	3,789.00
T4	YI-8908 (2008)	154	44,506.00	80.2%	75.4%	12	4,879.00
T5	YI-8909 (2008)	153	48,042.00	78.2%	73.7%	10	3,500.00
T6	A8U-856 (2010)	25	5,750.00	84.5%	79.8%	6	2,800.00
T7	C4R-811 (2010)	25	5,825.00	88.4%	84.4%	5	3,250.00
T8	A4M-948 (2010)	22	4,510.00	83.2%	78.9%	7	2,450.00
T9	A4K-870 (2010)	22	6,314.00	77.4%	73.4%	6	2,678.00
T10	A9C-828 (2010)	21	4,494.00	84.5%	80.4%	4	3,045.00
T11	C4Q-922 (2010)	20	4,180.00	84.8%	79.8%	2	2,877.00
T12	C4R-809 (2010)	19	4,617.00	81.0%	78.4%	5	2,689.00
T13	C4R-901 (2010)	17	3,774.00	83.7%	77.4%	6	3,290.00
T14	C6M-933 (2013)	13	2,444.00	89.1%	83.2%	4	3,549.00
T15	C6M-934 (2013)	11	2,541.00	91.2%	85.6%	2	3,000.00
T16	C3Z-456 (2015)	3	540.00	92.3%	89.0%	0	-
T17	C3Z-457 (2015)	2	420.00	91.7%	88.4%	1	1,450.00
T18	C3Z-458 (2015)	2	354.00	90.8%	87.2%	0	-
	TOTAL	986	285,672.50				52,376.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la ubicación de cada tarea adicional en el formato usado por la empresa.

Figura n.º 28. Ubicación de las tareas a incorporar en los formatos

INCORPORACIÓN DE TAREAS AL PLAN DE MANTENIMIENTO			
Camiones WorkStar&TranStar (Cummins ISM), PayStar, Serie 9000&ProStar (Cummins ISX)		A NAVISTAR COMPANY	
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Nombre del Cliente:		VIN Nº:	
Telefono	Fecha:	# Orden de reparación:	
Millaje (km):	Horas:	Placa:	
Jefe de Operaciones y/o encargado:			
E-mail:			
Reporte de Inspección	RECALL <input type="checkbox"/>	AFC <input type="checkbox"/>	(✓ = Satisfactorio R = Requiere reparación)
INSPECCIÓN DE INTERIOR DE CABINA	✓ R	SERVICIO DE MANTENIMIENTO (LUBRICANTES Y FILTROS)	
		Cambiar filtro de combustible (cada 250 horas ó 5000 km)	
		ENGRASE	
INSPECCIÓN ALREDEDOR DEL VEHÍCULO			
		AJUSTES	
		Regulacion freno (cada 250 horas ó 5000 km)	
		INSPECCIONES	
		Parámetros de emisión de gases de la combustión (cada 500 horas ó 10000 km)	
		Comprobación de caudal de combustible (a condición)	
		Componentes móviles del sistema de transmisión incluyendo válvulas (cada 500 horas ó 10000 km)	
		Nivel de aceite de transmisión (cada 250 horas ó 5000 km)	
		Bomba hidráulica del sistema de transmisión (cada 250 horas ó 5000 km)	
INSPECCIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO		INSPECCIÓN BAJO CAPOT O CON CABINA LEVANTADA	
Inspecciones de carga de batería y nivel de agua destilada (dos veces por semana)		Compresión del motor (cada 500 horas ó 10000 km)	
Revisión de funcionamiento normal de arranque (una vez por semana)			
Inspección de carga del alternador (mensualmente)			
PRESIÓN DE NEUMÁTICOS - % DE DESGASTE DE ZAPATAS			
			
		PROCEDIMIENTOS FINALES	
		Análisis de calidad de combustible (cada 250 horas ó 5000 km)	
COMENTARIOS			
Reparaciones aprobadas: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Inspeccionado por: Firma:	
Nombre del Cliente:			
Firma:			

Fuente: Elaboración propia

Figura n.º 29. Incorporación de nuevas tareas en el plan de mantenimiento

Frecuencia de Ma: Horas:	Datos 6000 150 \$25.00	MENS Horas	Operación de Mantenimiento																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100	2250	2400	2550	2700	2850	3000	3150	3300	3450	3600	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Sistema hidráulico de dirección	0.50																							
CAMBIO DE ACEITE SIST. DIREC.																								
REV. NIVEL ACEITE SISTEMA DIRECCIONAL																								
CAMBIO DE ACEITE DE DIRECCION	0.01																							
REV. MANEJADOR Y SUS CONEX.	0.01																							
ALFANEAMIENTO Y BALANCEO DE LAS TIERS.	1.00																							
ALJUSTE Y LUBR. DE RODAMIENTOS	1.00																							
REVISION DE AMORTIGUADORES	0.05																							
REV. NIVEL ACEITE DEL TRANSERO	0.10																							
CAMBIO DE ACEITE DE ELECTRA.	0.30																							
REVISION DE FLUJOS DE ACEITE	0.01																							
REV. ALIJSY Y TORQUES Y TORQUES	0.50																							
REVISION DE LOS RODAMIENTOS DE LA RUEDA	0.50																							
REEMPLAZO DE FILTRO DE ACEITE	0.01																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.10																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.10																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.15																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.10																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.15																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.10																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	1.00																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.01																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.25																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.70																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.40																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.10																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.30																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.02																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	1.00																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.08																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.05																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.35																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	1.50																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.20																							
REVISION DE LA PRESION DEL SISTEMA	0.50																							

Fuente: Elaboración propia

6.3. CONCLUSIONES:

- La metodología RCM con sus diferentes herramientas, tales como la matriz de criticidad, el método FMEA y los formatos de “información” y “decisiones”, nos ha permitido finalmente proponer mejoras que se pueden acondicionar en el plan de mantenimiento existente en la Empresa Plutón Transportes S.A.C. Ver para ello las figuras 28 y 29.
- Con las propuestas de implementación de mejoras para el plan de mantenimiento se va a causar un impacto en la disponibilidad y confiabilidad, dado que los indicadores de atenciones de taller o las fallas van a disminuir. Y por definición teórica del RCM y los antecedentes presentados, se espera que a mayor prevención de fallas funcionales, menos horas de mantenimiento correctivo (menos auxilios mecánicos).
- Como justificación para implementar las mejoras se puede mostrar la siguiente tabla con los costos aproximados para implementación de las tareas propuestas y su ejecución por 18 meses que es el período evaluado. Se puede ver que la implementación asciende a S/. 23 310, mientras que en la tabla 15 se puede ver que los gastos por mantenimiento correctivo ascienden a S/. 285 672.50 y el monto pagado por penalidades (o en proceso legal de cobranza) asciende a S/. 52 376.00.

Tabla n.º 16. Costo de implementación de tareas por período de 18 meses

TAREAS INCLUIDAS DESPUÉS DE RCM	FRECUENCIA	VECES EN 18 MESES	COSTO (S/.)
Regulación de frenos	Cada 300 horas	18 veces	900.00
Cambio de filtros de combustible	Cada 300 horas	18 veces	10,800.00
Medición de presión en múltiple de admisión	Cada 300 horas	18 veces	900.00
Análisis de gases de combustión	Cada 300 horas	18 veces	1,440.00
Revisión de fugas de aceite en general	Cada 300 horas	18 veces	540.00
Revisión de nivel de aceite de transmisión	Cada 150 horas	36 veces	1,080.00
Mantenimiento y/o inspección de motor de arranque	Cada 300 horas	18 veces	900.00
Mantenimiento y/o inspección de alternador	Cada 600 horas	9 veces	450.00
Inspección y ajuste de bornes de batería y arranque	Cada 300 horas	18 veces	900.00
Análisis de calidad de combustible	Cada 600 horas	9 veces	5,400.00
			23,310.00

Fuente: Elaboración propia

- Se elaboró la matriz de criticidad del equipo en trabajo de equipo. Una de las pautas de la metodología RCM manda contar con un equipo de especialistas para tomar decisiones y poder realizar análisis adecuado.

- Se realizó el análisis FMEA para los sistemas de los vehículos International WorkStar 7600, también con el equipo de trabajo. Esta información puede ser trasladada al concesionario e incluso al fabricante para poder mejorar la tecnología existente. De este análisis se obtienen las tareas propuestas para el mantenimiento, Tablas 6, 8, 10, 12 y 14, de modo que se cumple el cometido de este método.
- En base a lo hallado por el análisis de criticidad y FMEA, se pudo proponer mejoras para el plan de mantenimiento en base a la metodología RCM. Con actividades concretas e incluso frecuencia de realización. Ver Figura 29.
- Esta metodología es perfectamente aplicable a los demás sistemas de los tractocamiones y a las demás marcas de camiones de la empresa, lo cual debería ser el siguiente paso.

6.4. RECOMENDACIONES:

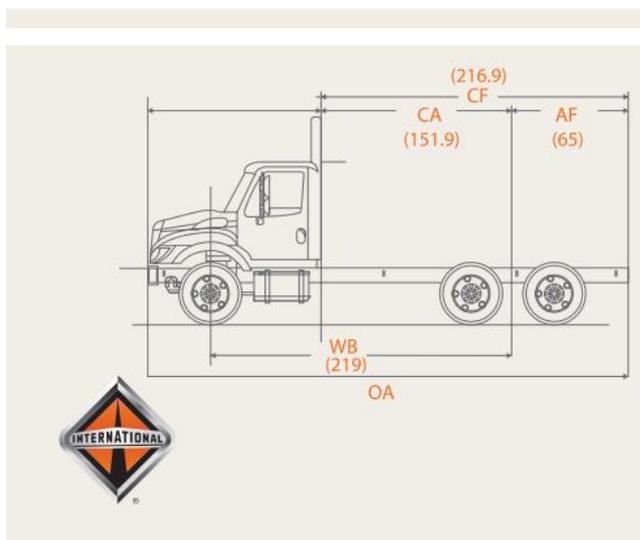
- Se recomienda siempre realizar capacitaciones sobre la correcta evaluación para la colocación de los puntajes de las herramientas de la matriz RCM en todos los sistemas de un tractocamión, sobre todo para el personal involucrado en los grupos de trabajo de la metodología RCM.
- Se recomienda validar algunas de las conclusiones de un trabajo de RCM con el fabricante o concesionario en Perú cuando exista la duda de implementación.
- Se recomienda, implementar las tareas en el plan de mantenimiento, y luego expandir la metodología para los demás sistemas menos críticos. Incluso llegada esta etapa se debe considerar cambiar radicalmente los formatos usados para la tarea de mantenimiento y el sistema de control.
- Se recomienda expandir la Metodología RCM a los demás tractocamiones con los que cuenta la empresa.
- Se recomienda capacitar al Área de Mantenimiento para que realice las nuevas tareas preventivas propuestas como resultados de la matriz RCM.

6.5. ANEXOS:

EL MÁS PODEROSO PARA SUPERAR EL TRABAJO SEVERO



MOTOR	Cummins ISM 320V EPA 04, 310 hp @ 2100 rpm 1,150 lb-ft torque Cummins ISM 350V EPA 04, 330 hp @ 2100 rpm 1,450 lb-ft torque	SISTEMA DE FRENO Y COMPRESOR DE AIRE	ABS Bendix con control de tracción. Dimensiones delanteros: 16.5" x 6.0" Cámara de 24 in ² Dimensiones traseros: 16.5" x 7.0" Aire, dual para camión. Compresor: Cummins. Capacidad: 18.7 CFM Secador de aire: Bendix AD-9
TRANSMISIÓN	Fuller RTO-11908LL 10 velocidades c/sobremarcha Fuller RTO-14908LL 10 velocidades c/sobremarcha Fuller RTO-14909LL 11 velocidades c/sobremarcha	SISTEMA ELÉCTRICO MULTIPLEX	Baterías: 12V, 2,250 CCA Alternador: Delco-Remy 36SI 12V 165 A Marcha: Delco-Remy 39MT 12V Preparación para radio (alambrado, bocinas y antena) Cortacircuitos tipo SAE III, en lugar de fusibles
EMBRAGUE	Eaton Fuller Easy-Pedal Disco doble cerámico 15.5" Ajuste: Manual Capacidad: 1,700 lb-ft	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Tanque: de aluminio en forma de "D" 23" Capacidad total: 303 L (80 gal) Filtro separador de agua-combustible Davco Fuel Pro 382
EJE DELANTERO	Arvin Meritor MFS 20-133A (Wide Track) Capacidad: 20,000 lb Opcional: Dana Spicer o Arvin Meritor de 12,000, 14,000, 16,000 y 18,000 lb	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Aluminio flujo cruzado Radiador: 1,469 in ² Post enfriador: 1,172 in ² Refrigerante Texaco de larga vida Ventilador Horton Drivemaster
EJE TRASERO	Arvin Meritor RT46-164P incluye bomba de lubricación interna y bloqueo diferencial Capacidad: 46,000 lb Relaciones: 5.38:1 Lubricante de aceite sintético 75W90 Opcional: Dana Spicer / Arvin Meritor de 40,000 lb Arvin Meritor RT52-185 de 52,000 lb	CABINA	Modular nueva generación Acero galvanizado por ambos lados Tratamiento anticorrosivo por inmersión E-coat Pintura: 2 capas con terminado a base de uretano Suspensión de cabina: Neumática Amortiguador hidráulico
SUSPENSIÓN DELANTERA	Taper Leaf multietapas de 20K de capacidad	INTERIOR DE CABINA	De lujo color gris Asiento operador neumático con respaldo alto en tela Asientos pasajeros fijos con respaldo alto en tela Aire acondicionado de alta eficiencia, con autoprotección y diagnóstico
SUSPENSIÓN TRASERA	Hendrickson HN462-54" (estándar) Opcional: Hendrickson RT46 46,000 lb Muelles multihojas Hendrickson RT52 52,000 lb Muelles multihojas Hendrickson Primaax EX 46,000 lb	EXTERIOR DE CABINA	Espejos abatibles: rectangulares 7.44" x 14.84" Espejos convexos: en ambos lados 7.44 in ² Espejo convexo de seguridad en puerta derecha Cofre: fibra de vidrio de 3 piezas Parrilla: cromada estándar Defensa: uso rudo, gris
DIRECCIÓN	Sheppard Dual M-100 / M-80 Columna de dirección de posiciones Volante: 2 brazos, 18" de diámetro Control de crucero en volante	EQUIPO DE SEGURIDAD	Triángulos reflejantes Gato, herramienta y extintor Alarma de reversa audible
BASTIDOR	Acero con tratamiento térmico Dimensiones principal: 10.125" x 3.580" x 0.312" Dimensiones refuerzo: 10.813" x 3.892" x 0.312" Res. a la cedencia: 120,000 psi. Módulo de sección: 31.72 in ³ RBM: 3'806,400 plg-lb Defensa frontal: una sola pieza de acero	RINES	Cantidad: 10 discos de acero Dimensiones delanteras: (2) 22.5" x 12.25" Dimensiones traseras: (8) 24.5" x 8.25"
SISTEMA DE ESCAPE Y FRENO	Freno de motor Jacobs de 2 posiciones Escape con silenciador y tubería corta de acero aluminizado	LLANTAS	Delanteras: (2) 425/65R 22.5 / 20 capas Traseras: (8) 11R 24.5 / 16 capas



DIMENSIONES Y CAPACIDADES:

	in	mm
Distancia entre ejes (WB)	219.0	5,562.60
Cabina a eje trasero (CA)	151.9	3,858.26
Cabina a fin de chasis (CF)	216.9	5,509.26
Volado trasero (AF)	65.0	1,651.00
Largo total (OAL)	323.9	8,227.06
	lb	kg
Peso bruto vehicular (PBV)	66,000	29,937.10
Capacidad delantera	20,000	9,071.85
Capacidad trasera	46,000	20,865.25
Peso vehicular	17,373	7,880.26
Peso en eje delantero	9,592	4,350.86
Peso en eje trasero	7,781	3,529.40

NOTA: Los pesos vehiculares son aproximados y pueden variar de acuerdo a las especificaciones del vehículo. Nota: Navistar México, S. de R.L. de C.V. en su afán de mejora continua, se reserva el derecho de cambiar las especificaciones sin previo aviso, quedando exenta de toda responsabilidad. Las fotografías contenidas en este folleto son meramente ilustrativas.

2015.05

SERVICIO TIPO "B"



FRECUENCIA (Según modelo y Motor que aplica) .- Lo que llegue primero.

Camiones

WorkStar&TranStar (Cummins ISM), PayStar, Serie 9000&ProStar (Cummins ISX): Cada 1200 Hr,48000 Km o 6 Meses
 WorkStar&DuraStar (International DT466, DT530): Cada 1200 Hr, 40000 Km o 6 Meses.



A NAVISTAR COMPANY

Buses

Serie 3000 RE&FE (International DT466): Cada 1000 Hr, 20000 Km o 6 Meses
 3100 Midi Bus (MWM International) cada 1000 Hr, 20000 Km o 6 Meses

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre del Cliente:		VIN Nº:
Telefono	Fecha:	# Orden de reparación:
Millaje (km):	Horas:	Placa:
Jefe de Operaciones y/o encargado:		
E-mail:		

Reporte de Inspección RECALL AFC (✓ = Satisfactorio R = Requiere reparación)

INSPECCIÓN DE INTERIOR DE CABINA	✓	R	SERVICIO DE MANTENIMIENTO (LUBRICANTES Y FILTROS)		
1 Girar llave a posición ON.- Ver códigos de falla y apuntar.			34 Cambiar Aceite de Motor SAE15W40 API-C4		
2 Arranque de motor.- Ver funcionamiento de instrumentos de			35 Cambiar filtro de aceite de motor		
3 Aplicar y liberar frenos 10 segundos.			36 Cambiar filtro de combustible		
4 Revisar alarma de baja presión de aire.			37 Cambiar Elemento separador de agua (opcional-duales)		
5 Revisar Juego Libre del pedal de embrague.			38 Cambio de Aceite de Transmisión SAE80W90 API GL1		
6 Revisar operación de freno de embrague.			39 Cambio de Aceite de Diferenciales SAE85W140 API GL5		
7 Revisar controles de climatizador HVAC.			40 Cambio de Filtro de Diferencial (Si tiene)		
8 Revisar limpiaparabrisas y boquillas de agua.			41 Cambio de Filtro de aire Primario.		
9 Revisar claxon de aire y eléctrico.			42 Cambio de Filtro de refrigerante (Si tiene).		
10 Revisar lunas de puertas y controles de espejos.			43 Cambio de Filtro de Dirección.		
11 Revisar freno de estacionamiento.			44 Cambio de Aceite de Dirección.		
12 Verificar reseteo de relojes de tablero de instrumentos.					
13 Revisar cubrepolvos de palanca de cambios y caña de					

INSPECCIÓN AL REDEDOR DEL VEHÍCULO

14 Revisar apariencia de cabina y carrocería.- Condición y daños		
15 Revisar deflectores de aire, extensiones y soportes.		
16 Revisar soporte de placas.		
17 Inspección Alineamiento de luces frontales.		
18 Revisar mangueras de aire y corriente para el trailer.		
19 Revisar 5ta. Rueda.- Ubicación y mordazas.		
20 Revisar Neumáticos, aros, Anotar presión/profundidad actual.		
21 Revisar puertas.- Accesos y cerraduras.		
22 Revisar seguros de capot.		
23 Revisar escalones y pasamanos (si tiene).		
24 Revisar sunchos y tanques de combustible.		
25 Revisar silenciador y tubo de escape.		
26 Revisar espejos laterales y montaje.		
27 Revisar escarpines.		
28 Revisar abrazaderas de tanques de aire.		
29 Revisar sunchos de tanques de combustible.		

ENGRASE

45 Engrasar el chasis completo. NGLI EP 2		
46 Engrasar Pines de Dirección (De acuerdo al procedimiento).		
47 Engrasar 5ta. Rueda.- Vena, King Pin (De acuerdo al		

AJUSTES

48 Regulacion freno.		
49 Regulacion Embrague.		

INSPECCION BAJO EL VEHÍCULO

50 Revisar fugas de aceite de motor.		
51 Revisar fugas de aceite de transmisión.		
52 Revisar fugas de aceite de diferenciales.		
53 Revisión juego de crucetas de cardán y Yugos de		
54 Revisar ajuste de tuercas de perno U de muelles		
55 Revisar muelles y amortiguadores (si lleva).		
56 Revisar juego de terminales de dirección		
57 Revisar Tanques de aire y secador de aire- drenar y		
58 Revisar cámaras de frenos.		
59 Revisar manejo de bolsas de aire.		

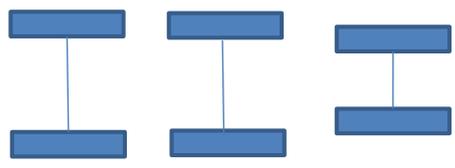
INSPECCIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO

30 Revisión de carga de alternador.		
31 Revisión de funcionamiento normal de arranque.		
32 Inspección de luces de vehículo.		
33 Revisión de estado de caja de fusibles		

INSPECCIÓN BAJO CAPOT O CON CABINA LEVANTADA

60 Revisar fajas y/o bandas.- Inspección de desgaste y		
61 Revisar sistema de escape, montaje, abrazaderas y		
62 Revisar indicar de restricción de filtro de aire.		
63 Rellenar nivel de fluido de limpiaparabrisas.		
64 Revisar pernos de montaje de cabina.		
65 Revisar caña de dirección, cruceta, montaje de caja, brazo		
67 Revisión de Radiador.- Verificar aletas.		
68 Revisión de Embrague de Ventilador.- Normal funcionamiento		
69 Limpieza de respiradero de Diferenciales.		
70 Revisión de nivel de aceite de rodamientos de ruedas		

PRESIÓN DE NEUMÁTICOS - % DE DESGASTE DE ZAPATAS



PROCEDIMIENTOS FINALES

71 QC5100.- Bajar información.		
72 Instalar etiqueta PM de próximo servicio en parabrisas.		
73 Resetar luz de advertencia de cambio de aceite.		
74 Revisar hoja de PM con asesor de servicio.		
75 Arrancar motor, apagar, revisar nivel y completar si es nec.		

COMENTARIOS

Reparaciones aprobadas: Si No Inspeccionado por: _____
 Firma: _____

Nombre del Cliente: _____
 Firma: _____



A NAVISTAR COMPANY

NAVISTAR

SERVICIO DE INSPECCION DIARIA

INFORMACION DEL CLIENTE		
Nombre del cliente		VIN Nº:
Unidad Nº:	Fecha:	Nº de orden de reparación:
kilometraje:	Horas:	Placa:

(✓ = Satisfactorio R = Requiere reparación)

COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

1 Revisar operación de arranque.			
2 Revisar instrumentos de medición.			
3 Revisar operación de motor.			
4 Revisar operación de embrague.			
5 Revisar operación de pedal de freno.			
6 Revisar operación de freno de estacionamiento.			
7 Revisar operación de A/C y calefacción.			
8 Revisar operación de limpiaparabrisas.			
9 Revisar operación de lunas y espejos.			
10 Revisar operación de claxon eléctrico y aire.			
11 Revisar todas las luces del vehículo.			
12 Revisar operación de dirección.			
13 Revisar estado de neumáticos y presión de aire.			
14 Revisar estado de suspensión.			
15 Drenar tanques de aire.			
16 Revisar fugas por retenes de ruedas.			
17 Revisar fugas en Transmisión.			
18 Revisar fugas en Diferenciales.			
19 Revisar operación de 5ta rueda.			
20 Revisar soportes y tapa barros.			
21 Revisar fugas de aceite de motor.			
22 Revisar fugas de refrigerante.			
23 Revisar ajuste de fajas de distribución.			
24 Revisar fugas del sistema de escape.			
25 Revisar sistema de aire de admisión.			
26 Drenar agua del separador de combustible.			

Comentarios:

Reparaciones aprobadas: Si No Inspeccionado por:

Firma del cliente

CAPITULO 7. BIBLIOGRAFÍA

Arzuaga, J.E. (2011). *Modelo de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la flota de equipos de oruga D11N de la empresa Miniera Drummond LTD*. (Especialización en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Cano, H. (2011). *Modelo Gerencial de Mantenimiento para la Flota de Tractocamiones de Tractocarga LTDA*. (Especialización en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Datos técnicos del tractocamión International WorkStar 7600 (s.f.). Recuperado de:

http://mexico.internationaltrucks.com/camiones/workstar#international_workstar

Dhillon, B.S. (2002). *Engineering Maintenance, A Modern Approach*. CRC PRESS, Washington, D.C.

Fernández Dávila Cadenillas, J. (2013). *Manual Autoinformativo Ingeniería de Procesos*. Fondo Editorial de la Universidad Continental, Lima.

Forecast of Operating Costs for Medium-Duty Trucks in CY-2015 (2014). Recuperado de:

<http://www.automotive-fleet.com/article/story/2014/11/forecast-of-operating-costs-for-medium-duty-trucks-in-calendar-year-2015.aspx>

Great Fleets Share Best Practices (2012). Recuperado de: <http://www.automotive-fleet.com/article/story/2012/04/great-fleets-share-best-practices.aspx>

Importancia del mantenimiento de camiones. (18 de marzo del 2012). *Diario La Primera*

Lafraia, J. R. (2001) *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro.

Moreno, G.A. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*. (Título de Ingeniero). Universidad de Oriente, Anzoátegui, Venezuela.

Moubray, J. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press, New York.

Pérez, C.M. (1997). *El Camino Hacia el RCM–Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. SOPORTE & CIA. LTDA.

Pinto, A. K. (1995) *Gerenciamento moderno de Manutenção*. Qualitymark Editora, Rio de Janeiro.

Vásquez, D.E. (2008). *Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM en motores Detroit 16v-149ti en Codelco División Andina* (Título de Ingeniero), Universidad Austral de Chile, Valdivia.