



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

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES
DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA
LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE**

Julio Rafael Castillo González

Asesorado por el Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES
DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA
LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO RAFAEL CASTILLO GONZÁLEZ

ASESORADO POR EL ING. HERNÁN LEONARDO CORTÉS URIOSTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA LA REDUCCION DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha octubre de 2010.



Julio Rafael Castillo González

Guatemala, 26 de marzo del 2012

Ingeniero
César Urquizú, Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Urquizú:


Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación titulado **“Implementación de un sistema de control de consumo de diesel en motores Detroit serie 60, con un mantenimiento predictivo y el sistema Pro-Link, para la reducción de costos en una empresa de servicios de transporte”** elaborado por el estudiante Julio Rafael Castillo González.

En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado por el estudiante García es un aporte al tema del mantenimiento de equipo.

Con base en lo anterior, ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que el presente trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran, extiendan el título respectivo al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de mi consideración.

Atentamente,



Ing. Hernán Leonardo Cortés Urioste
Colegiado No. 2069

Hernán Leonardo Cortés Urioste
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 2069



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario **Julio Rafael Castillo González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

APROBADO Y ENSEÑADO A TODOS

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, junio de 2012.

Byron Gerardo Chocooj
INGENIERIA INDUSTRIAL
COLEGIADO 4.000

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario **Julio Rafael Castillo González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. **Cesar Ernesto Urquizú Rodas**
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp



Ref. DTG.517.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE DIESEL EN MOTORES DETROIT SERIE 60, CON UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y EL SISTEMA PRO-LINK, PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE TRANSPORTE.**, presentado por el estudiante universitario **Julio Rafael Castillo González**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Reginos

Decano



Guatemala, 18 de octubre de 2012

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la oportunidad única de vivir y con el paso de la vida entregarme la fuerza para seguir adelante.
- Mis padres** Edgar Rafael Castillo Recinos y Ruth Antonieta González Padilla de Castillo, por ser un ejemplo a la perseverancia y fortaleza en los momentos más difíciles de la vida, la enseñanza y mi educación, se los agradezco, los amo con todo mi corazón.
- Mis hermanos** Felipe Salvador, Ruth Guadalupe y María de las Rosas Castillo González, por el apoyo y cariño que nos entregamos unos con otros, a seguir adelante y dar lo mejor de nosotros como buenos ciudadanos.
- Mis amigos** Que desde la niñez han venido a enseñarme y compartir las cosas en las buenas y en las malas, están allí, siempre el camino de la vida nos seguirá enseñando, gracias por estar allí.
- Ingenieros** Roberto Valle, por estar siempre en la lucha y transmitir esa energía de seguir hacia adelante. Hernán Cortés, por asesorar mi trabajo de graduación.
- Facultad de Ingeniería** Especialmente a la Escuela de Ingeniería de Mecánica Industrial, por ser la casa de estudio de mi carrera favorita.

Mi país

Por ser el elegido para nacer en la eterna primavera.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme la oportunidad y privilegio de tener todo para realizar mis metas y sueños de mi vida, sin tí no soy nada. Te amo.
- Mis padres** Edgar Rafael Castillo Recinos y Ruth Antonieta González Padilla de Castillo, por brindarme todo el amor, lucha y entrega de sabiduría, para salir y enfrentar la vida, cada día aprendo algo nuevo.
- Mis hermanos** Felipe Salvador, Ruth Guadalupe y María de las Rosas Castillo González por luchar siempre contra las adversidades que nos da la vida y mantenernos unidos.
- Mis abuelos** Guadalupe Recinos, Rafael Castillo y Marcelino González, que nos cuidan desde allá arriba y a mi abuela Vicenta Padilla, les dedico mi trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
RESUMEN.....	VII
OBJETIVOS.....	IX
INTRODUCCIÓN	XI
1. ANTECEDENTES GENERALES Y ESPECIFICOS	1
1.1. Antecedentes de la empresa de transporte	1
1.2. Administración de la empresa.....	3
1.3. Mantenimiento.....	5
1.3.1. Tipos de mantenimientos	6
1.4. Principales funciones de la empresa de transporte.....	9
1.4.1. Orden de carga	10
1.4.2. Porcentaje de despacho.....	10
1.4.3. Monitoreo de la unidades por GPS	11
1.5. Funciones de operador del transporte	13
1.5.1. Revisar y reportarse en cada frontera	13
1.5.2. Obtener sellos de entrega de mercadería	13
2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL.....	15
2.1. Descripción de la flota de vehículos.....	15
2.2. Rutas largas.....	15
2.3. Rutas cortas.....	15
2.4. Rutas cubiertas por la empresa	15
2.5. Responsables de mantenimiento	16

2.6.	Mantenimiento de la empresa.....	19
3.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	21
3.1.	Análisis de costo de la situación actual	21
3.1.1.	Costo actual de mantenimiento.....	22
3.1.2.	Costo actual de lubricación	23
3.1.3.	Costo actual de combustible	23
3.1.4.	Costo actual de sensores.....	24
3.2.	Identificación de las necesidades de mantenimiento.....	24
3.3.	Insumos utilizados	24
4.	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	29
4.1.	Aplicación del programa de mantenimiento.....	29
4.1.1.	Programa de mantenimiento	29
4.1.2.	Diagnóstico	30
4.1.3.	Calibración	37
4.2.	Comparación de resultados con los actuales	43
4.2.1.	Inyección electrónica.....	44
4.2.2.	Revoluciones por minuto.....	45
4.2.3.	Eliminación de fallas de la computadora interna	46
4.3.	Seguimiento y recopilación de información	47
4.3.1.	Capacitación a técnicos	49
4.3.2.	Capacitación a ayudantes	49
4.4.	Análisis de resultados.....	50
4.4.1.	Consumo de diesel.....	51

5.	MEJORA CONTINUA.....	53
5.1.	Evaluación de los resultados de la implementación y control consumo de combustible con el sistema Pro-Link	53
5.2.	Aplicar las técnicas de mejora continua.....	67
5.2.1.	Evaluar la situación actual de mantenimiento.....	67
5.2.2.	Planear un control de consumo de diesel.....	68
5.2.3.	Mejorar los costos con base en el diagnóstico	68
6.	IMPACTO AMBIENTAL.....	71
6.1.	Análisis de gases contaminantes en un motor diesel.....	71
6.1.1.	Tipos de gases contaminantes	72
6.2.	Impacto de los gases contaminantes en el ambiente.....	73
6.3.	Disminución de emisión de gases contaminantes.....	78
6.3.1.	Control de emisión.....	79
6.4.	Filtro de control de gases contaminantes.....	79
6.4.1.	Funcionamiento de los filtros de emisión de gases	81
6.4.2.	Tipos de filtros y gases nobles que emiten.....	83
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Legislación de transporte.....	1
2.	Organigrama de la empresa de transporte pesado	4
3.	Funcionamiento de Sistema de Posicionamiento Global.....	11
4.	Índice de viscosidad	25
5.	Nombre de la compañía de software	31
6.	Recopilación de datos	43
7.	Recopilación de datos, piloto 1	47
8.	Mantenimiento real	56
9.	Control de inversión.....	57
10.	Diagnóstico y mantenimiento adecuado	58
11.	Control de inversión.....	59
12.	Mantenimiento real	63
13.	Control de inversión.....	64
14.	Diagnóstico y mantenimiento adecuado	65
15.	Control de inversión.....	66
16.	Contaminación de gases que emite la industria	77
17.	Filtro de partículas diesel.....	84
18.	Componentes de un catalizador	85
19.	Filtro de flujo interior	87
20.	Filtro de flujo interior	88

TABLAS

I.	Consumo de diesel.....	10
II.	Costo de mantenimiento.....	22
III.	Recopilación de datos	30
IV.	Consumo de diesel real.....	44
V.	Costo real	53
VI.	Control real después del diagnóstico	55
VII.	Costo real	60
VIII.	Control real después del diagnóstico	62

RESUMEN

Considerando el crecimiento y desarrollo que ha tenido el país, las empresas de transporte han tenido que optimizar el servicio de sus unidades y modernizar el mantenimiento que se les brinda. Debido a que existe competencia en este sector, tienen que mejorar en muchos aspectos. La Empresa de Transportes Castillo, ha venido laborando con equipos, que por la misma necesidad ha cambiado, encontrándose con diferentes dificultades tanto por el lado de consumo de diesel, como en el desconocimiento de sensores que han venido a ser más complejos.

Al conocer las actividades que desempeña la empresa, se realizó una descripción de la operación que tiene cada unidad de transporte, también, cómo se llevaba a cabo el mantenimiento en forma empírica. Por lo que hubo necesidad de hacer un diagnóstico en el Departamento de Mantenimiento, para evaluar y establecer qué tipo de capacitación requiere cada persona que trabaja en este departamento, dándole seguimiento a la información obtenida.

Por consiguiente, también debe ser capacitado cada encargado de área. En el organigrama se describió la información actual que se tenía, ésta permitió conocer en dónde iban a emplear la mejora continua. Se explicó en detalle cómo se obtenía la información importante a través del sistema Pro-Link.

Al tener presente el sistema, el cual brinda información a través de la computadora, ésta permite observar: cómo ésta el consumo de diesel en cada unidad, el funcionamiento de cada sensor, dónde presenta fallas en el sistema de enfriamiento, lubricación, admisión, escape, entre otros y la calibración electrónica de cada inyector.

Se hizo una comparación de análisis de costos, de acuerdo al servicio que se presta, con el mantenimiento preventivo, obteniendo mejores resultados, donde al evaluar una ruta respectiva de una unidad presenta, una variación y el consumo de diesel bajó después de realizarle mantenimiento según la necesidad de la unidad, realizando siempre la evaluación con el sistema Pro-link, que al implementarlo se tiene un análisis general de la computadora y de los sensores que trabajan en cada unidad, con el objetivo de optimizar el consumo de diesel y disminuir el costo directo.

En el proceso de mejora continua que se implementará, es importante utilizar el mantenimiento productivo total, haciendo que se involucre todo el personal en pequeñas tareas en grupo, mejorando la calidad en los equipos a través de un mantenimiento preventivo y proactivo. Siempre teniendo presente la disminución de costos a la empresa de transporte.

OBJETIVOS

General

Implementación de un sistema de control de consumo de diesel en motores Detroit series 60, con un mantenimiento predictivo y el sistema Pro-Link, para la reducción de costos en una empresa de servicios transporte terrestre

Específicos

1. Proponer un sistema de mantenimiento predictivo para aumentar la vida útil del vehículo.
2. Implementar el sistema de mantenimiento de Pro-link en los motores Detroit serie 60.
3. Conocer las calibraciones esenciales a través del sistema Pro-Link para mejorar la eficiencia del motor.
4. Comparar el monitoreo de un control de este tipo versus operación.
5. Mejorar como empresa de servicio de transporte, optimizando los costos.
6. Planificar mantenimiento para que estos motores trabajen óptimos.

7. Dar a conocer los gases contaminantes de un motor Diesel y su control al optimizar la combustión.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las industrias de Guatemala han crecido exponencialmente, a raíz de este crecimiento las empresas requieren trasladar de un lugar a otro, materiales de insumo y productos terminados, utilizando distintos tipos de transporte, optimizando al máximo los recursos disponibles y así ser competitivo ante un mundo globalizado.

La globalización y la tecnología informática permiten que los consumidores estén más informados, y al mismo tiempo se enfrenten a una mayor oferta de productos tanto nacionales como importados. Ante esta situación, las empresas en Guatemala han buscado ser más eficientes en distintas áreas (administrativa, materias primas, transporte, etc.).

El transporte es una parte esencial en la cadena de distribución, por lo tanto las empresas de transporte se han visto en la necesidad de reducir los costos de operación, para poder prestar el servicio, así como el cumplimiento de justo a tiempo y entrega de la mercadería en buenas condiciones y competir ante empresas que ofrecen servicio de transporte. Es importante mencionar que el mayor insumo en una empresa de transporte es el consumo de diesel.

En el mercado mundial, la variabilidad de los precios de combustible hacen que los costos de los repuestos y servicios varíen; sin embargo, aunque los precios de combustible sean sensibles a factores extremos y geopolíticos, las empresas de transporte deben mantener los precios con una aceptabilidad de un más menos en los combustibles, y con los cambios bruscos se tiene que

llegar a un acuerdo en los precios. Los precios de combustible pueden ser controlados a través de la combustión óptima y de un adecuado mantenimiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.1. Antecedentes de la empresa de transporte

A principios de la década de los 80, la empresa inició actividades de transporte en la industria del azúcar, con el traslado de costales de azúcar hacia bodegas o puntos de distribución.

La industria de Guatemala creció y se abrieron oportunidades a nivel nacional e internacional, por lo cual se organizó la Asociación de Transportistas Internacionales (ATI) y la Cámara de Transportistas Centroamericanos (CATRANSCA), en las que se establecieron los requisitos, leyes y reglamentos de transportistas de carga pesada.

La empresa funcionó bajo los preceptos de la Ley de Transportes, que fue creada por un grupo de empresarios el 3 de julio de 1946, durante el gobierno de Juan José Arévalo, cuyos aspectos más importantes se transcriben en la figura 1.

Figura 1. **Legislación de transporte**

“Todos los servicios públicos de transporte de carga o pasajeros, establecidos o que se establezcan para funcionar en el territorio de la República, deben llenar las condiciones de seguridad, eficiencia y beneficio público que señala esta ley; para sus efectos se comprende también dentro del territorio de la República en espacio aéreo y el mar territorial.”

Continuación de la figura 1

“Para el funcionamiento de los servicios de transportes expresados en el artículo anterior, se requiere breve autorización y registro por parte del Ministerio de Economía y Trabajo, a excepción de los servicios urbanos y de tracción animal que quedan sujetos a las disposiciones que más adelante se especifican”.

“Para el cumplimiento de lo preceptuado en el artículo 2 de la presente ley, se seguirá un expediente en el Ministerio de Economía y Trabajo o en la municipalidad respectiva, según el caso, sobre los puntos siguientes:

- a. “Sobre la conveniencia del servicio y la aplicación correcta de los principios económicos en materia de transporte a fin de evitar competencias ruinosas, duplicación o multiplicación innecesarias de inversiones, eliminación injusta de los pequeños empresarios y cualquier otra circunstancia perjudicial para la economía nacional”.
- b. “Sobre la imposibilidad de que pueda resultar una absorción o monopolización de hecho de una o varias líneas de transporte por parte de los interesados”.
- c. “Sobre las condiciones de eficiencia y seguridad que puede ofrecer el servicio, principalmente con respecto a la carga y las vidas de pasajeros y tripulantes” y
- d. “Sobre la calidad de los vehículos y demás implementos del servicio u otros datos que se consideren necesarios.”

“Los transportes se clasifican en los siguientes grupos:

- Transportes urbanos.
- Transportes extraurbanos
- Transportes internacionales”

Fuente: Legislación del transporte terrestre en la República de Guatemala. Art. 1 y 2.

Con base en lo anterior, la empresa se inscribió y obtuvo su patente de comercio como una empresa de transporte pesado, la cual debió apropiarse de los conocimientos adecuados acerca de los pesos admisibles en carreteras

locales e internacionales, de acuerdo con lo regulado en el reglamento para el control de pesos, dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones, del Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas, promulgado a finales de 1992.

La empresa de transportes fue creciendo en el transcurso de los años. Sus unidades de servicio comprendían motores mecánicos de procedencia: Cummins, Caterpillar, Detroit, entre otros. En la década del 1980, el motor más eficiente era el Cummins Big Cam 2 y 3. Menos complejos comparados con los actuales, estaban diseñados para el trabajo pesado y era más fácil su reparación. Estos motores, por su poder, se usaron en otras aplicaciones en la industria, como en la generación de energía.

En los años 90, la tecnología fue cambiando en la industria automotriz. En los motores se colocaron sensores que administran información (emisores) y sensores que mandan información (receptores) a una computadora central, la cual, con base en esa información realiza calibraciones a otros sensores que reciben información (receptores). De esta manera, los motores fueron cambiando de mecánicos a computarizados. En el mercado guatemalteco el motor más utilizado fue el Detroit 11.1, el cual sigue empleándose, por su economía, pero actualmente se usa el motor Detroit 12.7 porque es más eficiente. Este motor es objeto de estudio en el presente trabajo de graduación.

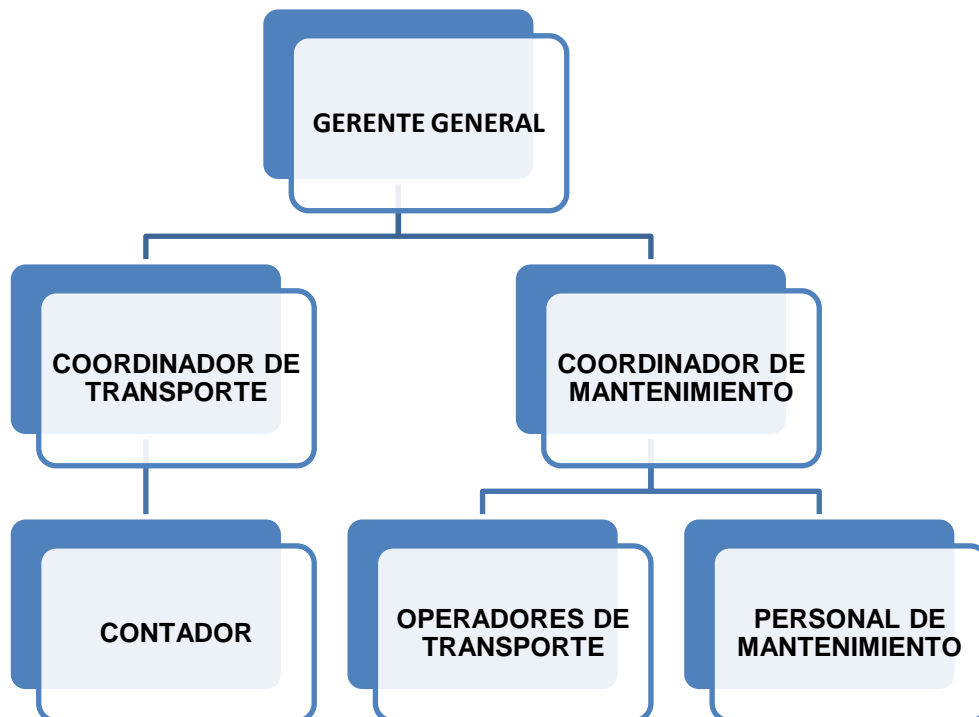
1.2. Administración de la empresa

La administración de la empresa está constituida por un propietario y gerente general, encargados de velar por el ofrecimiento de un servicio; un coordinador de transporte, que verifica la administración de las rutas; y mantenimiento, verificar los insumos y mejorar los recursos de la empresa al

realizar un mantenimiento; así como operadores de transporte, encargado de llevar la información adecuada y personal de mantenimiento realizando los cambios y mantenimiento de manera adecuada.

Siendo así una de las mejores empresas que entrega y da un buen servicio, optimizando tiempos y los recursos propios, para que a la empresa que se le da el servicio cumpla con sus requerimientos y nosotros cumpliendo con el mejor servicio de transporte a nivel centroamericano.

Figura 2. **Organigrama de la empresa de transporte pesado**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Mantenimiento

El mantenimiento es un conjunto de acciones, continuas y permanentes, dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de la maquinaria. A continuación se definen las:

- Acciones: son efectos de hacer algo. Las acciones más importantes de mantenimiento son: planificación, programación, ejecución, supervisión y control.
- Continuas: que duran o se hacen sin interrupciones.
- Permanentes: de duración larga y constante, perseverantes.

Para poder garantizar la disponibilidad operacional de la maquinaria, el mantenimiento debe ser ejecutado de manera continua y permanente a través de planes que contengan fines, metas y objetivos precisos y claramente definidos.

Con una buena planificación y desarrollando programas oportunos de inspecciones rutinarias, el ingeniero de mantenimiento está en capacidad de detectar los síntomas que indican, muchas veces con bastante anticipación, que los equipos están próximos a fallar y que, en consecuencia, debe proceder a corregir las desviaciones antes que se conviertan en problemas de mayor trascendencia.

- La filosofía del mantenimiento: consiste en disponer de un grupo mínimo de recursos humanos de mantenimiento capaz de garantizar la

optimización de la producción, la disponibilidad de los equipos y la seguridad tanto de la maquinaria como del recurso humano.

La eficiencia del mantenimiento se puede definir según los siguientes criterios:

- Punto de vista de operaciones: mantenimiento eficiente evita averías.
- Punto de vista en costos: mantenimiento se mide en función de la capacidad del área de mantenimiento sin sobrepasar el presupuesto de repuestos y mano de obra.

En el caso de las flotas de vehículos comerciales pesados, el mantenimiento depende de las distancias recorridas, la cantidad de combustible y los pesos.

1.3.1. Tipos de mantenimiento

- Mantenimiento preventivo

Trabajos que se ejecutan en los motores antes de que se presente una crisis en su funcionamiento. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, detectar fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Además de disminuir la necesidad de acciones y sus consecuencias negativas, contribuye también, al aumento de la vida útil del vehículo. Por medio del mantenimiento preventivo se determinan las causas de las fallas repetitivas o del tiempo seguro de operación de un equipo, se detectan puntos débiles de las instalaciones y del equipo, etc.

Ventajas:

- Confiabilidad: los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y las condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto: tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, de sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de sus actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

El mantenimiento preventivo genera un aumento de la vida útil de un motor, y disminuye la fluctuación de fallas en relación con el tiempo de trabajo. Es fundamental para la confiabilidad de un motor en operación.

Los trabajos de revisión se realizan con periodicidad variable y son parte del sistema de mantenimiento preventivo y se les llama inspección periódica.

El programa completo de mantenimiento preventivo consiste en tres actividades principales:

- ✓ Inspección diaria del vehículo
- ✓ Cuidado físico
- ✓ Programa de inspecciones de mantenimiento

- Mantenimiento correctivo

Como su nombre lo indica, sirve para corregir. Este mantenimiento se realiza cuando a algún vehículo se le tiene que cambiar algunos de sus componentes. Debe realizarse en el menor tiempo posible, con los menores costos y la mejor calidad.

En las empresas de bajo presupuesto, la mayoría de mantenimientos en Guatemala, de manera empírica logran que un motor diesel funcione y que otros dejen de funcionar, lo cual no es recomendable. El mantenimiento se realiza para alargar el tiempo de vida útil de un motor. Al mismo tiempo la eficiencia del motor mejora y sus gases contaminantes se minimizan.

- Mantenimiento predictivo

Es el que informa permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Entre dichas variables se encuentran la temperatura, la vibración y el consumo de energía.

La variación de estos elementos indica, básicamente en dónde está el problema en el equipo.

Esta división de tipos de mantenimiento presenta el inconveniente de que cada equipo necesita una mezcla de cada uno de estos, de manera que no se puede pensar en aplicar uno solo de ellos a un equipo en particular.

Así, en un motor determinado, se controlará su lubricación (mantenimiento preventivo periódico), si lo requiere; se medirán sus vibraciones

o sus temperaturas (mantenimiento predictivo y se reparan las averías que vayan surgiendo (mantenimiento correctivo). La mezcla más idónea de todos estos tipos de mantenimiento la dictarán razones ligadas al costo de las pérdidas de producción en una parada de ese equipo, al costo de reparación, al impacto ambiental, a la seguridad y a la calidad del producto o servicio.

- ¿Cuál es el mantenimiento que se debe aplicar a cada uno de los equipos que componen una plana concreta?

Para dar respuesta a esta pregunta, es conveniente definir el concepto de modelo de mantenimiento. Un modelo de mantenimiento es aquel que en unas proporciones determinadas responda adecuadamente a las necesidades de un equipo. Cada equipo requiere una mezcla de los diferentes tipos de mantenimiento, una combinación determinada de tareas, de manera que los modelos de mantenimiento posibles serán tantos como equipos puedan existir.

1.4. Principales funciones de la empresa de transporte

En la actualidad, la empresa trabaja por medio de solicitudes, las cuales se hacen a través de correo electrónico o, si es urgente, se hacen por medio del teléfono.

Como punto primordial, la empresa envía cada inicio de semana dos camiones a las bodegas, en donde le asignan su carga. Los trámites en la SAT, dependiendo del destino y la carga, duran de 5 a 8 horas en las aduanas.

1.4.1. Orden de carga

Es un documento importante, porque en éste se determina el destino de cada unidad. Se presenta en las oficinas de la bodega de carga, con el fin de que se lleve control de las unidades que cargan a diario en la empresa. También es como una identificación de que se trata de una unidad asignada por la empresa.

1.4.2. Porcentaje de despacho

El porcentaje de despacho depende de los gastos de la unidad, desde que sale a cargar hasta que llega a su destino. La unidad cuenta con el diesel necesario, alimentación del operador y eventualidades (marchamos, seguros, etc.).

Tabla I. **Consumo de diesel**

Consumo de diesel		
Galones a consumir	Valor del galón en Q.	Total en Q.
180	30,00	5 400,00
Viáticos		
1 000,00	Total despacho	6 400,00

Fuente: elaboración propia.

Tal como se puede observar en la tabla I, los despachos están relacionados con el consumo de diesel, que es el principal costo directo.

1.4.3. Monitoreo de las unidades por GPS

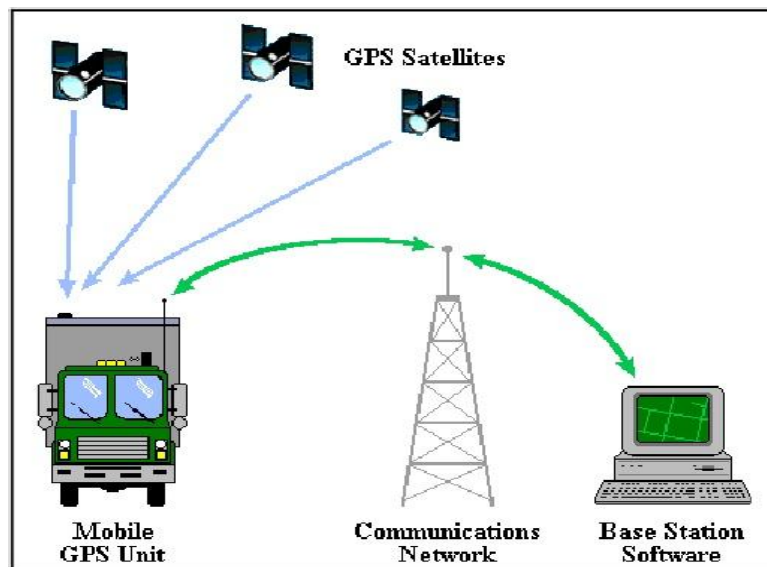
Se realiza a través del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El posicionamiento terrestre que está compuesto por tres sistemas: satélites, sistema de control y usuarios.

- Características

Su objetivo es satisfacer los requerimientos de las fuerzas militares en la determinación exacta de posición, velocidad y tiempo, en un sistema de referencia común, en o cerca de la tierra, en cualquier condición climática.

Proporciona la latitud y longitud del punto en que se encuentre cualquier unidad sobre la superficie terrestre. La mayoría de los receptores proporcionan los valores de estas coordenadas en unidades de grados y minutos.

Figura 3. **Funcionamiento de Sistema de Posicionamiento Global**



Fuente: elaboración propia.

- Ventajas

- El GPS es un sistema que entrega información acerca de la posición en la tierra mediante altitud y longitud en forma fácil y rápida, con una precisión casi exacta y cobertura mundial las 24 horas del día, incluso en condiciones meteorológicas muy adversas.
- Entrega información de posicionamientos 100% fiable.
- Estos dispositivos GPS son de fácil instalación sobre el parabrisas o tablero de instrumentos, con un soporte que facilita la correcta visualización.
- Facilidad de su uso, ya que permite introducir destinos y rutas de forma mucho más cómoda y precisa que con los sistemas.
- Tradicionales (mapas de carreteras).
- La flexibilidad que tiene el GPS de poder adecuarse a toda instalación.
- Actualización constante de la información cartográfica.
- Efectividad en el cálculo de la ruta y legibilidad de la información.

Los GPS incorporan funciones de navegación realmente sofisticadas que harán cambiar todo concepto de la orientación conocida. Por ejemplo, se puede elaborar rutas sobre mapas, registrando en el dispositivo los puntos por los que se quiere o se debe pasar. Sobre el terreno, activando esa ruta, una

pantalla gráfica indicará si se está sobre el rumbo correcto o se está desviando en alguna dirección.

- Desventajas
 - Este espectacular sistema de posicionamiento, como todas las cosas, también posee errores, unos propios del sistema y otros intencionales. No guarda rutas diarias.

1.5. Funciones de operador del transporte

Entre las principales funciones están: velar por el producto que lleva, que se cargue cada unidad y que el producto llegue a su destino sin alguna transformación.

1.5.1. Revisar y reportarse en cada frontera

El operador tiene como atribución de su trabajo, presentarse con un corresponsal en cada aduana, quien reporta por correo electrónico la llegada de la bitácora con la cual se trabaja el tránsito en cada país hasta llegar a su destino.

1.5.2. Obtener sellos de entrega de mercadería

Es muy importante que un operador lleve la bitácora con los respectivos sellos y tránsitos de cada país que atraviesa, ya que es de gran utilidad para que el producto llegue a su cliente de manera eficiente y segura.

2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción de la flota de vehículos

La flota de vehículos consta de modelos 99-2004, marca Freightliner, con motores Detroit 12.7 computarizados. En la actualidad, el mantenimiento que se realiza es de manera empírica. En la mayoría de los casos, la vida del equipo se alarga al darle el mantenimiento adecuado a cada unidad. Se cree que al diagnosticar el estado del motor con el sistema, se puede obtener mayor información y así poder dar un mantenimiento de mayor rendimiento.

2.2. Rutas largas

Entre las rutas largas de las unidades se encuentra el lugar de carga, que en este caso es en Ciudad Hidalgo, a diferentes ciudades de Centroamérica (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá).

2.3. Rutas cortas

Entre las rutas cortas de las unidades se puede mencionar, de Guatemala a Escuintla.

2.4. Rutas cubiertas por la empresa

Las rutas asignadas son:

- Hidalgo – Tegucigalpa

- Hidalgo - San Pedro Sula
- Hidalgo – Managua
- Hidalgo – El Salvador – Costa Rica
- Hidalgo – Panamá

2.5. Responsables de mantenimiento

Según lo detallado en el organigrama, el coordinador de mantenimiento es el encargado de organizar los trabajos de mantenimiento de cada unidad. Del operador del vehículo y de los encargados de realizar el mantenimiento (mecánicos) se obtienen los datos reales.

- Coordinador de mantenimiento: entre sus atribuciones se encuentran las siguientes:
 - Mantener una comunicación frecuente con el operador de la unidad.
 - Organizar de acuerdo con un orden prioritario, qué unidad necesita mantenimiento.
 - Realizar mantenimiento, respetando el orden según la necesidad de la unidad.
 - Tomar la decisión de realizar un mantenimiento correctivo en ruta.
 - Reducir la frecuencia de mantenimiento correctivo en ruta.
 - Informar al Gerente General acerca de la situación de un problema no controlable.

- Llevar un control de diagnóstico electrónico de cada unidad.
- Dar capacitación óptima a sus operadores y mecánicos para generar una mejora continua.
- Medir la eficiencia del combustible de cada unidad.
- Apoyar a los encargados del mantenimiento para mejorar la calidad del mantenimiento.
- Definir qué lubricantes y repuestos son los mejores para cada unidad.
- Controlar la eficiencia de cada encargado de mantenimiento.
- Crear e impulsar un ambiente de trabajo adecuado.
- Optimizar el mejoramiento de cada unidad en el tiempo necesario.
- Generar un historial de consumo de diesel de cada unidad.
- Revisar de manera frecuente todos los factores correspondientes al mantenimiento.
- Operador de la unidad: entre sus atribuciones están las siguientes:
 - Identificar algún problema mecánico de la unidad.
 - Manejo de su unidad.

- Informar por medio de un formato de control de la unidad.
- Velar por la conservación de la mercadería.
- Informar sobre los trámites realizados en las aduanas de los países en los que va en tránsito.
- Mantener una presentación adecuada de cada unidad.
- Velar por el funcionamiento del motor, en lo que respecta a su temperatura, presión de aceite y presión de aire en el sistema.
- Entregar la documentación a los diferentes coordinadores.
- Realizar mantenimiento correctivo cuando la unidad lo necesite.
- Revisar las fugas de aire dentro del sistema de frenos.
- Enviar la señal de pánico por medio del GPS, cuando la ocasión lo amerite.
- Personal de mantenimiento: entre sus atribuciones se encuentran las siguientes:
 - Revisar detenidamente la unidad antes y después del mantenimiento.
 - Informar sobre el mantenimiento y calibración correspondiente a cada unidad.

- Solicitar y elaborar la lista de repuestos, lubricantes, etc.
- Mantener el equipo y herramienta en buen estado.
- Llenar la información de cada vehículo para tener una base de datos.
- Controlar el consumo de diesel por medio de la computadora de diagnóstico Pro-Link.
- Almacenar los datos que brinde cada unidad por medio del sistema Pro-Link.

2.6. Mantenimiento actual de la empresa

En la actualidad, la empresa tiene un mecánico, quien es el encargado del mantenimiento, pero no tiene atribuciones ordenadas.

El mecánico realiza de manera empírica el mantenimiento correctivo. De esta manera, no se obtienen mejoras en los costos de mano de obra y en la cantidad de repuestos.

Por decisión de la empresa, sólo hay un ayudante, quien no puede realizar varios trabajos. A veces, sin la debida capacitación, realiza trabajos de mantenimiento no adecuados a cada unidad.

La organización tiene que modificar su planteamiento de ejecutar el mantenimiento de manera empírica, ya que esto ocasiona más costos pues el diagnóstico lo realiza otra empresa externa. Para evitar esto, la empresa

debería invertir en su propio software con el fin de llevar a cabo el diagnóstico de cada unidad.

También es necesario capacitar a los colaboradores encargados del mantenimiento de cada unidad. Esto forma parte de un cambio del taller de mantenimiento.

En el siguiente capítulo se determinarán los cambios que se debieron tomar en cuenta para minimizar costos de mantenimiento y evitar gastos innecesarios.

3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1. Análisis de costos de la situación actual

Como se mencionó en el capítulo anterior, el mantenimiento que se desarrolla en la actualidad es empírico, pues únicamente se realiza uno de índole correctiva, el cual se aplica cuando la unidad de transporte falla por falta de un mantenimiento adecuado. Este tipo de mantenimiento se hace para salir del problema, puesto que la vida útil del equipo está por terminarse. En este caso los equipos siguen trabajando de la misma manera hasta que las partes esenciales sufran un desgaste por completo y dejen de trabajar con normalidad.

Al realizar un mantenimiento inadecuado, sin supervisión, los costos aumentan, a lo cual se agrega el personal sin los conocimientos básicos del funcionamiento de cada motor. Hay que mencionar que los costos del transporte en tránsito son más elevados por las circunstancias de traslados, viáticos, horas extras, lubricantes y combustible. Asimismo, es importante señalar que si el embarque utiliza dos unidades y una de éstas falla, ocasiona retraso en la entrega de la mercadería.

La realidad de los costos elevados se analizará por parte de la empresa y se evaluarán opciones para evitar seguir teniendo problemas de funcionamiento de cada unidad.

3.1.1. Costo actual de mantenimiento

El costo de mantenimiento es generado, la mayoría de veces, porque la unidad presenta una falla en un momento inesperado. No existe un control de las unidades de transporte que indique el comportamiento, no hay mantenimiento que prevenga los costos adicionales y no se tiene un diagnóstico adecuado.

Al costo del mantenimiento a la unidad de transporte hay que agregarle el tiempo que va a estar parada la unidad hasta que reinicie su trabajo.

A continuación se presenta la tabla II, en la cual se detallan los costos de mantenimiento.

Tabla II. **Costos de mantenimiento**

	Costos diarios Q.	Cantidad de días	Total en Q.
Mano de obra	300,00	3	900,00
Reparación	5 000,00		5 000,00
Viáticos	100,00	4	400,00
Total			6 300,00

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla II, el valor más alto corresponde a la reparación. El costo/tiempo es una variable que va relacionada con la mano de

obra y los viáticos, por el tiempo en que la unidad va a estar parada por mantenimiento, que es donde se alcanzan los picos elevados en los costos.

Con una programación y un mejor diagnóstico electrónico a cada unidad de trabajo y realizando los trabajos preventivos óptimos, se puede mejorar los costos de mantenimiento.

3.1.2. Costo actual de lubricación

El costo de lubricación es un costo permanente, el cual puede aumentar por la falta de mantenimiento. El consumo de aceites de motor es de aproximadamente 10-12 galones/motor. Cuando se analicen la diversidad de aceites que se utilizan en la actualidad, se debe establecer si son multigrado y decidir si conviene seguir usando el mismo tipo. Por ello es importante hacer una evaluación del rendimiento del aceite de lubricación y de los aditivos en el motor a extremas temperaturas.

3.1.3. Costo actual de combustible

El costo de combustible tiene relación directa con la distancia que la unidad de transporte recorre, medido en kilómetros por galón.

Este rubro depende de la calibración mecánica y electrónica por medio de una computadora receptora y emisora de señales, para que la combustión del diesel sea la más óptima posible. Cabe decir que la tecnología mejoró el consumo de combustible en un motor.

El costo del combustible, también depende de la economía de un país. Dependiendo del valor de la moneda, el precio del combustible es variable. Si

aumenta el combustible automáticamente se incrementan los costos y afecta la bolsa del transportista.

3.1.4. Costo actual de sensores

El costo de sensores tiene relación con el año en que fue fabricado el motor. Mientras más moderna sea la unidad, tiene sensores electrónicos, originales de la fábrica. El costo de un sensor depende también de la función que cumple dentro del funcionamiento de un motor.

3.2. Identificación de las necesidades de mantenimiento

Las bases para determinar la necesidad de un mantenimiento son:

- Paro de unidades de transporte en la transportación de la carga
- Costos por el mantenimiento o reparación de una unidad en movimiento
- El tiempo de vida del equipo de transporte es menor
- Fallas constantes del equipo de transporte
- Utilización de mecánicos en camino (road service)
- Paralización del equipo por reparación
- Atraso y mal servicio de los equipos
- Costos en consumo de lubricantes y diesel

3.3. Insumos utilizados

- Repuestos

Los repuestos utilizados son repuestos de buena calidad importados de la Freightliner. Cuando se utilizan repuestos usados de bajo costo en buen estado

o se le realizan reparaciones a los motores con repuestos no originales, se ocasionan muchos problemas y se incrementan los costos. Es conveniente usar repuestos originales de la Freightliner, por su rendimiento garantizado.

- Lubricantes

Los lubricantes son los que conservan la vida de un motor, de acuerdo con los requerimientos de la industria de los motores. Los lubricantes han cambiado con el paso del tiempo.

Figura 3. Índice de viscosidad



Fuente: Signum oil analysis. Exxonmobil corporation.p.20.

Al principio los aceites en Guatemala eran monogrados. Cuando se comenzaron a utilizar los aceites multigrados se tuvo desconfianza, pero conforme se usaron, los usuarios comenzaron a tener conocimiento de las especificaciones y certificaciones de calidad. En la actualidad los aceites utilizados para motores y engranes son multigrados.

- Aditivos

Los aditivos son utilizados para que actúen de mejor manera los líquidos utilizados en el motor diesel.

- Aceites. Existen diversos aditivos para el aceite:
 - ✓ Detergentes
 - ✓ De viscosidad
 - ✓ Antioxidantes
 - ✓ Anticorrosivos
 - ✓ De alta temperatura
 - ✓ De alargamiento de vida útil del aceite
- Combustible

El aditivo en el combustible actúa de diferentes maneras:

- ✓ Aditivos para el alargamiento de vida en funcionamiento
- ✓ Aditivo de limpieza de inyectores

- Herramientas

El área de mantenimiento de la empresa debe utilizar herramientas tecnológicas y modernas para el mantenimiento óptimo del motor. Esto permitirá diagnosticar con exactitud los elementos dañados en la unidad de transporte.

- Identificar al personal de la empresa responsable del mantenimiento
- Técnicos y ayudantes
 - Técnicos: personal que está encargado de asignar y supervisar cada mantenimiento que se realice a la unidad de transporte.
 - Los técnicos son los que trabajan con los ayudantes para solucionar los problemas mecánicos de cada unidad.
 - Ayudantes: se encargan de realizar el mantenimiento. Ellos son los responsables de hacer bien el trabajo a cada unidad de transporte y de velar por la conservación y buen uso de la herramienta disponible.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1. Aplicación del programa de mantenimiento

Es importante contar con un programa de mantenimiento bien definido. Dicho programa debe contener la información necesaria para realizar el diagnóstico y la calibración. La aplicación permitirá dar un mantenimiento óptimo a los motores.

4.1.1. Programa de mantenimiento

El mantenimiento que actualmente se realiza, no genera información fundamentada en fechas, odómetro y otros parámetros.

Para obtener la información adecuada de una unidad de transporte pesado, se tiene que conocer las distancias recorridas en kilómetros, aceites utilizados en el motor y transmisiones, grasas que se utilizan, refrigerantes y consumo de diesel.

Para sistematizar esta información se utiliza el que se muestra en la tabla III.

Tabla III. **Recopilación de datos**

 TRANSPORTES CASTILLO <small>1a. Avenida "A" 2-47, Zona 1 - Teléfono: 220-1481 -Guatemala, C. A.</small>			
Odómetro inicial	Fecha de último servicio	Cantidad de diesel utilizado	
Total de millas recorridas	Fecha del diagnóstico	Piloto	Revisión

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Diagnóstico

El diagnóstico se realiza por medio de un software específico, el cual permite obtener la información del viaje, el mal funcionamiento de los sensores, las horas de trabajo y el consumo de diesel.

A continuación se describen las funciones del software ver figura 4:

Figura 5. **Nombre de la compañía del software**



Fuente: Manual de Nexiq technologies. p.1.

La aplicación de este software en el motor Detroit depende de la serie del motor y del sistema electrónico que tenga. Se divide para motor Detroit series 60, 12,7 litros: DDEC III y DDEC IV.

Las aplicaciones del software y la tarjeta que posee permiten diagnosticar los programas electrónicos siguientes:

- DDEC III/IV (Engine)
- DDEC Marine Controls
- Series 638

Para realizar el diagnóstico de los motores con que cuenta la empresa en la actualidad, se utiliza la función de DDEC III/IV (Engine).

Se debe tener la certeza de que aparezca la aplicación que se desea diagnosticar. En el menú aparecerán las diferentes aplicaciones y se escogerá la correcta con las flechas:

```
DDC SUITE
X: X
-----
↓ ↑
Selections---
DDEC III/IV
xx.x
```

Presionar enter para seleccionar y entrar al sistema de la computadora del motor, mientras en la pantalla aparecerá esperar:

```
Loading
"DDEC III/IV
xx.x
Please Wait....
```

En la pantalla aparecerá el menú del motor cuando esté dentro de la computadora:

```
DDEC III/IV
---Selections---
ENGINE
MENU
```

Presionar enter en la pantalla y aparece el DDEC que se está valuando y su serie. ejemplo:

DDEC IV
Series 60
<ENTER>
Continue..

Al presionar enter aparecerán varias ventanas, de las cuales se selecciona la que se va a diagnosticar:

Engine Menu
---Selections---
Data List

Al entrar a la lista de datos importantes se presiona enter:

Active codes
Yes
Inactives codes
No
Engine RPM
0 rpm
Pulsewidth
0.00

Aquí se puede elegir una función presionando enter y salir de ella hasta el menú principal presionando FNC. Para seleccionar la función a la que se quiere ingresar se presionan las flechas. Al presionar enter aparece el sensor

que está funcionando mal. Esto se analiza cuando está puesto el *switch* de la unidad.

Para ver los códigos activos de los sensores que trabajan para el mejor funcionamiento del motor:

```
Diagnostic codes
---Selections---
Actives codes
```

Presionar enter para ver los códigos que están activos:

```
31 MID:128 ENGINE
Auxiliary output 4
Open circuit
A 1 SID: 52 FMI: 3
```

En este caso se verifica el sensor auxiliar del motor que tiene un mal contacto, o que por el tiempo de trabajo se quedó con circuito abierto.

También tiene la función de ver códigos inactivos que son los que la computadora guarda en su memoria cuando, por el tiempo de trabajo, estaban marcados o porque simplemente no se borró el código activo que se reparó. Por ejemplo:

```
Diagnostic codes
---Selections---
Inactives codes
```

En esta función presiona enter y se verán los códigos no activos.

Clear Codes (limpiar los códigos). Se borran cuando son códigos inactivos, ya que los códigos que persisten siempre van a aparecer en la pantalla como códigos activos cuando no se resuelve el problema del sensor:

Diagnostic codes

---Selections---

Clear codes

Codes last clear

AT 2.1 ENG HRS

Clear codes now

YES <NO>

Se selecciona con las flechas si se desea borrar el código.

Luego se ve el menú del motor, el cual tiene varias funciones que se desglosarán, así como el software que aparecerá en pantalla.

Información de la configuración del motor: se verá en la pantalla el menú del motor y sus diferentes aplicaciones:

Engine menu

---Selections---

VIEW CALIBRATIONS

Se selecciona ver calibraciones:

View calibrations
---Selections---
ENGINE CONFIG

Al Seleccionar la configuración del motor, aparecerá en pantalla la siguiente información:

ECM DATE 06/28/02
ECM TIME 16:02 GMT
ENG MODEL 6067MK60
6N4M 7230

En la tabla III se verá la fecha y el modelo del motor.

- Información de apagado del motor ideal

Se verá en pantalla la misma opción que se vio en el inciso uno, del menú del motor. Se presiona enter en ver calibración y en pantalla aparecerá apagado ideal:

View calibrations
---Selections---
IDLE SHUTDOWN

Al presionar enter en apagado ideal, se verá en pantalla si está habilitado el apagado ideal y el tiempo que tardará en apagarse (1 hora):

Enabled yes
TIME 60 MIN

- Información de la calibración del VSG

Presionar enter en ver calibraciones y seleccionar *VSG Calibrations*, y presionar nuevamente enter para ver las opciones:

VSG DROOP 0rpm
VSG MIN 600 rpm
VSG MAX 800 rpm
ALT VSG MIN N/A

4.1.3. Calibración

La calibración se determina por medio del funcionamiento de cada sensor que está trabajando para darle seguridad al motor: sensores de temperatura y de presión de aceite, sensores del desplazamiento, sensores de la emisión de gases, sensores del compresor de aire y de los inyectores.

En la calibración aparece la información que protege al motor, al presionar enter:

Engine menu
---Selections---
VIEW CALIBRATIONS

Aparecerá en pantalla *EngineProtect* (protección del motor):

```
View calibrations
---Selections---
ENGINE PROTECT
```

Se observará en pantalla los sensores más importantes en el funcionamiento del motor. Se presentan dos opciones:

- Apagar el motor cuando está en funcionamiento, y
- Que siga en funcionamiento el motor, seleccionando la opción de no funcionamiento. Presionar enter en la opción que se desea cambiar:

```
oil temp shtdown
coolanttmp
shtdown
intercool tmp n/a
oil prs shtdown
```

Desde la opción de menú del motor (*Engine menu*), escoger la opción de ver calibraciones (*View Calibrations*):

```
View calibrations
---Selections---
PROGRESS SHIFT
```

Se observa en pantalla la opción desplazamiento progresivo (*Progress Shift*) y se presiona enter para observar sus opciones:

ENABLED YES
LG 1 OFF SPD 19 Kph
LG 1 RPM LMT 1400 rpm
LG 1 Max LMT 1800 rpm

Se observa la opción de habilitado, y las revoluciones por minuto mínimo y máximo de desplazamiento.

Desde la opción de menú del motor (*Engine Menu*), escoger la opción de ver calibraciones (*View Calibrations*) y presionar enter en ECM (control del motor y monitoreo de gases):

View calibrations
---Selectons---
ECM INs/OUTs

Observar el sensor que trabaja en el control del motor y monitoreo:

ECM INs/OUTs
---Selections---
MID: 128 ECM

Presionar enter y observar en la pantalla si está trabajando el sensor y si sus controles están activados:

MID: 128 ECM I/O
ECM INPUT SWITCHES
J1 Set/Coast ON
F1 Aux Fan CNTL

Desde el Menú del motor (*Engine Menú*), seleccionar la opción de ver calibraciones (*View Calibrations*), y buscar la opción de compresor de aire (*Air Compressor*):

View calibrations
---Selections---
AIR COMPRESSOR

Al presionar enter en esta opción, se observará la información del compresor:

LOAD 20 psi
UNLOAD 25psi
MAX RAT 135psi
MIN RAT 60psi

- Inyector de combustible

Es importante contar con información acerca del inyector de combustible, pues es esencial para la economía del motor. Es imprescindible conocer el

estado de cada inyector, para identificar si hay mucha variación de la información que se evalúa en cada uno de los inyectores del motor.

Desde el menú del motor se coloca en la opción corte de inyección de cada cilindro:

Fuel injector info
---Selections---
CYLINDER CUTOOUT

Al seleccionar esta opción, aparece la pantalla si se desea realizar la evaluación de cada inyector en su respectivo cilindro:

Do you wish to run
a new test or
review test results?
<NEW TEST> REVIEW

En vista de que se va a realizar una nueva evaluación se selecciona nueva evaluación (*New Test*):

Select rpm
Select for cco
Test normal
<IDLE> OR 1000RPM

Aparecerán en pantalla dos opciones: automático o manual:

Select type of cil
Cutout test

<AUTO> MANUAL

Automatic test

When complete

<ENTER TO COMPLETE>

Presionar enter en continuar:

NO CUTOUPW = 2.8

2 CUTOUPW = 4.1

4 CUTOUPW = 3.9

END OF TEST

TO VIEW

Con las flechas se puede ver cada inyector y cada cilindro. Presionar 0 para terminar la evaluación. En la pantalla aparecerán datos cuyo margen de aceptación es de más 3 y menos 3:

INJECTOR 1 1.01 ms

INJECTOR 5 1.06 ms

INJECTOR 3 1.17 ms

INJECTOR 6 1.11 ms

Aquí se observa los milisegundos durante los cuales está trabajando cada inyector.

4.2. Comparación de resultados con los actuales

Para comparar los resultados se creó un formato de información, con la intención de sistematizar los datos referentes a cada viaje y a cada unidad.

Figura 6. Recopilación de datos

 TRANSPORTES CASTILLO 1a. Avenida "A" 2-47, Zona 1 - Teléfono: 220-1481 -Guatemala, C. A.			
Odómetro inicial	Fecha de último servicio	Cantidad de diesel utilizado	
Total de millas recorridas	Fecha del diagnóstico	Piloto	Revisión

Fuente: elaboración propia.

De una tabla de información como la IV, interesa conocer la distancia recorrida en relación con la cantidad de combustible utilizada. Así se obtiene el valor económico de la unidad, pues el resultado indicará si una unidad de transporte está trabajando dentro de los parámetros de los costos internacionales de cada unidad.

Tabla IV. **Consumo de diesel real**

	Consumo internacional de diesel	Kilómetros recorridos	Cantidad de diesel	Cantidad de falla del sensor	Consumo real
Galones/km	9-13				#¡VALOR!
kilómetros		1 600			
Galones			173		
Ocurrencia				2	
			Fuente: elaboración propia.		

Son importantes los datos de la unidad referidos a la ocurrencia de la falla de sensor y el consumo real. La pregunta obligada que se debe hacer es: ¿Está en el mínimo del rango internacional de consumo de diesel para motores Detroit?. Esto genera la duda de por qué la unidad está consumiendo tanto combustible.

Cuando se realiza el diagnóstico Pro-Link, se ingresa a la lista de datos. Ubicándose en los códigos activos, en donde se indicará la localización del problema y qué sensor está trabajando mal.

4.2.1. Inyección electrónica

La inyección electrónica diésel trabaja por medio de pulsaciones en milisegundos. La computadora registra los milisegundos que trabaja cada inyector de cada cilindro.

Cuando los inyectores tienen problemas electrónicos y la cantidad de milisegundos está fuera de rango, esta variación hace que un inyector inyecte más combustible al cilindro. Esto produce más consumo y, por consiguiente, genera más inversión en cada trayecto de la unidad.

La inyección electrónica diesel es un sistema de gestión del motor capaz de monitorear y controlar todas las variables y sistemas involucradas en la entrega del combustible a los cilindros bajo cualquier condición de operación, con la finalidad de que dicha entrega de combustible se dé en cantidad exacta, en el momento preciso y con el mínimo de emisión de gases contaminantes.

El sistema de gestión electrónica tiene sensores que miden en cada intervalo de tiempo las revoluciones por minuto (RPM), la temperatura del motor, la presión, la temperatura del aire en el múltiple de admisión, la posición del árbol de levas, la posición del acelerador, entre otras variables.

En el proceso del control de consumo de diesel, es necesario que cada motor Detroit esté bien calibrado tanto electrónica como mecánicamente para que se optimice la combustión, se mejoren los costos y se proteja el medio ambiente.

4.2.2. Revoluciones por minuto

Los vehículos automotores miden la aceleración en revoluciones por minuto. En los motores diesel, para obtener una buena combustión, la aceleración debe variar desde 1 400 hasta 1 800 rpm. Este rango es aceptable, porque se mejoran los costos y se reducen los gases contaminantes. De lo contrario, al exceder la cantidad de revoluciones por minuto, habrá más consumo de diesel, se esfuerza más el motor, el costo se eleva y los gases contaminantes son mayores.

Los estudios realizados en la empresa indican que el consumo de diesel es de 7 millas por galón. Si no se mantiene la combustión en el rango

correspondiente, afectará indudablemente las finanzas de la empresa de transporte.

4.2.3. Eliminación de fallas de la computadora interna

La eliminación de las fallas es sencilla, ya que se puede realizar desde el panel del vehículo y desde la computadora Pro-Link.

Se presentan dos opciones: los códigos activos y los códigos no activos.

Los códigos activos son aquéllos cuya presencia es repetitiva, o que dejan de dar información.

Los códigos no activos: son aquéllos eventuales. Cuando la falla se presenta aparece como código no activo.

La pantalla de la computadora tiene comunicación con la computadora interna del vehículo. En la pantalla aparece la falla y la opción de *Clear Codes*, para borrar:

Diagnostic codes

---Selections---

CLEAR CODES

Codes las cleared

AT 2.1 ENG HRS

CLEAR CODES NOW?

YES <NO>

Se presiona enter en las opciones para limpiar el código o para no borrarlo.

4.3. Seguimiento y recopilación de información

Como parte de la eficacia de la empresa, es imprescindible la capacitación del personal. Un personal capacitado en mantenimiento de motores garantizará la obtención de información valiosa acerca del comportamiento de cada unidad. Dicha información permitirá interpretar la situación de los gastos en que debe incurrir la empresa y de los servicios consecutivos.

Y para la recopilación de datos se crea una tabla la cual deberá ser llenada por operadores, ya que ellos son los que tienen contacto directo con la unidad.

Figura 7. **Recopilación de datos, piloto 1**

 TRANSPORTES CASTILLO <small>1a. Avenida "A" 2-47, Zona 1 - Teléfono: 220-1481 -Guatemala, C. A.</small>			
Odómetro inicial	Fecha de último servicio	Cantidad de diesel utilizado	
855 000	Ene 2012	180	
Total de millas recorridas	Fecha del diagnóstico	Piloto	Revisión
1500	Ene 2012	J M	

Fuente: elaboración propia.

En la figura VI, se va indicando los parámetros del estado de la unidad y la complementa el personal de mantenimiento que verifica la información, la cual debe ser revisada y archivada, para observar el comportamiento de cada unidad, evaluando las distancias recorridas en relación con el diesel consumido. Como parámetro de estos motores a nivel internacional el rango de consumo normal es de 5,5 – 8,5 millas por galón (8,8 – 13,5 kilómetros por galón), por lo regular la mayoría de motores trabaja a 7 millas por galón (11,2 kilómetros por galón).

Donde el personal de mantenimiento tiene que conocer los parámetros, para relacionar la información que se obtiene con esta tabla, transmitirla al coordinador, que se encarga de analizar y ver el comportamiento de cada unidad.

Aquí el coordinador se pone de acuerdo con el personal de mantenimiento para realizar un diagnóstico y mantenimiento.

Como parte de la eficiencia se realiza un diagnóstico que indica también el comportamiento en horas de trabajo, temperatura y presiones, la información se aplica para comparar los resultados según sus parámetros.

El formato se realizó con la finalidad de un seguimiento continuo, el cual por la tecnología en los motores, se tiene un historial de comportamiento tanto como en la parte de mantenimiento como en el consumo de diesel, que se evalúa cada tránsito.

4.3.1. Capacitación a técnicos

Es importante capacitar a los técnicos para que recopilen datos en el panel de información de cada vehículo. Esta información es valiosa para determinar el estado de funcionamiento del vehículo y el consumo de diesel.

El formato que utilizan los técnicos debe contener información sobre las medidas que se deben aplicar y acerca de cómo procesar la información para obtener conclusiones precisas si se debe dar o no mantenimiento al equipo.

Los técnicos también deben tener conocimiento sobre el tipo de aceite que utilizarán. Cada recipiente del aceite trae información acerca de las condiciones de trabajo de cada unidad y la SAE según su aplicación.

Es primordial considerar que la capacitación constante es un esfuerzo para mejorar el rendimiento actual o futuro del empleado, para favorecer el logro de los objetivos de la organización.

4.3.2. Capacitación a ayudantes

También es indispensable que se cuente con un plan de capacitación en unidades de medición para los ayudantes. Esta capacitación no sólo sirve para mejorar la capacidad de mantenimiento, sino que motiva a los ayudantes a mejorar continuamente, lo cual les abrirá el camino para mejorar de puesto.

Los ayudantes, al igual que los técnicos, deben manejar la información sobre el tema de unidades de medición, para coadyuvar a alcanzar mejores resultados mediante la realización de un óptimo mantenimiento.

Asimismo, es esencial una buena capacitación, porque durante los procesos de mantenimiento se utilizan líquidos químicos, los cuales pueden ser fatales si se utilizan en forma inadecuada al momento de aplicarlos en la maquinaria.

4.4. Análisis de resultados

De acuerdo con la información recopilada, se procede a analizar los datos. El resultado de este análisis deberá aplicarse y tomarse en cuenta dentro de los costos de mantenimiento. Donde se observa cuales son los elementos que necesitan más control.

Donde el mantenimiento se tiene que ser más eficiente y con los resultados se mantendrá sin mucha fluctuación y ser de manera casi sin variación pero estos se van perfeccionando poco a poco.

Como también va de la mano directa el costo con el consumo de diesel, donde la variación del precio del diesel a nivel mundial afecta económicamente a una empresa de transporte.

El diagnostico y el mantenimiento van a realizar cambios en el consumo de diesel, alargamiento de vida del motor, optimización de recursos del mismo para mantener estable el consumo.

4.4.1. Consumo de diesel

El consumo de diesel es un costo que debe asumir la empresa. Si no se controla el consumo de este combustible, habrá una tendencia a obtener menos ganancias en lo que respecta al valor del flete. De ahí la importancia de contar con la información de cuántas millas recorre un vehículo por cada galón consumido de diesel.

El rendimiento del diesel se valúa por los kilómetros recorridos que camine la unidad; en un determinado tiempo y espacio. A más kilómetros recorridos mas va ser el costo de diesel, pero siempre hay que tener presente que si el rendimiento del diesel mejora el servicio de transporte es más rentable.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Evaluación de los resultados de la implementación y control de consumo de combustible de un motor calibrado por Pro-Link

Para poder evaluar los datos recopilados en el primer ejemplo, se debe tener un historial del comportamiento de cada unidad, para ir mejorando el mantenimiento de cada unidad.

Ejemplo 1:

Tabla V. **Costo real**

Unidad	Modelo	Mantenimiento anterior	Millaje recorrido
Freightliner	2 000	Dependiendo	1 000
Odómetro en kilómetros		Fecha de último Servicio	Cantidad de diesel utilizado
1 600		01012011	180
Total de millas recorridas		Fecha del diagnóstico	Piloto Revisión
1 000		Ninguno	José Villa

Continuación de la tabla V.

	Consumo internacional de diesel	Kilómetros recorridos	Cantidad de diesel	Cantidad de falla de sensores	Consumo real
Galones/km	9-13				9,248
Kilómetros		1 600			
Galones			173		
Ocurrencia				2	
		Fuente: elaboración propia.			

Al empezar a obtener la información de cada unidad, es un poco difícil determinar el comportamiento. Por ello es necesario darle el seguimiento requerido, que dará información de cada unidad, lo que permitirá evaluar y graficar las diferencias de los cambios, al dar el mantenimiento con anticipación usando aceites multigrados.

Se sugiere el uso del aceite Castrol Viscoso, 20W50, que es considerado como el mejor aceite para motores debido a su alto nivel de viscosidad. Dicho aceite actúa químicamente con sus aditivos en condiciones extremas de trabajo.

Hay que tomar en consideración que las unidades de transporte traen determinadas especificaciones de fabricación. Tomar en cuenta la fuerza del motor, el torque de transmisión, la relación de diferenciales, el tamaño de las llantas. Respetando estas especificaciones se evitará, por ejemplo, poner diferentes medidas de llantas, porque eso hace que la unidad haga más esfuerzo y consuma más combustible. En otras palabras, las especificaciones

de fábrica se han determinado para hacer un trabajo de mantenimiento óptimo en cada unidad.

Después de realizar un diagnóstico con el sistema Pro- Link, se deben calibrar los inyectores, chequear las fallas que indica la computadora, y efectuar limpieza de mantenimiento a los inyectores.

Como consecuencia del mantenimiento, tal como se observa en la tabla VI, se mejora el rendimiento de kilómetros recorridos por galón, con un incremento mínimo, de 2 kilómetros por galón.

Tabla VI. **Control real después de un diagnóstico**

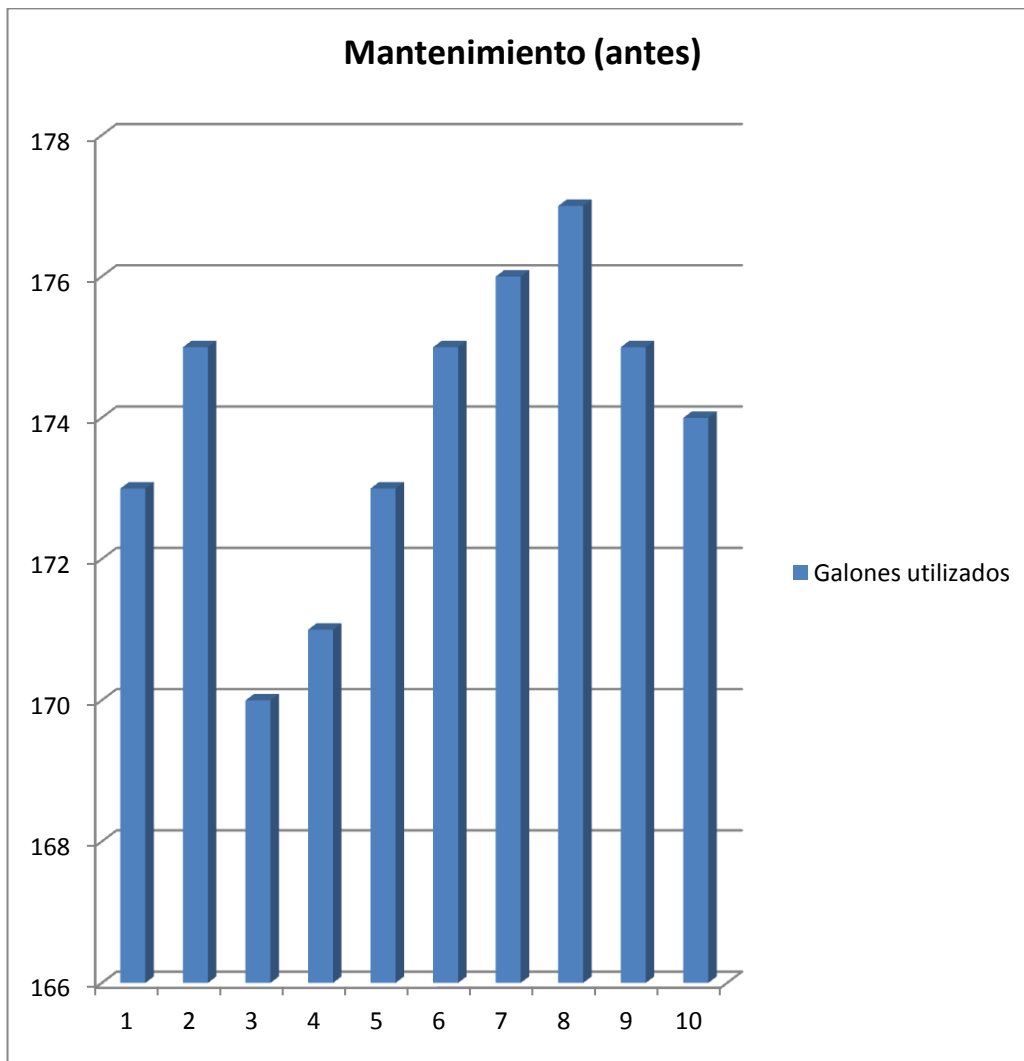
	Consumo internacional de diesel	Kilómetros recorridos	Cantidad de diesel	Cantidad de falla de sensores	Consumo real
Kilómetros/galón	9-13				11,03
Kilómetros		1 600			
Galones			145		
Ocurrencia				0	
Fuente: elaboración propia.					

Con los resultados y las diferencias, se determina que el consumo de diesel está relacionado con el monto invertido en el mantenimiento que se realiza a una unidad de transporte.

En la tabla VI aparecen datos del consumo en el que se puede apreciar que hay una diferencia aproximada de 2 kilómetros por galón. Al realizar una proyección de más kilómetros recorridos, el galón abastece mayor cantidad de kilómetros, con lo que el rendimiento aumenta y beneficia las finanzas del inversionista. El mantenimiento de las unidades también varía, ya que se

realizaron cambios en los componentes que también ayudan a la economía del motor.

Figura 8. **Mantenimiento real**

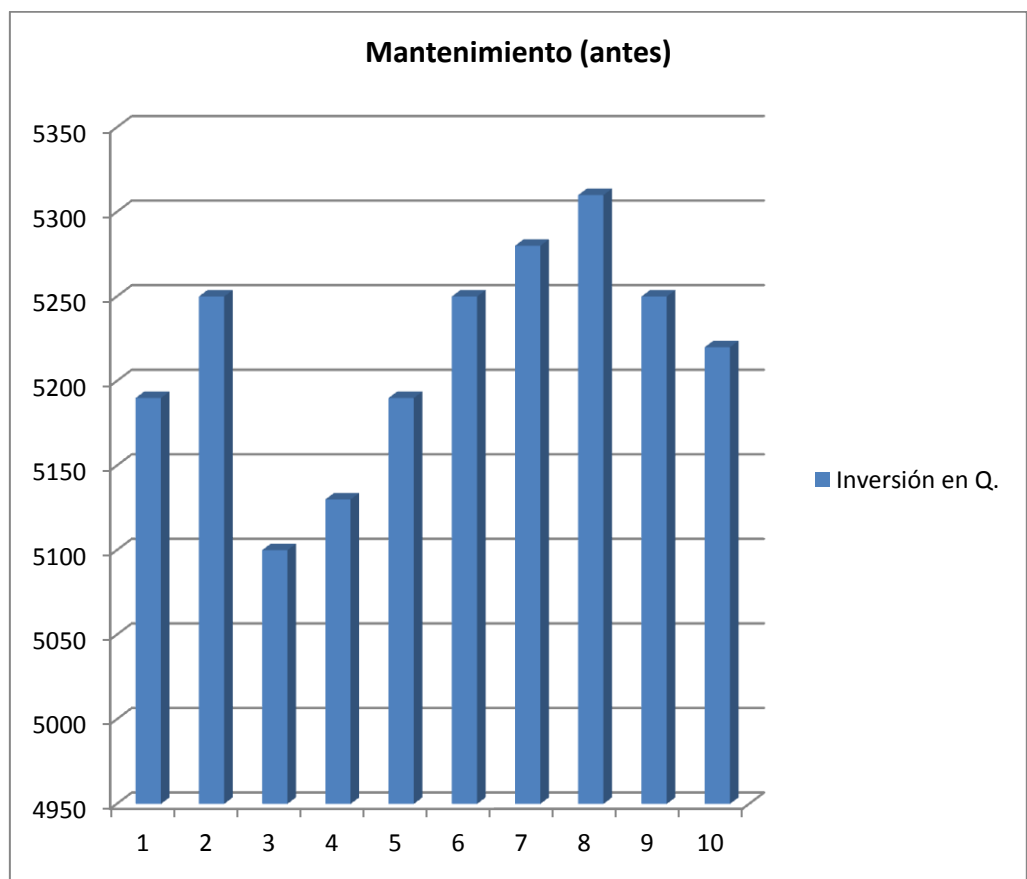


Fuente: elaboración propia.

En la figura 8 se puede observar que con el mantenimiento realizado antes del diagnóstico (mantenimiento correctivo), en la mayoría de los casos no

se mejora el consumo de diesel y la variación que hay es porque se corrigen algunos componentes, de los cuales no todos están relacionados con el mejoramiento del consumo del combustible, y que tienen una mínima variación de mejora.

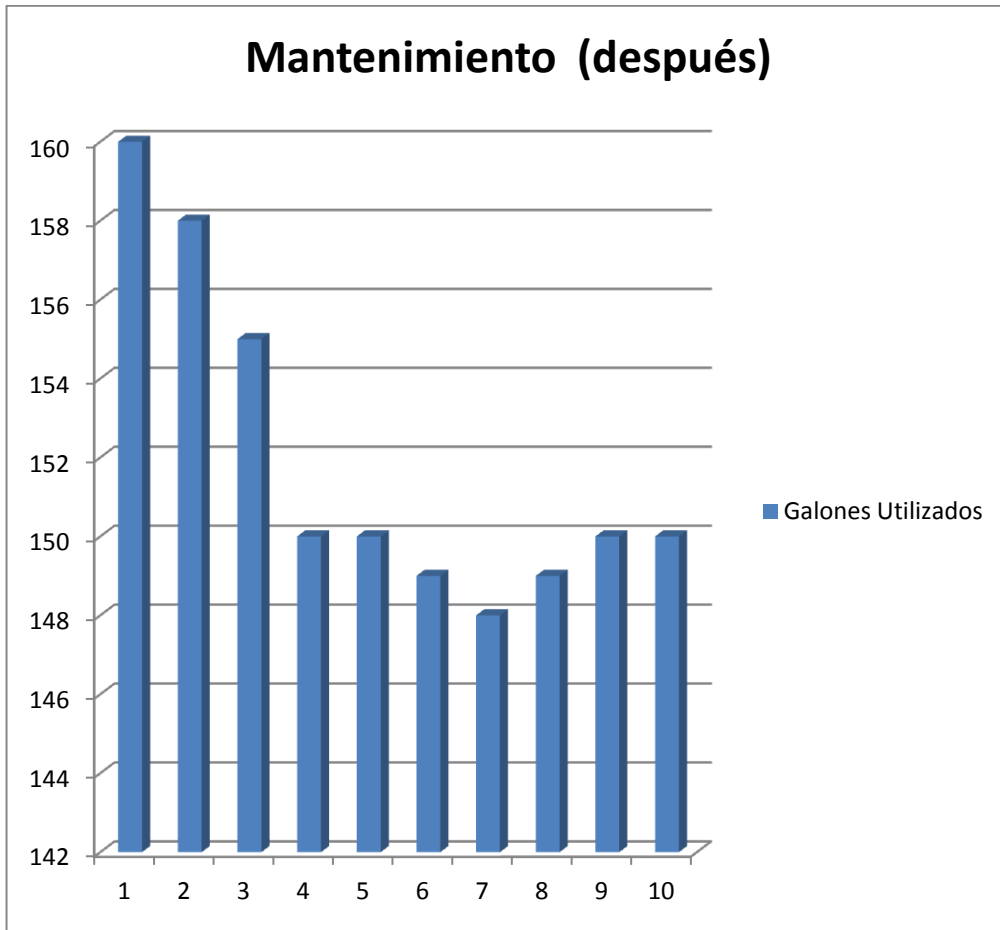
Figura 9. **Control de inversión**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 9, se observa que la inversión está relacionada con el consumo de diesel, puesto que a mayor consumo, mayor es la inversión.

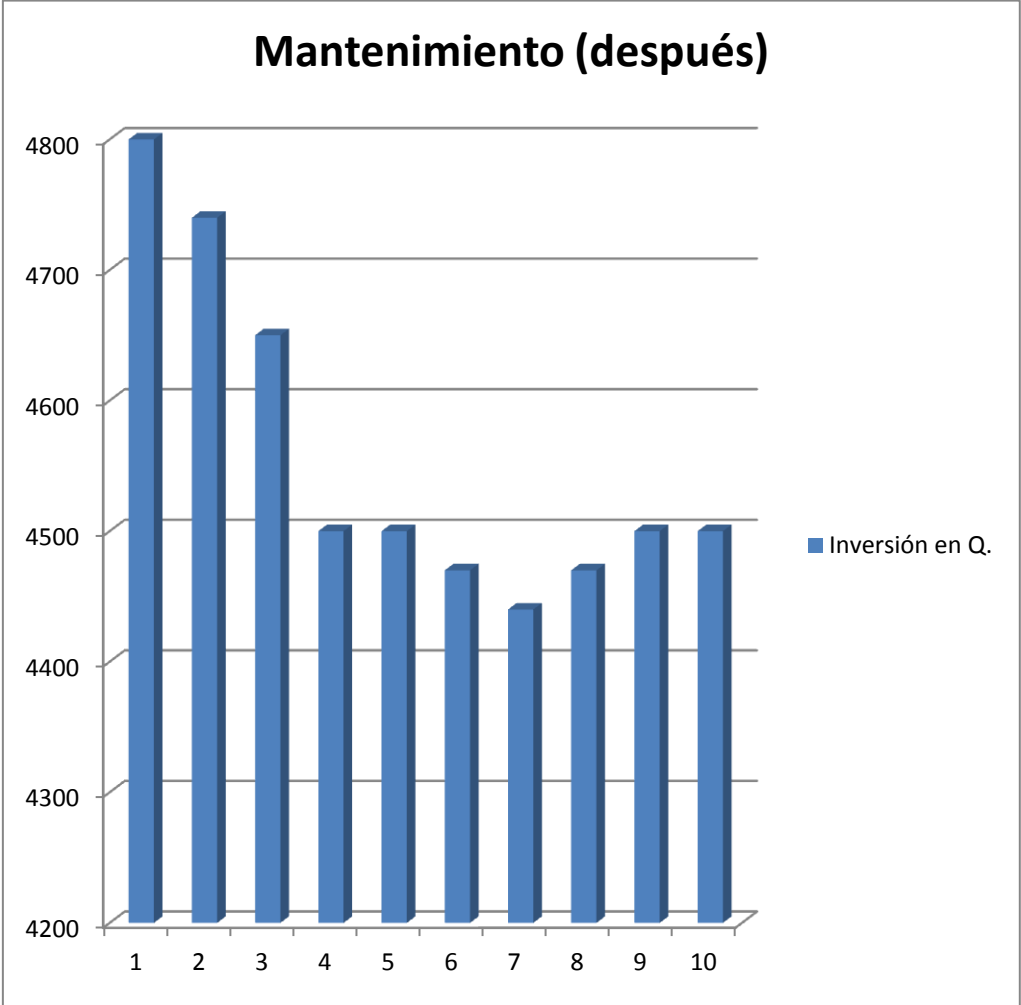
Figura 10. Diagnóstico y mantenimiento adecuado



Fuente: elaboración propia.

En la figura 10, se observa lo contrario a la anterior, pues se realizó un diagnóstico para saber cuáles sensores y qué componentes necesitan un cambio, dónde hay que realizar calibraciones para mejorar el consumo de combustible. Como puede notarse, el consumo va de más a menos.

Figura 11. Control de inversión



Fuente: elaboración propia.

Los mismos efectos se observan en la figura 11. En este caso se expresa una menor inversión, porque el consumo de diesel es menor a mayor cantidad de kilómetros recorridos, lo cual representa una mejor utilidad al prestar el servicio.

Ejemplo 2:

Tabla VII. **Costo real**

Unidad	Modelo	Mantenimiento anterior	Millaje recorrido		
Freightliner	2 005	Dependiendo	1 000		
Odómetro en kilómetros		Fecha de último Servicio	Cantidad de diesel utilizado		
1 600		01012011	180		
Total de millas recorridas		Fecha del diagnóstico	Piloto	Revisión	
1 000		Ninguno	Roberto Grijalva		
	Consumo internacional de diesel	Kilómetros recorridos	Cantidad de diesel	Cantidad de falla de sensores	Consumo real
Galones/km	9-13				10
Kilómetros		1 600			
Galones			160		
Ocurrencia				2	
Fuente: elaboración propia.					

Por ello es necesario darle el seguimiento requerido, que dará información de cada unidad, lo que permitirá evaluar y graficar las diferencias de los cambios, al dar el mantenimiento con anticipación usando aceites multigrados.

Hay que tomar en consideración que las unidades de transporte traen determinadas especificaciones de fabricación. Tomar en cuenta la fuerza del motor, el torque de transmisión, la relación de diferenciales, el tamaño de las llantas. Respetando estas especificaciones se evitará, por ejemplo, poner

diferentes medidas de llantas, porque eso hace que la unidad haga más esfuerzo y consuma más combustible. En otras palabras, las especificaciones de fábrica se han determinado para hacer un trabajo de mantenimiento óptimo en cada unidad.

El sistema Pro-Link, al realizar un diagnóstico de fallas nos va indicar que sensor hay que reemplazar o darle mantenimiento de limpieza para que emita una señal a la computadora, esto va dependiendo ya que cada sensor que envía la señal puede tener relación o no, con el rendimiento maximizando el funcionamiento de los motores diesel.

En la siguiente tabla se va observar el cambio en el consumo de diesel al realizar el análisis en el sistema de inyección del motor.

Tabla VIII. Control real después de un diagnóstico

	Consumo internacional de diesel	Kilómetros recorridos	Cantidad de diesel	Cantidad de falla de sensores	Consumo real
Kilómetros/galón	9-13				12
Kilómetros		1 600			
Galones			135		
Ocurrencia				0	
Fuente: elaboración propia.					

Con los resultados y las diferencias, se determina que el consumo de diesel está relacionado con el monto invertido en el mantenimiento que se realiza a una unidad de transporte.

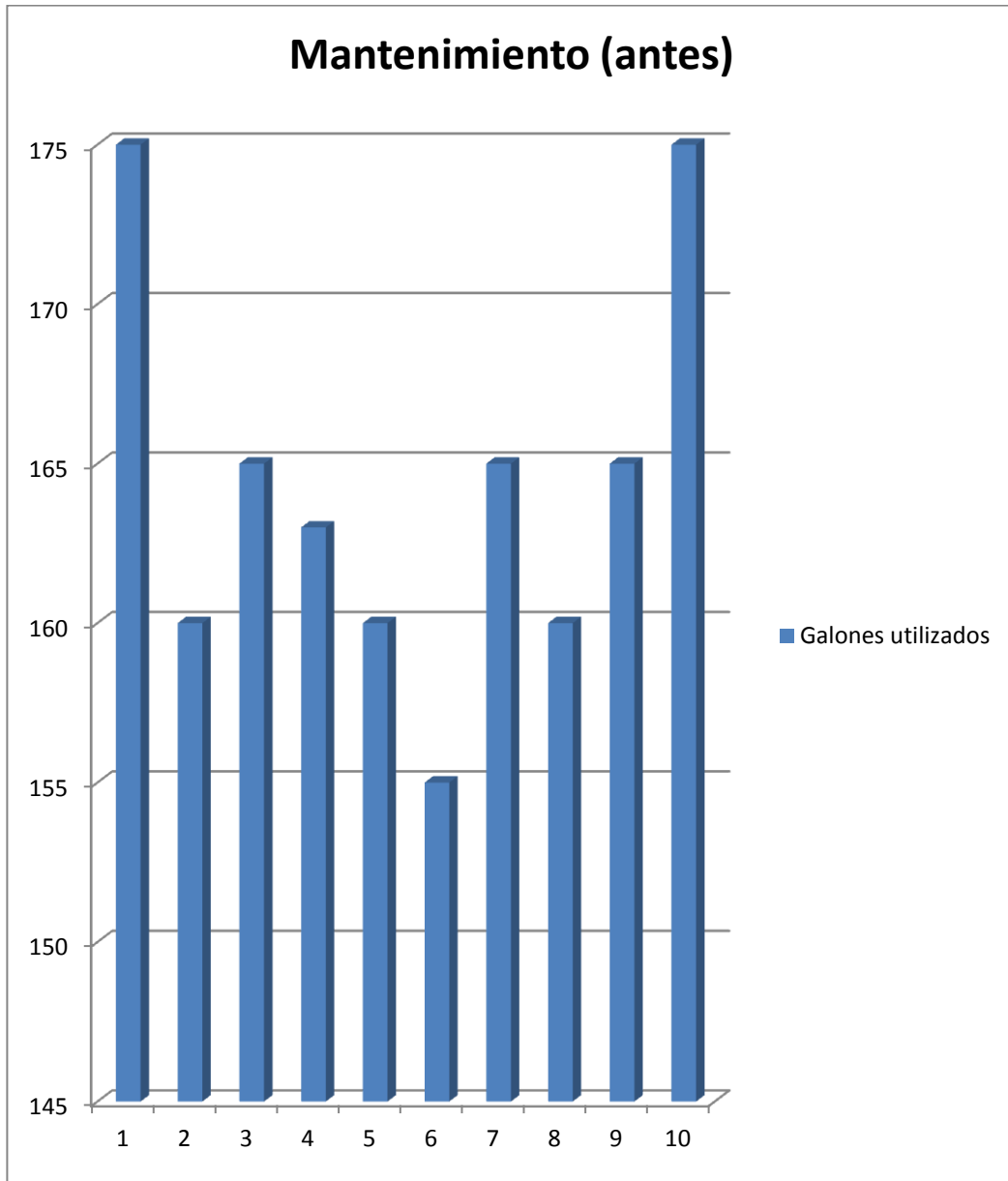
En la tabla VIII aparecen datos del consumo en el que se puede apreciar que hay una diferencia aproximada de 2 kilómetros por galón.

Al realizar una proyección de más kilómetros recorridos, el galón abastece mayor cantidad de kilómetros, con lo que el rendimiento aumenta y beneficia las finanzas del inversionista.

El mantenimiento de las unidades también varía, ya que se realizaron cambios en los componentes que también ayudan a la economía del motor.

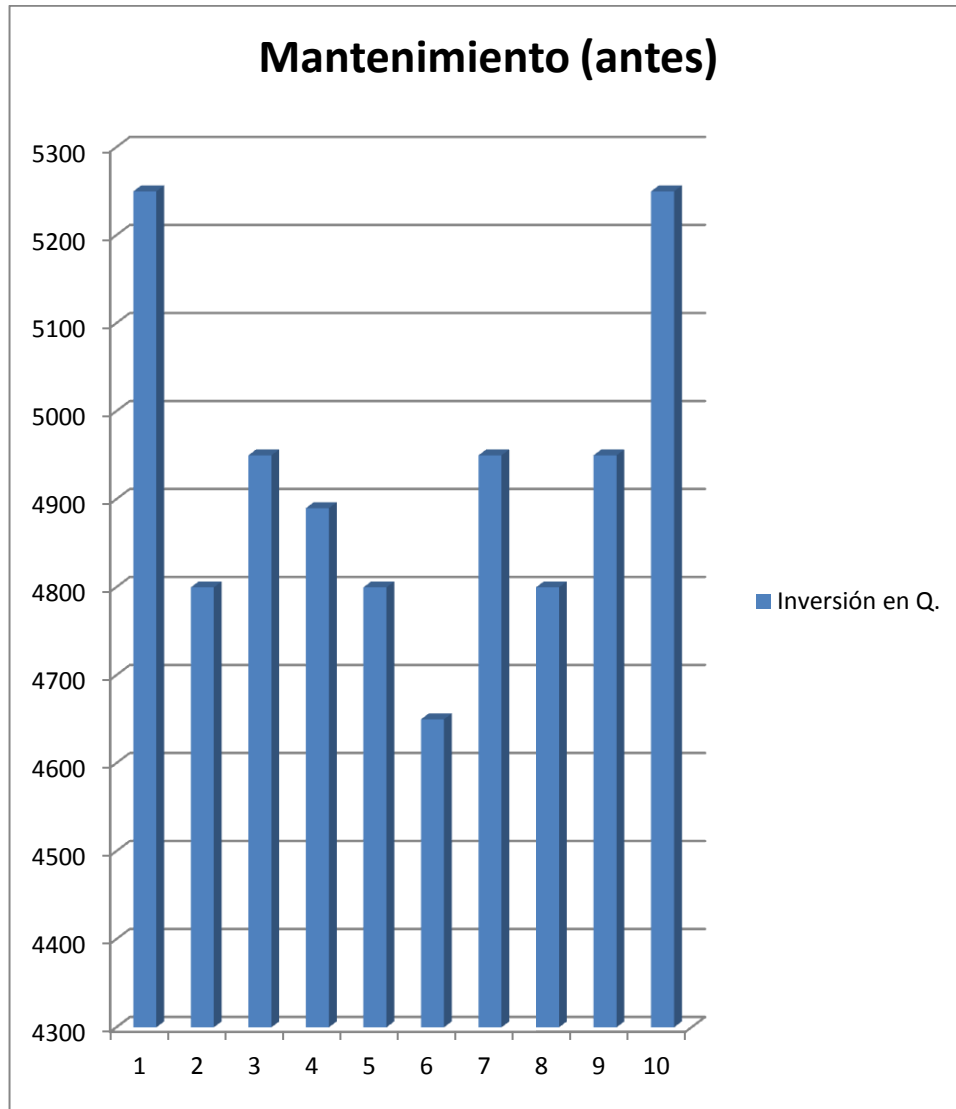
En la figura 12 se puede observar que con el mantenimiento realizado antes del diagnóstico (mantenimiento correctivo), en la mayoría de los casos no se mejora el consumo de diesel y la variación que hay es porque se corrigen algunos componentes, de los cuales no todos están relacionados con el mejoramiento del consumo del combustible, y que tienen una mínima variación de mejora.

Figura 12. **Mantenimiento real**



Fuente: elaboración propia.

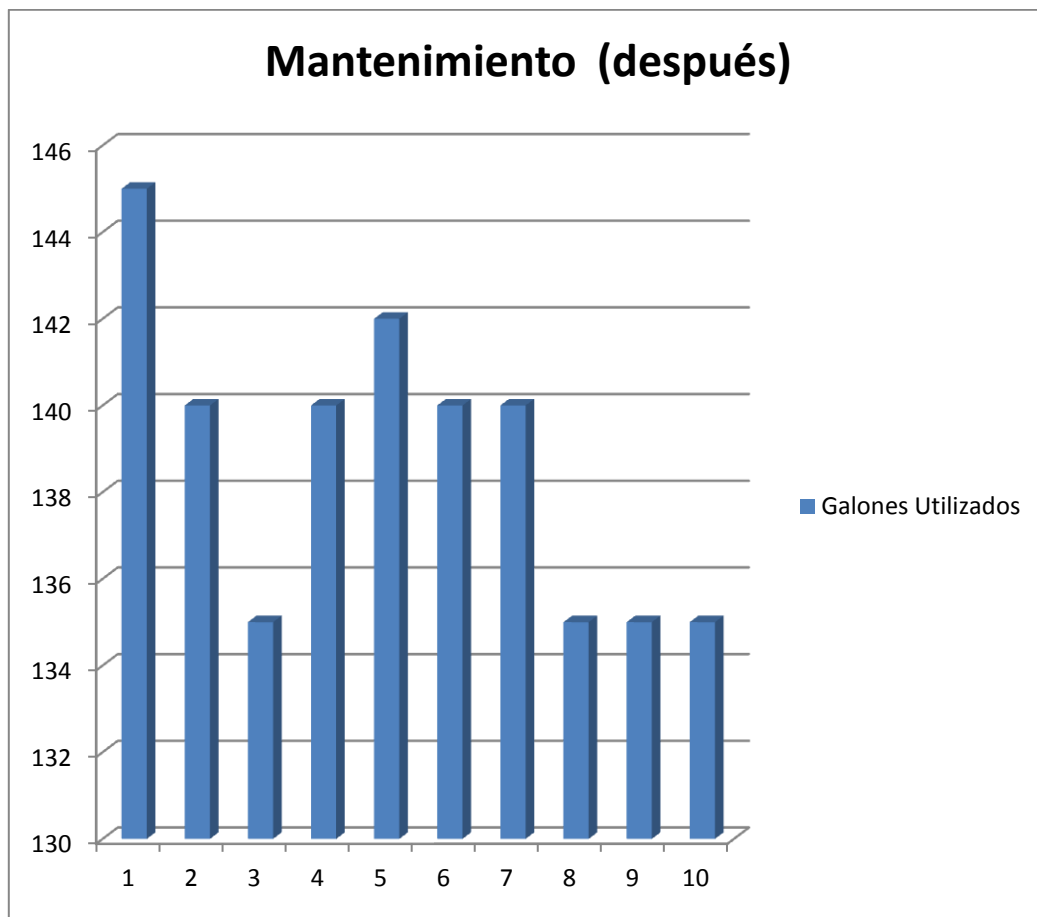
Figura 13. Control de inversión



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se observa que la inversión está relacionada con el consumo de diesel, puesto que a mayor consumo, mayor es la inversión.

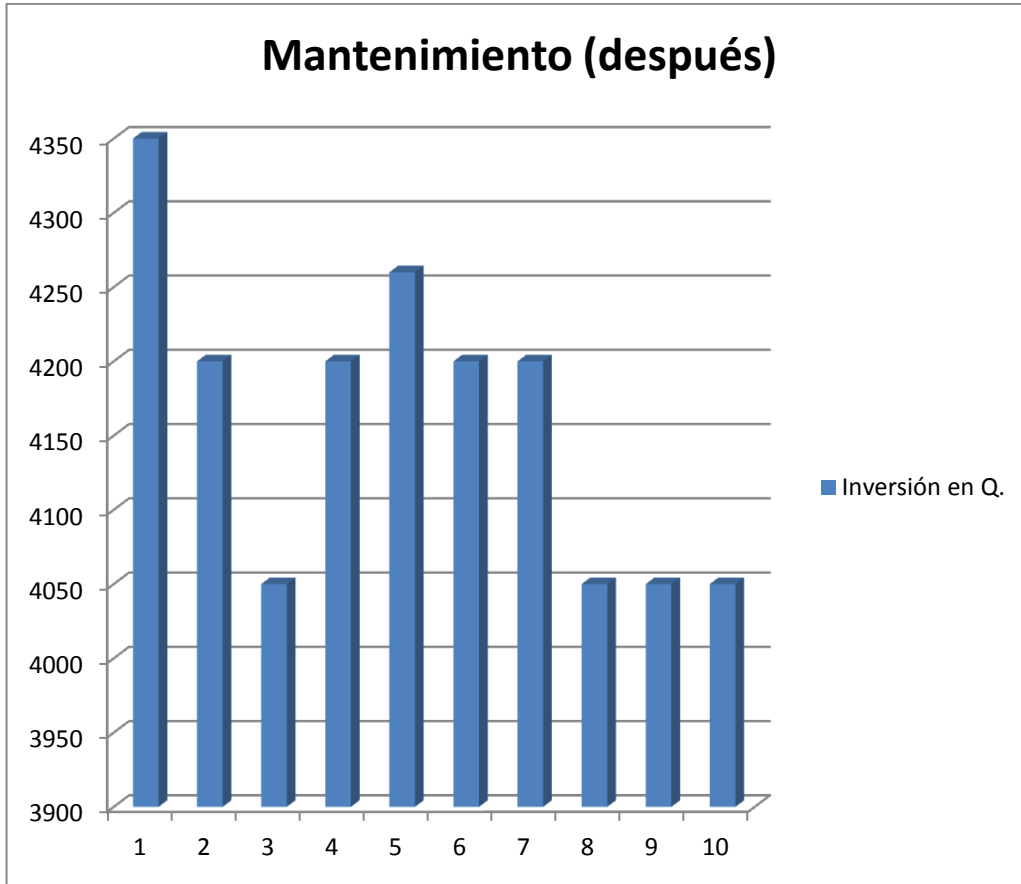
Figura 14. Diagnóstico y mantenimiento adecuado



Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se observa lo contrario a la anterior, pues se realizó un diagnóstico para saber cuáles sensores y qué componentes necesitan un cambio, dónde hay que realizar calibraciones para mejorar el consumo de combustible. Como puede notarse, el consumo ya se mantiene más estable y con más rendimiento por galón utilizado. Las calibraciones no solo pueden ser electrónicas, también hay calibraciones que se realizan mecánicamente dentro de un motor para que su función y consumo sean más eficientes.

Figura 15. Control de inversión



Fuente: elaboración propia.

Los mismos efectos se observan en la figura 14. En este caso se expresa una menor inversión, porque el consumo de diesel es menor a mayor cantidad de kilómetros recorridos, lo cual representa una mejor utilidad al prestar el servicio.

5.2. Aplicar las técnicas de mejora continua

Al aplicar técnicas de mejora continua hay que evaluar el funcionamiento de las fortalezas y debilidades de la empresa, así como el comportamiento de las unidades en operación.

Se debe planificar y mantener control sobre el consumo para determinar la diferencia de inversión, que se hace al prestar un servicio de transporte.

Por último, se deben realizar las mejoras. Luego de efectuar un diagnóstico, se debe dar el mantenimiento adecuado, para notar las diferencias en lo que respecta a la inversión. Se debe evitar la realización de mantenimientos correctivos que no mejoran el consumo de diesel. De esta manera, en vez de disminuir los costos, los aumentan.

5.2.1. Evaluar la situación actual de mantenimiento

Una vez establecido el sistema actual de mantenimiento, es necesario que se mejore de manera inmediata, ya que genera costos. El esfuerzo que se realizará para la capacitación del personal producirá cambios que van a redundar en la eficiencia de la empresa. Aun cuando exista resistencia al cambio, se debe prever una capacitación estratégica. Al mejorar la actitud del personal capacitado, esto tendrá como consecuencia un buen mantenimiento, por lo tanto los costos en el equipo y los insumos van a disminuir considerablemente.

En el mantenimiento actual, el equipo y los insumos que se utilizan para lubricación son bajos en aditivos. Dicha situación debe contemplarse en el proceso de capacitación sobre tecnología de los lubricantes.

5.2.2. Planear un control de consumo de diesel

Para establecer la planificación de consumo de diesel se ha de tomar en cuenta lo siguiente:

- Establecer los kilómetros que recorre por galón.
- Implementar el sistema óptimo de consumo, que establece el fabricante.
- Mejorar el mantenimiento para mantener el consumo del diesel en la combustión del motor.

Tomando en cuenta los tres puntos anteriores, se debe llevar un control del consumo de diesel. Al modificar el mantenimiento habrá cambios en los datos monitoreados por el operador y supervisados por los encargados del mantenimiento. Esto implica que va a mejorar el rendimiento de las unidades.

Con los cuadros que se establecieron van a mejorar la información de los mantenimientos realizados y de cómo se va comportando las unidades con respecto al consumo de diesel.

5.2.3. Mejorar los costos con base en el diagnóstico

Al realizar el diagnóstico se obtendrá información del comportamiento del motor, con base en la presión de aceite, temperatura y consumo de diesel. Considerando que la computadora de la unidad está trabajando en condiciones óptimas, en el tablero indica cuando un sensor está en malas condiciones. Dependiendo de la importancia del sensor, la computadora envía la información para cortar el combustible y que se apague la unidad. Si el sensor está en un nivel menos importante del motor, sólo lo indica en el tablero.

Cuando se lleva un control de los diagnósticos de cada unidad, se realiza el mantenimiento en el sensor que esté funcionando mal. Si un sensor del motor está en mal estado, y se sigue trabajando, se deterioran los demás, incrementando los costos directos en el consumo de diesel. Al realizar el diagnóstico se mejora lo siguiente:

- Nivel del consumo de diesel.
- Se verifica el sensor correctamente.
- Si el problema no es electrónico, lo indica y permite determinar que el desperfecto es mecánico.
- Mejoramiento y optimización del motor.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Análisis de gases contaminantes en un motor diesel

Todos los motores de combustión interna producen gases contaminantes. Los motores diesel trabajan su combustión con base en la compresión de aire caliente, al quemarse el diesel pulverizado dentro de la cámara de combustión. Uno de los motores más contaminantes y que emiten mayor cantidad de residuos son los de combustión diesel.

El incremento de todo tipo de combustión, es un agente contaminante del medio ambiente con concentraciones siempre muy altas. Al generar humos o aire contaminado, la lluvia ácida se afecta directamente al ambiente.

Suponiendo que al reducir la emisión de gases contaminantes por medio de filtros se disminuye la contaminación del ambiente. Los contaminantes en los gases de combustión solo pueden disminuir en motores haciendo una recirculación de gases, una buena combustión, y que los catalizadores o filtros trabajen de manera eficiente.

Al principio los controles electrónicos se realizaron sólo sobre los motores de gasolina. Luego, por la razón de que los motores diesel producían mucha contaminación por no aplicar controles en su sistema de emisión de gases, se efectuó también el control electrónico sobre estos motores para regular los gases.

6.1.1. Tipos de gases contaminantes

En la combustión de un motor diesel se producen varios gases que se mencionan a continuación:

- Agua (H_2O): sale en forma de vapor. No es considerado material contaminante. Es inocuo para el medio y para el ser humano.
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono - CO_2 -: respirable por el ser humano.
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Hidrocarburos (HC).
- Sulfuros (SO_x).
- Material en partículas.

Los factores de conversión para combustibles sólidos también dependen de la forma en que estos están disponibles (en una pieza, como gravilla, polvo, fragmento, etc.). Por ellos los factores deben chequearse cuidadosamente.

Los gases emitidos de la combustión interna hay gases inofensivos y contaminantes. Los primeros están formados, fundamentalmente, por nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo.

Estas emisiones se suman a la emisión de gases de fábricas, de otros vehículos, etc., las cuales provocan contaminación del medio ambiente.

6.2. Impacto de los gases contaminantes en el ambiente

Los gases contaminantes son gases producidos por motores de combustión interna. Los gases como el dióxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, al estar en el medio ambiente, producen el efecto invernadero también llamado lluvia ácida. Al mezclarse estos gases con otros que flotan en el medio ambiente, suben a la atmósfera, pero al haber saturación se quedan en los lugares donde los seres humanos se desplazan, afectando la salud de quienes los respiran. Todas las sociedades en la actualidad utilizan los medios de transporte pesado que contaminan el medio ambiente, lo que a su vez provoca cambios climáticos extremos.

- Inofensivos.
 - El nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.
 - El oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

- El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.
 - El dióxido de carbono producido por la combustión completa del carbono que resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento en desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto Invernadero).
- Contaminantes.
 - El monóxido de carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de Co al 0,3% en volumen resultan mortales. La falta de oxígeno en la combustión hace que esta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indican la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

- Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El Benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles. La presencia simultánea de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog foto químico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.
- Los óxidos de nitrógeno no solo irritan la mucosa sino que en combinación con los hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.
- Ciclo de carbono. El ciclo del óxido de carbono comprende, en primer lugar, un ciclo biológico donde se producen unos intercambios de carbono, entre los seres vivos y la atmósfera. La retención del carbono se produce a través de la fotosíntesis de las plantas, y la emisión a la atmósfera, a través de la respiración animal y vegetal. Este proceso es relativamente corto y puede renovar el carbono de toda la tierra en 20 años.

En segundo lugar, tenemos un ciclo biológico y que regula la transferencia entre la atmósfera y los océanos y suelo. El dióxido de carbono emitido a la atmósfera, si supera al contenido en los océanos, ríos, etc., es absorbido con facilidad por el agua convirtiéndose en ácido carbónico. Este ácido influye sobre los silicatos que constituyen las rocas y se producen los iones bicarbonato. Los iones bicarbonato son asimilados por los animales acuáticos en la formación de sus tejidos. Una vez que estos seres vivos mueren quedan depositados en los sedimentos de los fondos marinos. Finalmente el dióxido de carbono vuelve a la atmósfera durante las erupciones volcánicas al fusionarse en combustión las rocas con los restos de los seres vivos.

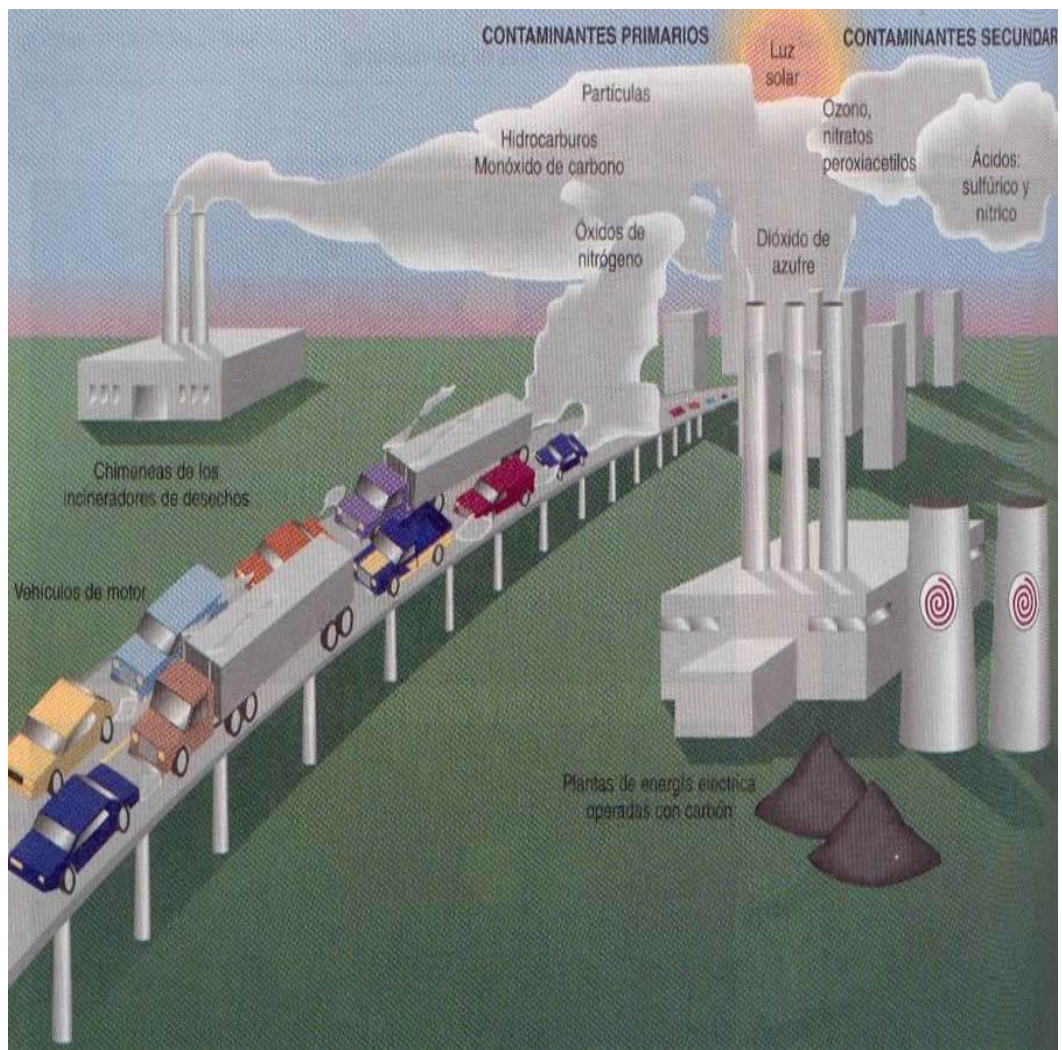
En algunas ocasiones la materia orgánica queda sepultada sin producirse el contacto entre ésta y el oxígeno lo que evita la descomposición y, a través de la fermentación, provoca la transformación de esta materia en carbón, petróleo y gas natural.

El monóxido de carbono, es un gas inodoro, incoloro e insípido, ligeramente menos denso que el aire, constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno en su estructura molecular. En la emisión siendo un producto de la combustión incompleta de material que se contiene carbono y de algunos procesos industriales y biológicos. Un proceso de combustión que produce monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono resulta cuando la cantidad de oxígeno requerida es insuficiente, y depende de la temperatura de flama, tiempo de residencia en la cámara de combustión y turbulencia en la misma.

Estos parámetros se tienen mejor controlados en fuentes estacionarias de combustión que en vehículos automotores. Por esta

razón, aproximadamente el 70% de las emisiones de monóxido de carbono provienen de fuentes móviles. Las concentraciones horarias de monóxido a menudo reflejan patrones de tráfico vehicular.

Figura 16. **Contaminación de gases que emite la industria**



Fuente: Sánchez Alber Hamerson. Análisis de gases contaminantes en zonas urbanas.p.25.

El monóxido de carbono tiene la capacidad de unirse fuertemente a la hemoglobina, la proteína de los glóbulos rojos que contiene hierro y la cual se encarga de transportar el oxígeno a las células y tejidos a través de la sangre.

Al combinarse el monóxido de carbono con la hemoglobina, forma carboxihemoglobina, lo cual indica una reducción significativa en la oxigenación de nuestro organismo, debido a que el monóxido de carbono tiene una afinidad de combinación 200 veces mayor que el oxígeno.

La concentración de monóxido de carbono en el aire, representa aproximadamente el 75% de los contaminantes emitidos a la atmósfera; sin embargo, es una molécula estable que no afecta directamente a la vegetación o los materiales. Su importancia radica en los daños que puede causar a la salud humana al permanecer expuestos por períodos prolongados a concentraciones elevadas de éste contaminante.

6.3. Disminución de emisión de gases contaminantes

La disminución de gases contaminantes se logra por medio de un filtro llamado catalizador, que es el encargado de admitir los gases contaminantes y convertir los gases contaminantes en gases nobles. Si un catalizador o filtro trabaja en óptimas condiciones, ayuda a reducir la contaminación del medio ambiente.

Otra de las maneras para reducir la emisión de gases contaminantes es la recirculación de los gases de escape, creando una válvula que se encuentra en el turbo abriéndose para que los gases que van en el escape por medio del enfriamiento de los gases a través de una cámara que toma los gases

contaminantes y los introduce al sistema de admisión donde entra el aire natural y se comprime en la combustión.

En los motores más modernos Detroit series 60, vienen con mas sensores y la recirculación de los gases viene de manera más eficiente para cuidar el medio ambiente de los gases contaminantes evitando generar cambios climáticos drásticos.

6.3.1. Control de emisión

Actualmente en Guatemala, no se realiza el control de gases contaminantes a ningún automotor. Como resultado de ello, los gases contaminantes impactan en el ambiente. Muchos automovilistas, por ignorancia, quitan el catalizador y dejan directos los escapes de los vehículos, provocando que los gases salgan y contaminen el ambiente y produzcan enfermedades respiratorias.

También existe un sistema de recirculación de gases contaminantes o de escape llamado Sistema EGR. En los motores diesel existe un conducto que manda los gases del escape de nuevo a la cámara de combustión, con la intención de disminuir los gases contaminantes.

6.4. Filtro de control de gases contaminantes

Este filtro está ubicado en el tubo de escape después del turbo y el silenciador, que sirve para evitar emisiones de gases contaminantes. Las partículas generadas por un motor diesel son perceptibles por el denso humo negro que deja tras su paso una unidad de transporte propulsado por este tipo

de motor en plena aceleración. El gasóleo está formado por cadenas de hidrocarburos mucho mayores y pesadas que la de gasolina. Cuando el motor trabaja a cargas medias y bajas se inyecta muy poco combustible en comparación con el aire introducido en los cilindros, de modo que en todo, el volumen de la cámara hay una gran cantidad de oxígeno para completar la combustión. Ahora bien cuando el motor se forzar mas con carga, ocurre que una gran de combustible inyectada no encuentre en sus inmediaciones un volumen suficiente de oxígeno como para terminar la oxidación, haciendo que queden tras la combustión largas cadenas de hidrocarburos parcialmente oxidadas, que tienden a reagruparse y formar hollín. En lo que respecta a los efectos nocivos para el medio ambiente y la salud de las personas, los gases de escape de un motor diesel contienen diversos componentes contaminantes. Además de los componentes que emiten los motores diesel, el dióxido de azufre y las partículas de hollín.

En el proceso de la combustión en un motor diesel se producen partículas de hollín. Son esferas microscópicas de carbono, con un diámetro aproximado de 0,05 micrómetros. En su núcleo consta de carbono puro. En este núcleo se asocian diversas combinaciones de hidrocarburos, óxidos metálicas y azufre. Ciertas combinaciones de hidrocarburos se catalogan como sustancias críticas para la salud.

La composición exacta de las partículas de hollín depende de la tecnología aplicada en el motor, las condiciones de aplicación y el combustible empleado.

El origen de las partículas de hollín en el motor diesel está supeditado a las diferentes operaciones que caracterizan a la combustión en el motor diesel, como son la alimentación de aire, la inyección o la propagación de la flama. La

calidad de la combustión depende del modo en que se genere la mezcla de combustible y aire. Puede suceder que la mezcla sea demasiado rica en determinadas áreas de la cámara de combustión, por no haber suficiente oxígeno disponible. La combustión se mantiene incompleta y se produce la generación de las partículas de hollín.

La masa de las partículas y su cantidad dependen básicamente, por tanto, la cantidad de la combustión en el motor. El sistema de inyección por inyector-bomba trabaja con alta presión y tiene un desarrollo de la inyección que corresponde con las necesidades del motor para contar con una combustión eficiente, con lo cual viene a reducir la generación de partículas de hollín en el proceso de la combustión.

Una alta presión de la inyección y la correspondiente fina pulverización del combustible, sin embargo, no conducen necesariamente a que las partículas sean más pequeñas.

6.4.1. Funcionamiento de los filtros de emisión de gases

La función del convertidor catalítico es la de evitar la salida de un gran porcentaje de gases contaminantes a la atmósfera, generando en su interior una combustión de baja presión y por reacciones químicas de sus componentes. Específicamente evita la salida de más de un 90% de CO, HC, MP y NO_x (monóxido de carbono, hidrocarburos, material en partículas y óxido de nitrógeno).

Los filtros de partículas retiene a las partículas solidas de hollín de forma que se evita que salgan al exterior reduciendo los elementos contaminantes.

Este filtro o catalizador está compuesto por monolito cerámico, que contiene materiales que catalizan como el rodio, paladio y platino, con el fin de convertir los gases contaminantes en gases nobles y reducir lo más posible el óxido de nitrógeno.

El filtro de partículas, con el paso del tiempo y de los kilómetros, se obstruye debido a que cada vez acumula mayor número de partículas de hollín, es por eso que el filtro de partículas debe regenerarse, para lo cual existen dos procedimientos.

- Procedimiento activo. Este procedimiento se lleva a cabo con filtros de partículas que están situados cerca del motor aprovechando así las altas temperaturas de los gases de escape en esa área. En el procedimiento activo, el filtro se lleva a la temperatura necesaria para la combustión del hollín a través de medidas externas. Esto se puede realizar mediante un quemador montado delante del filtro o mediante una inyección posterior de combustible a través de la gestión motor y con la incorporación de un pre-catalizador, así, los gases de escape alcanzan temperaturas muy altas quemando las partículas de hollín y regenerando el filtro de partículas.
- Procedimiento pasivo. Se utiliza para vehículos que por su diseño llevan el filtro de partículas demasiado alejado del motor y la temperatura a la que llegan los gases de escape a esa zona ya es demasiado baja para proceder con una regeneración. En este procedimiento se inyecta un aditivo en el sistema de alimentación de combustible. Este aditivo sale junto con los gases de escape y al entrar en contacto con el hollín del catalizador lo debilita, reduciendo así la temperatura a la que puede ser quemado.

Como función principal de los filtros o catalizador de gases de escape función principal es convertir los gases contaminantes en gases nobles, por lo tanto los catalizadores y filtros, necesitan de mantenimiento de limpieza ya que estos se tapan, generando retorno de gases y estos buscan una salida se generan una salida por el tubo o por el mismo catalizador.

6.4.2. Tipos de filtros y gases nobles que emiten

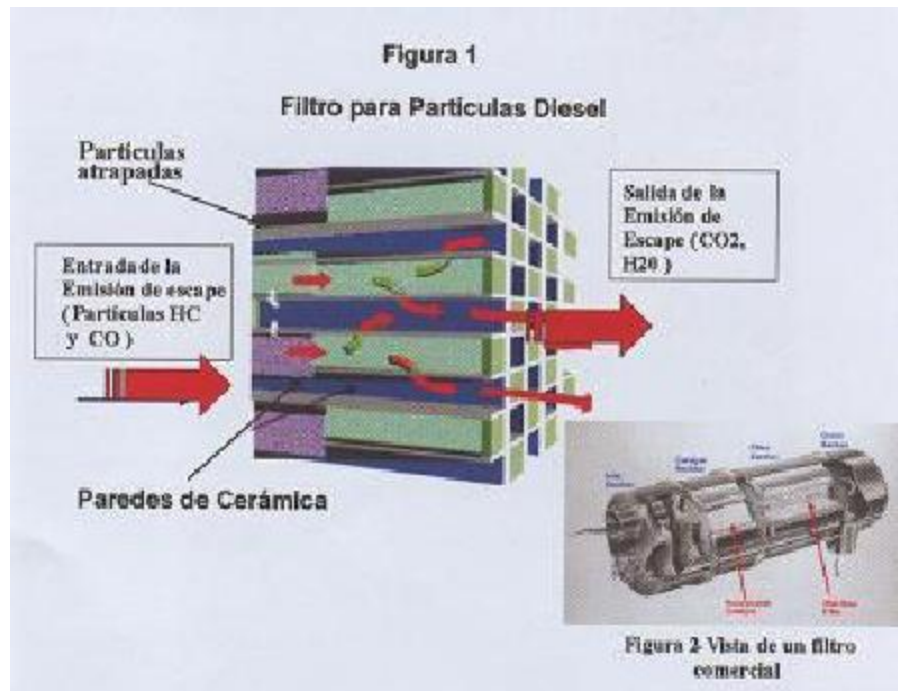
- Catalizador de oxidación distrimofles

Su funcionamiento principal permite disminuir las emisiones de monóxido de carbono alrededor de un 85%, los hidrocarburos en más de un 50%, y típicamente remueve un 30% del material particulado del escape. También denominado catalizador de dos vías, porque trata dos gases. Es el catalizador mas sencillo y económico ya que dispone de un solo soporte cerámico que permite la oxidación del monóxido de carbono y de los hidrocarburos.

Tiene canales recubiertos con platino, paladio y rodio, que constituyen los materiales esenciales para la construcción de un catalizador de reacción química.

Las prestaciones de estos tipos de catalizadores sobre los gases de escape son difícilmente controlables. Utilizados en motores diesel, las temperaturas máximas de los gases de escape en los motores diesel no permiten que se funda el monolito cerámico.

Figura 17. Filtro de partículas diesel



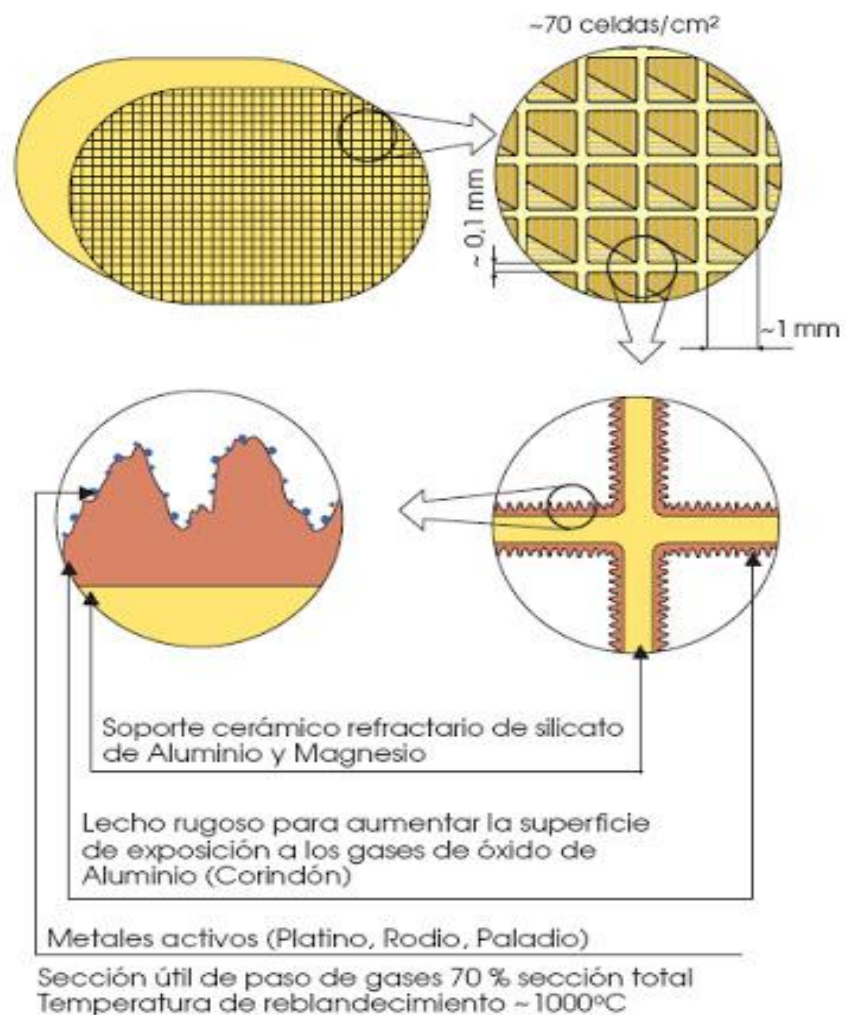
Fuente: Sánchez Alber Hamerson. Análisis de gases contaminantes en zonas urbanas.p.35.

- Filtro de partículas distrimofles para motores diesel estacionarios

Este es un diseño personalizado con combinación de opciones constructivas para maximizar los resultados. Está compuesto por un filtro metálico catalítico o de absorción y carburo de silicio. Se recomienda dar mantenimiento a este sistema.

Los monolitos cerámicos son cuerpos de cerámica atravesados por varios miles de pequeños canales, donde los gases de escape recorren. La cerámica se compone de magnesio-aluminio-silicato, resistente a altas temperaturas.

Figura 18. **Componentes de un catalizador.**



Fuente: Sánchez Alber Hamerson. Análisis de gases contaminantes en zonas urbanas.p.38.

El monolito, que reacciona de modo extremadamente sensible a tensiones mecánicas está fijado a un cuerpo de chapa. Estos son utilizados en los catalizadores como soporte.

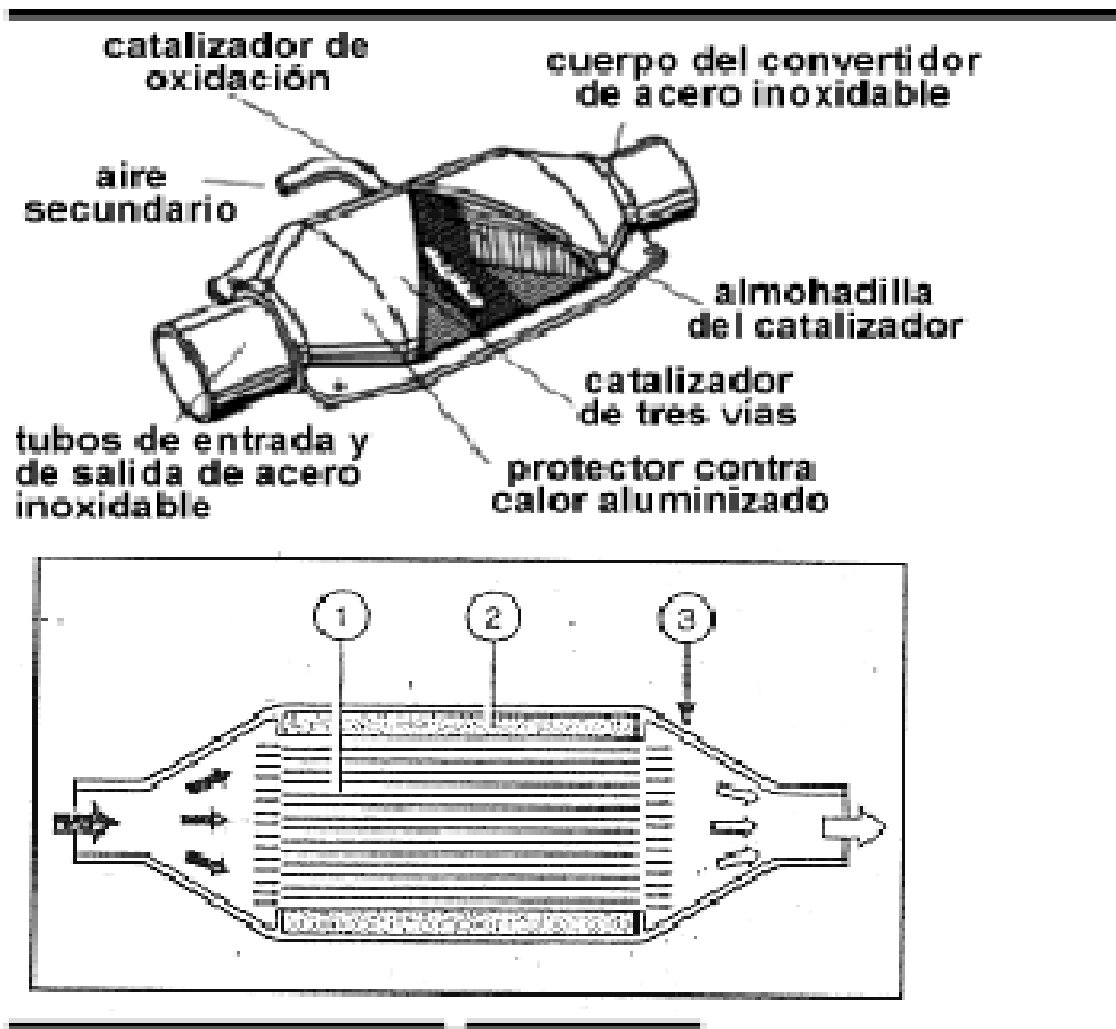
El catalizador metálico es una alternativa, al monolito cerámico. Cosiste en un arrollamiento de una delgada hoja metálica delgada finamente ondulada de 0,05 mm de espesor, habiendo sido soldado en un proceso de alta temperatura, gracias a sus delgadas paredes se pueden disponer mas canales sobre una misma superficie, lo que aporta ventajas para la optimización del rendimiento de motores de alta potencia.

La temperatura del catalizador tiene muchísima importancia en la depuración de los gases de escape. En el catalizador de tres vías no se inicia una conversión de los contaminantes digna de mención hasta alcanzarse una temperatura de servicio de más de 300 grados centígrados. Para altas cuotas de conversión y una duración reinan condiciones de servicio ideales en el margen de temperaturas de 400 a 800 grados centígrados.

El envejecimiento térmico aumenta notablemente en el margen de 800 a 1000 grados centígrados por sinterización de los metales preciosos y de la capa de soporte lo que ocasiona una reducción de la superficie activa.

El tiempo de servicio también tiene gran influencia en este margen de temperatura, esto quiere decir que cuando un catalizador pase de 1000 grados Centígrados, ocasiona una ineficiencia del catalizador.

Figura 19. Filtro de flujo interior

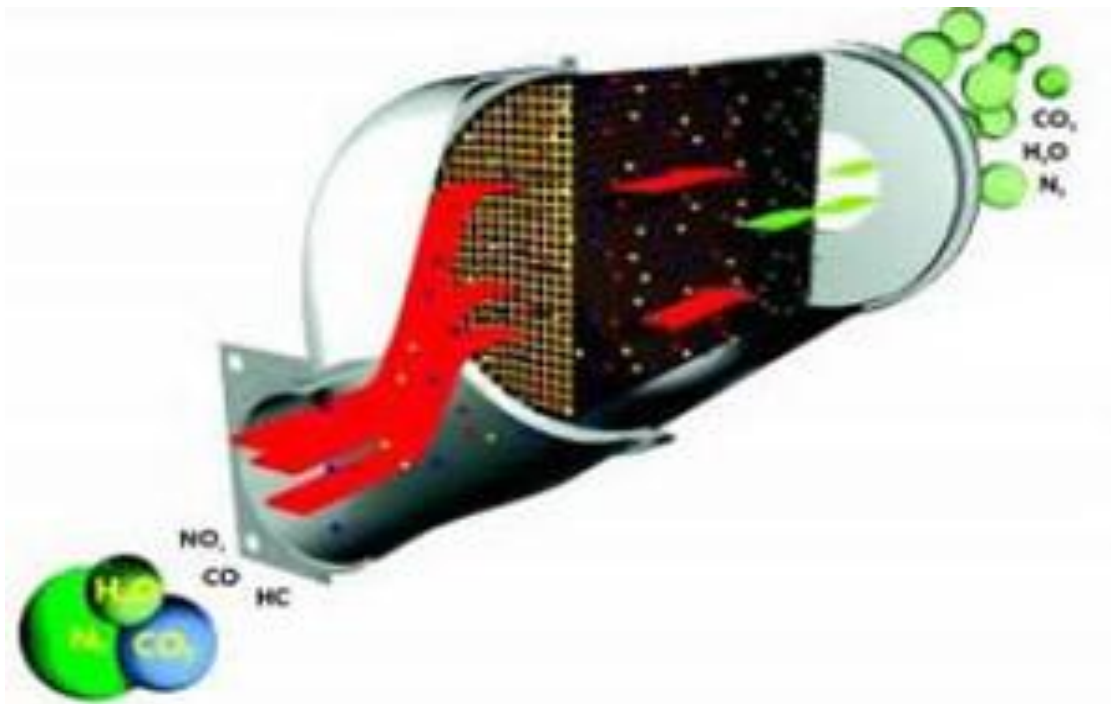


Fuente: Sánchez Alber Hamerson. Análisis de gases contaminantes en zonas urbanas.p.41.

- Filtro dual distrimofles

Este es una combinación de filtro y catalizador que permite atacar ambos frentes simultáneamente: reducción de partículas y gases contaminantes. Los tres elementos de filtros convierten los gases contaminantes en gases nobles: agua, oxígeno, nitrógeno, y elimina partículas como el hollín y el carbón en el ambiente.

Figura 20. **Filtro de flujo interior**



Fuente: Sánchez Alber Hamerson. Análisis de gases contaminantes en zonas urbanas.p.42.

La eficiencia del catalizador depende de que la relación combustible/aire sea lo más próxima a la estequiometría y es por eso que la eficiencia del catalizador depende del correcto funcionamiento. De esto se encarga la unidad de control del motor.

La combustión en el cilindro genera gases que salen por el colector de escape. Un catalizador de doble vía usado en motores diesel ya que trabajan con exceso de oxígeno, generando unas tasas muy altas de óxidos de nitrógeno incompatibles con el metal noble que los disocia.

CONCLUSIONES

1. El estudio sirve de guía para conocer y entender la iteración y el funcionamiento de un sistema diesel controlado electrónicamente, habiendo establecido un mantenimiento predictivo partiendo del pronóstico que indique el sistema, teniendo así beneficios en los costos al prestar el servicio de transporte.
2. Aumentar la vida útil de cada motor diesel, estableciendo un mantenimiento predictivo a través del sistema de Pro-Link y conocer otros mantenimientos de gran utilidad, utilizando los lubricantes recomendados y aditivos.
3. Dentro de los sistemas que intervienen en un motor diesel controlado electrónicamente, se pueden mencionar: el sistema de enfriamiento, que mantiene el motor a una temperatura adecuada, el sistema de lubricación que tiene la función de lubricar todas las partes internas del motor, el sistema de combustión que es el encargado de abastecer combustible al motor para un mejor rendimiento, el sistema de admisión y escape que permiten la entrada de aire y después de la combustión la salida de gases contaminantes, donde el sistema calibra electrónicamente cada inyector para el mejoramiento o falla en el sistema de inyección.
4. El monitoreo ayudó para determinar las diferencias y mejoras que se obtienen con respecto a una operación estándar respecto a los costos de operación.

5. Los gastos en que se incurre en el momento de realizar un diagnóstico están en función del estado del motor, por lo que si no se tiene un programa de mantenimiento adecuado, el costo total del mismo se verá incrementado.
6. El sistema Pro-Link, sólo indica electrónicamente cuál de los sensores es necesario cambiar, en función del tiempo estimado de funcionamiento del mismo.
7. Las empresas deben ver sus gastos de mantenimiento, para planificar un mantenimiento como una inversión a largo plazo, y siempre estén trabajando de manera óptima.
8. Conocer los gases contaminantes que emiten los motores diesel a fin de implementar los elementos adecuados que permitan su disminución, lo que indudablemente implica un costo adicional.

RECOMENDACIONES

1. Conocer los sistemas que funcionan en un motor, para entender la relación que hay entre éstos y comprender, de una manera apropiada, cómo funciona el motor diesel controlado electrónicamente.
2. Conocer cada una de las características del diseño del motor por parte del fabricante, especialmente en los motores más modernos, los que dependen del funcionamiento electrónico para optimizar su trabajo, lo que permitirá definir el tipo de mantenimiento y diagnóstico que se va a emplear, de acuerdo con el manual.
3. Tener claro que los sistemas computarizados trabajan independientemente del motor, pero se interrelacionan a través de varios sistemas, por lo que a veces una falla puede hacer creer que el problema es mecánico cuando en realidad es electrónico.
4. Siempre tener un programa de mantenimiento, para la reducción de fallas en el motor de la unidad.
5. Controlar y archivar la información de cada vehículo para tener un registro histórico del comportamiento de los gastos por mantenimiento.
6. Llevar un control del consumo de diesel, dado que éste es un costo directo para la empresa, pues mientras menor sea éste menor será el

costo del combustible y por lo tanto, mejores las utilidades en la empresa.

7. Con la creación de un programa de servicio de diagnóstico o mantenimiento se tienen que realizar evaluaciones periódicas del programa, evaluando costos y rendimiento del motor.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRIENTOS RAMÍREZ, Herbert Osvaldo, *Estudio comparativa para determinar ventajas del aceite sintético, sobre el mineral en el motor diesel Cummins N-14 del cabezal Freightliner 134 de la empresa Serca*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 77 p.
2. CTC. *Oil Analysis troubleshooting guide*. USA: CTC Analytical Service, 2002. 25 p.
3. Guatemala. Código de Comercio. *Capítulo VI del Transporte*, sección primera disposiciones generales. Art.794-823.
4. GUELZO, C.M. *Introducción a la logística de transporte*. 3a ed. Englenwood Cliffs N.J: Prentice-Hall,1986. 150 p.
5. QUINTANILLA QUIÑÓNEZ, Juan Carlos. *Diagnóstico de un motor diesel controlado electrónicamente y su análisis de costo*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 152 p.
6. Motor Information Systems. *Hearts Business Media*. NEXIQ Technologies, USA: Ford Motor Company, 2008. 89 p.

7. RODAS GARCÍA, Jorge Mario. *Guía de pruebas para diagnosticar las Condiciones de operación del motor diesel*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1992. 105 p.

8. Signum Oil Analysis. *Test Option Descriptions*. USA: Exxonmobil Corporation, 2003. 100 p.

9. WASDYKE, Raymond; SNYDER, Gerald. *Motor diesel*. Mexico: Limusa, 1988. 150 p.

10. WONG IMERY, Víctor Manuel. *Desarrollo del programa técnico-económico de conducción de camiones para una empresa de transporte pesado de carga seca*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 117 p.

