

# DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS VEHÍCULOS DE UNA EMPRESA TRANSPORTADORA DE CARGA DEL VALLE DEL CAUCA

Design of a preventive maintenance plan for the vehicles of a cargo carrier company in Valle del Cauca.

David Alejandro Gordillo Mendieta<sup>1</sup>  
[david.gordillo00@usc.edu.co](mailto:david.gordillo00@usc.edu.co)

Erwin Alexander Ramirez Gómez<sup>1</sup>  
[erwin.ramirez00@usc.edu.co](mailto:erwin.ramirez00@usc.edu.co)

Mario Fernando Gonzalez Ramirez, M.Sc<sup>2</sup>  
[mario.gonzalez00@usc.edu.co](mailto:mario.gonzalez00@usc.edu.co)

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial (1)  
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial (2)

## **Resumen**

La ingeniería industrial desarrolla un papel fundamental en el diseño, estandarización y control de todos los procesos de una compañía. Es por esto que el presente artículo contiene un estudio realizado a una empresa transportadora de carga pesada ubicada en Cencar (Yumbo) en el departamento del Valle del Cauca, empresa en la cual se diseñó e implementó un plan de mantenimiento preventivo. Para ello se caracterizó las actividades de mantenimiento, las variables inherentes al proceso como lo son las operaciones logísticas, cronogramas, rutas, la identificación y evaluación de los elementos críticos de la operación, para definir acciones que permitieron disminuir las constantes varadas en carretera, el costo y tiempo de las reparaciones, los consumos de combustible e incrementar el rendimiento de las llantas. El diseño e implementación del mantenimiento preventivo permitió mejorar la productividad de la flota a partir del mejor desempeño de los 17 tracto camiones. Además, se logró generar un orden en la operación de transporte de los vehículos, aumentando su confiabilidad en las entregas y mejorando la productividad general de la flota.

*Palabras Clave:* Mantenimiento preventivo; sistemas mecánicos; combustible; reducción de costos; transporte de carga.

## **Abstract**

Industrial engineering plays a fundamental role in the design, standardization and control of all processes of a company. This is why this article contains a study carried out at a cargo transport company located in Cencar (Yumbo) in the department of Valle del Cauca, a company in which a preventive maintenance plan was designed and implemented. For this, the maintenance activities were characterized, the inherent variables of the process such as logistic operations, schedules, routes, the identification and evaluation of the critical elements of the operation, to define actions that allowed to reduce the constants stranded on the highway, the cost and time of repairs, fuel consumption and increase tire performance. The design and implementation of preventive maintenance allowed to improve the productivity of the fleet based on the best performance of the 17 trucks. Also, it was possible to generate an order in the transport operation of the vehicles, increasing their reliability in the deliveries and improving the overall productivity of the fleet.

*Keywords:* Preventive maintenance; mechanical systems; fuel; costs reduction; cargo transport.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El transporte de carga pesada terrestre es fundamental para el proceso logístico de las empresas, más aún cuando están involucradas operaciones de importación y exportación; así mismo, la competitividad de este transporte influye directamente en los costos logísticos del comercio global. Por esta razón dentro de la logística de transporte se tienen en cuenta muchas variables como la ruta, el clima, accidentes en carretera, mantenimiento, tiempos muertos, entre otros. Todos estos factores son fundamentales para el éxito de las operaciones y a su vez la satisfacción del cliente.

Teniendo en cuenta todos estos elementos, el presente trabajo despliega un estudio realizado en una empresa transportadora de carga pesada ubicada en Cencar – Yumbo Valle del Cauca, en la cual se elaboró un plan de mantenimiento preventivo que permitió mejorar la productividad a través de la disminución de varadas, costos de reparaciones, rendimiento de llantas, tiempo en desplazamientos en carretera y consumo de combustible de toda la flota. Fue de gran importancia el papel que desarrolló la ingeniería industrial a través de la logística como un valor importante en el diseño, estandarización y control de los procesos, ya que para tener competitividad en este rubro de mantenimiento no fue suficiente conocer el cómo se realizan las actividades de mantenimiento, sino también tener en cuenta variables inherentes al proceso como son las operaciones logísticas, cronogramas, rutas e identificar varios de los elementos críticos en donde se enfocó el plan de mantenimiento preventivo. Y es que la competitividad de una compañía de transporte de carga está directamente ligada con su capacidad de reducir el costo de kilómetro por vehículo (García, 2003, p.21); una estrategia muy efectiva es realizar mantenimientos preventivos, lo cual consiste en hacer cambios, adecuaciones, limpiezas y revisiones al equipo antes de que se afecte su funcionalidad y productividad ya que se considera que dicho conjunto de acciones realizadas previamente son más económicas y seguras que el mantenimiento correctivo en el cual se espera que el vehículo falle para efectuar la reparación (Olives, 2009, p.6).

Al realizar el diseño del plan de mantenimiento preventivo para la flota de la compañía en estudio, nos dimos cuenta de que no solo se hace relevante los diferentes tipos de vehículos que una empresa de carga pueda tener al momento de planear y ejecutar su operación logística; ya que un tema amplio en el cual se generan pérdidas a través de sus operaciones son los denominados “retrasos por fallas” (Hyunju y Hwan, 2016, p.80). Estas fallas presentes en los vehículos de las operaciones logísticas de las empresas transportadoras de carga, se le atribuye un gran peso a la falta de mantenimiento de los vehículos (Gaytan, 2000, p.3) (Gary, Amos y Tehseen, 2018, p.153) ya que el mantenimiento es un proceso vital en las operaciones logísticas de distribución de carga terrestre para cada uno de los vehículos utilizados en dicha operación (Franciosi, Lambiase y Miranda, 2017, p.13692).

El objetivo primordial de la realización de los mantenimientos a los vehículos de transporte de carga de las empresas es el de reducir los costos que generan las averías durante operaciones e incluso, aquellos fallos que impidan el arranque de alguna operación. El logro de un mantenimiento bien planeado en la organización no solo reduce los costos directos, sino también los indirectos y puede a su vez generar un proceso automatizado que facilite todo el método de trabajo logístico (Monteiro & Szpytko, 2016, p.70).

El plan de mantenimiento preventivo se centra en la empresa de estudio localizada en el parque industrial Cencar en el municipio de Yumbo (Valle del Cauca), quien tiene como razón social el transporte de carga pesada a nivel nacional. En el primer trimestre del año 2018, la empresa invirtió el 42,2% (\$ 164.355.031) de las utilidades operacionales en el mantenimiento correctivo y predictivo (Tabla 1) de los diecisiete (17) tracto camiones que pertenecen a la compañía; esos costos además de ser altos no se veían reflejados en la operatividad de la flota ya que se presentaban constantes varadas en carretera que afectaban directamente la operación logística y la satisfacción del cliente.

**Tabla 1.** Inversión en Mantenimiento del primer trimestre del año 2018.

<b>Inversión en mantenimiento para la flota en el primer trimestre del año 2018</b>	
<b>Utilidad Operacional</b>	\$ 388.965.089
<b>Mantenimientos Correctivos</b>	\$ (- 81.728.850)
<b>Mantenimientos Predictivos</b>	\$ (- 82.626.181)

<b>Utilidad Neta</b>	<b>\$ 224.610.058</b>
----------------------	-----------------------

Para ese entonces, los mantenimientos realizados a los vehículos de carga de la empresa eran una medida correctiva y en algunos casos predictiva. Los mantenimientos se realizaban a partir de diagnósticos básicos apoyados en la opinión del conductor y en la del jefe de mantenimiento para así realizar las reparaciones necesarias; por otro lado, no se tenían datos que permitieran ver el estado de los elementos críticos que podrían ocasionar alguna falla mecánica y generar retrasos. Estos aspectos afectaban directamente la planificación y ejecución de los procesos logísticos y administrativos de la compañía, ya que variables tan fundamentales como la cantidad de tiempo en el que el vehículo iba estar inactivo, el cronograma de actividades logísticas y el proceso contable en la realización de presupuestos terminaban generando un impacto negativo que interfería en la actividad principal de la compañía y en las actividades de las partes interesadas. El área contable y administrativa se afectaban por la falta de planeación y presupuestos, la gerencia por el capital invertido y las políticas generadas de emergencia para reducción de costos, el proceso logístico afectado por los tiempos de reparaciones o daños durante la operación y a su vez el área de servicio por reclamos o sugerencias que resultaban ser constantes por parte de los clientes debido a incumplimientos.

Se hizo evidente entonces que la falta de medición en tiempos y las frecuencias sobre las reparaciones, el cumplimiento de proveedores, las cotizaciones y los presupuestos erróneos, generaron una desconfianza sobre la gestión que realizaba la compañía frente al correcto funcionamiento operacional de los vehículos, directamente en el mantenimiento de ellos.

Las empresas que poseen vehículos de carga para transportar mercancía tienen una constante preocupación por los costos logísticos propios de la operación, sin embargo, los costos más altos de los vehículos de carga terrestre están representados en combustible, consumo de llantas, depreciación del vehículo y mantenimientos. Esto permite concluir la importancia de conocer los costos por kilómetro de un vehículo determinado, con una ruta específica y con elementos específicos, por ende, es necesario que las empresas que posean flotas tengan en cuenta la importancia de un plan de mantenimiento preventivo que permita detectar y reducir dichos costos de las operaciones.

En Colombia el tema de mantenimiento preventivo está ligado a cada empresa y no se tiene un estándar a seguir, esto se debe a la variedad del tipo de vehículos, marcas y diferentes tipos de rutas nacionales (Resolución 4100, del 2014); por ejemplo, una llanta en la ruta Cali-Buenaventura (totalmente pavimentada) no dará el mismo rendimiento por kilómetro que en una carretera en tierra o grava.

Para el diseño del plan de mantenimiento se tuvo en cuenta como concepto guía la Administración de Mantenimiento Industrial, cuyo objetivo es evaluar que todas las actividades de mantenimiento a ser aplicadas deben observar cumplir con objetivos inherentes al proceso, tales como la importancia de la actividad objeto de la empresa, el costo de mantenimiento con relación a la inmovilización del vehículo, el costo de mantenimiento con relación al costo de adquisición del vehículo, el tiempo medio entre fallas, el tiempo de reparación, la obsolescencia del vehículo, las condiciones de la operación a la que son sometidos, y aspectos de seguridad y medio ambiente (Tavares, 2000, p.139). Es por esto que el objetivo del estudio fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo que se aplicara a un riguroso cronograma individual por cada vehículo a intervenir teniendo en cuenta los procesos logísticos de la flota, generando así un orden en la operación, vehículos con mayor confiabilidad, una reducción en los tiempos y costos de mantenimiento y lo más importante el incremento en la productividad de los vehículos de carga de la compañía (Alsyouf, 2007, p.71).

Para el cumplimiento de este objetivo era importante tener una visión integral de los diferentes sistemas del vehículo (motor, neumático y frenos, eléctrico, cabezote, tráiler y llantas), ejecutando de manera eficiente el mantenimiento preventivo (Garza, Beltran, Kumar, Villarreal, Cedillo & Rocha, 2017, p.1902).

Para ejemplo de lo anterior y según consultas realizadas a expertos, se conoce por experiencia en los diferentes tipos de industrias en donde se aplican mantenimiento a equipos, que es más rápido, económico y eficaz, realizar los ajustes y lubricaciones pertinentes según las recomendaciones del fabricante, que el reemplazar piezas innecesariamente o incurrir en reparaciones de emergencia, teniendo en cuenta esta hipótesis, la empresa de estudio desea diseñar e implementar un cronograma en donde se realicen pronósticos y ajustes antes de que los principales componentes de los vehículos fallen (Parra, 2018) (Flórez, 2018).

Con la propuesta del plan de mantenimiento preventivo, se proyectó que la empresa en estudio pudiera reducir los costos de mantenimiento de los vehículos hasta en un 15% sobre las utilidades operacionales, ya que comprendía una inversión del 42,2% de las mismas. Además de esto, la empresa obtendría otros beneficios tales como el de mejorar su imagen y confianza por parte de los clientes, a su vez, al tener una postura más confiable se incrementarían los ingresos y podrían así generar un impacto en este segmento del mercado logrando precios más competitivos.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología presentada a continuación es una investigación descriptiva y aplicada cuyo fin fue el de resolver una problemática real en una empresa transportadora de carga pesada; donde se caracterizaron las variables principales para el mantenimiento de los vehículos de carga; a su vez, se probaron diferentes procedimientos con el fin de dar solución a la problemática planteada.

La investigación realizada, se centró en la población de una flota de diecisiete (17) vehículos de carga pesada terrestre, donde cada uno de ellos tiene asignado un remolque (tráiler); siendo todos los remolques de tipo plataforma sin estructuras adicionales.

El plan de mantenimiento preventivo se realizó de acuerdo a una serie de pasos sistemáticos enmarcados por las necesidades de los seis (6) sistemas más importantes del funcionamiento de un tracto-camión los cuales son el sistema motor, el sistema eléctrico, el sistema neumático y frenos, y el sistema cabina (Kenworth Truck Company, 2017); además de los seis sistemas definidos, se decidió agregar dos (2) sistemas que son fundamentales en los vehículos de la compañía, ya que causan un gran impacto monetario y también son primordiales para el correcto funcionamiento de los vehículos; estos son el sistema de llantas y el sistema tráiler. Para el plan de mantenimiento preventivo se definieron actividades macro con el fin de tener un orden lógico en el diseño, y un desarrollo eficaz en la metodología planteada.

Las siguientes son las actividades macro ejecutadas para la elaboración del plan de mantenimiento preventivo las cuales fueron incorporadas a cada sistema del tractocamión:

1. Analizar la frecuencia de mantenimiento por kilómetro en los vehículos marca KENWORTH de la empresa; tomando en cuenta las indicaciones establecidas en el manual de mantenimiento y operaciones del mismo proveedor.
2. Realizar el levantamiento de la información de los vehículos, a través de históricos sobre las actividades de mantenimiento registradas en el sistema contable de la compañía; y así posteriormente clasificar en dos ítems denominados mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
3. Determinar frecuencias de inspección, cambio y lubricación de las piezas en los sistemas seleccionados, según la información recolectada anteriormente para los vehículos.
4. Realizar la selección de elementos críticos que se tendrán en cuenta en cada uno de los seis sistemas para el plan de mantenimiento preventivo basándose en los históricos de los sistemas (motor, neumático, eléctrico, cabezote, tráiler y llantas) que generan mayores costos de mantenimiento en la flota.
5. Generar diagnóstico de la flota a partir de los análisis anteriores e indicadores de combustible, costos, kilometrajes actuales, tiempo en taller y garantías.
6. Establecer matriz de mantenimiento preventivo específico para la flota de la compañía de estudio.
7. Definir las actividades de mantenimiento preventivo y su cronograma acorde a las operaciones logísticas de transporte en cada uno de los 17 vehículos de la empresa de forma periódica con el menor número de retornos al taller.
8. Diseñar alarmas en el sistema informático de la compañía que permita controlar la ejecución del mantenimiento

preventivo.

9. Diseñar estrategias de control para el plan de mantenimiento preventivo para la flota de acuerdo a resultados.

10. Implementación del Plan de Mantenimiento en la empresa ubicada en Cencar (Yumbo). La implementación se realizó en el primer trimestre del 2019 con el fin de realizar la comparación de los gastos con el primer trimestre del 2018.

Fue necesario realizar la priorización de los gastos de mantenimiento no solo con el fin de realizar una evaluación del estado actual de la flota, sino también para priorizar la inversión, el diseño y la implementación del plan de mantenimiento preventivo generando confianza en la inversión de capital. A continuación, se definen las actividades realizadas en cada uno de los seis sistemas en los que se divide el vehículo de carga pesada Kenworth para el diseño del plan de mantenimiento.

### **2.1 Sistema Cabezote:**

En el sistema Cabezote se incluye partes básicas y sensibles para el funcionamiento del vehículo, como lo son el muelle, quinta rueda, chasis, transmisiones, entre otras que se encargan de la estabilidad y el confort del vehículo a nivel de conducción. Se programaron actividades como engrase general, actividades de mantenimiento preventivo (MP) del chasis, de la dirección, y la realización de inspecciones del sistema y lavado tanques que alarguen la vida útil de estas piezas.

### **2.2 Sistema Motor:**

El sistema motor comprende el funcionamiento esencial del tracto camión el cual genera la combustión y energía necesaria para el movimiento de todo el equipo. Basados en el histórico y en el manual del fabricante se determinó la programación de los mantenimientos preventivos pertinentes en el clutch, en el motor general, en el radiador, en la transmisión, en la parte hidráulica y en la distribución general del sistema; así mismo realizar el escaneo del módulo enfriador de aceite, de la generación de varadas en carretera, de los daños y cambio de las piezas. Cabe resaltar que este sistema influye directamente en el alto consumo de combustible, por esta razón el plan de ejecución debía incluir dicho factor crítico, es decir, que no solo tuviera en cuenta partes indispensables para el funcionamiento del vehículo, sino que también se viera reflejado el ahorro de consumo de combustible.

### **2.3 Sistema Llantas:**

El sistema Llantas se incluye por ser uno de los rubros más significativos en la compañía y que generan alto impacto no solo por su costo sino por la seguridad de la mercancía y del operario, por esta razón se requiere un control e inspección recurrente el cual genere planes de trabajo preventivos que minimicen el riesgo en carreteras y reduzcan los costos.

### **2.4 Sistema Neumático y frenos:**

Es sistema Neumático de un tractocamión realiza la transferencia de energía a través de presiones de aire y electroválvulas las cuales generan diferentes tipos de comandos en la conducción como lo son, el freno de estacionamiento, el pivote, la conexión entre cabezote y tráiler, entre otras. Por esta razón, las actividades principales de mantenimiento se debían enfocar en inspecciones y cambio oportuno de piezas, las cuales brindan seguridad operacional del equipo.

### **2.5 Sistema Tráiler:**

El tráiler o remolque es un sistema fundamental del tracto camión ya que este elemento es el que soporta la carga. En el caso de estudio, todos los remolques son tipo plataforma las cuales son usadas para transportar contenedores. Este sistema es de vital importancia en temas operativos y de seguridad, ya que un mal ajuste o un mantenimiento no realizado oportunamente puede ocasionar desde una varada hasta un volcamiento. Para el plan de mantenimiento de este sistema

se definieron actividades de inspección según el histórico del peso que ha transportado cada vehículo; según los resultados se determinaron acciones preventivas como ajustes, cambios de piezas, engrase y/o alineamientos.

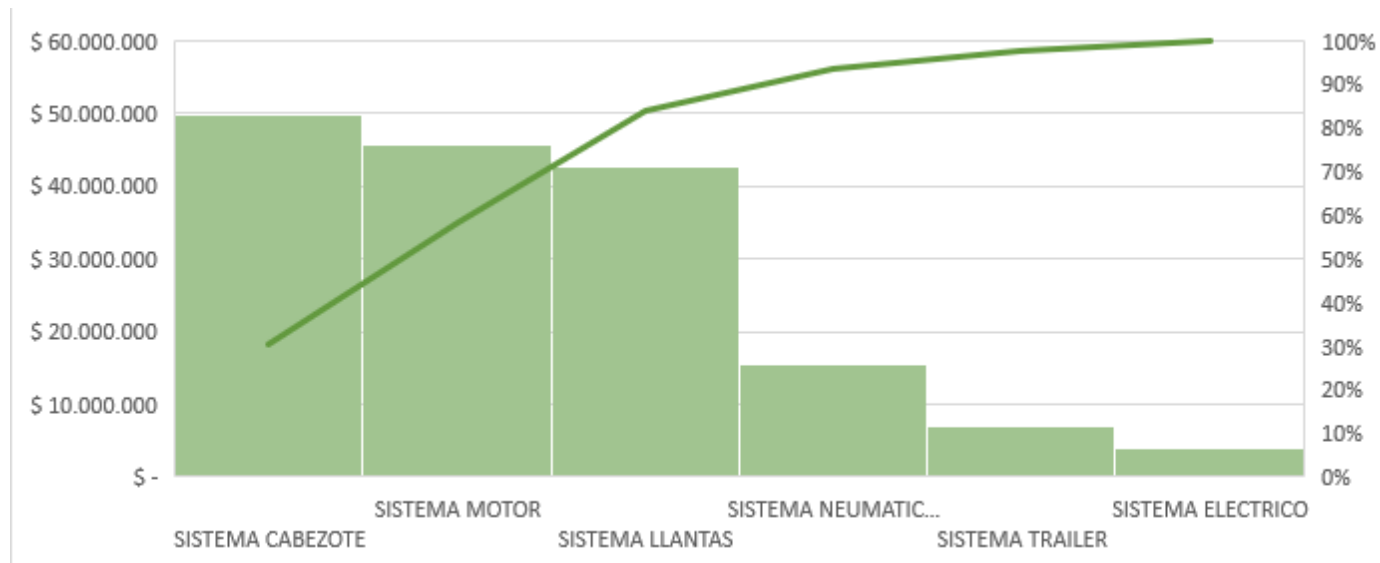
## 2.6 Sistema Eléctrico:

En el sistema eléctrico se definieron actividades para los equipos eléctricos, piezas y cableado necesario para que el vehículo cuente con accionamientos electrónicos, encendido, luces, cornetas, conexiones entre sistemas, modulo electrónico, entre otros. Este sistema se basa en la revisión periódica y mantenimiento general de piezas y cableado.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de diseñar e implementar el plan de mantenimiento preventivo en los seis sistemas más urgentes para la empresa, se realizó un diagrama de Pareto (Figura 1) para evaluar su priorización, teniendo en cuenta los costos de mantenimiento. Como resultado se evidencio que los sistemas con mayor impacto en costo fueron el sistema cabezote, el sistema motor y el sistema llantas. Con esto se dio inicio al diseño e implementación del plan de mantenimiento preventivo para los diecisiete (17) vehículos de la flota, priorizando la inversión de capital, tiempo y dinero en estos tres sistemas.

**Figura 1.** Diagrama de Pareto: Costos por Sistema Primer Trimestre del año 2018



Era de vital importancia la identificación y el análisis de las variables más críticas para la empresa, no solamente en los costos sino también en valores que afecten la funcionalidad operativa de los vehículos, ya que según el concepto de Administración Integral de Mantenimiento el definir estas variables a atacar dentro de las actividades de mantenimiento preventivo del plan, mejoraría no solamente la productividad sino que también aumentaría la reducción de los costos y de fallas críticas que afecten la operación, y generaría un valor agregado en la satisfacción de los clientes por medio de el cumplimiento de las entregas a tiempo (Hedvall, Dubois & Lind, 2016, p.70).

Para la ejecución del plan de mantenimiento preventivo se crearon alianzas estratégicas con los proveedores expertos en los sistemas más influyentes. Se realizaron alianzas con la empresa “Kenworth de la Montaña” para realizar los mantenimientos preventivos del sistema motor y cabezote directamente en sus instalaciones. Esta decisión se tomó porque todos los diecisiete (17) vehículos de la compañía son Marca Kenworth.

De la misma manera, se decidió instalar en cada vehículo un servicio satelital con la compañía Omnitrac (compañía que ya tenía alianzas estratégicas establecidas con la empresa en estudio). Este sistema satelital permitió generar reportes de kilometraje y consumos de combustible. Esta información fue relevante para que el diseño del plan de mantenimiento preventivo generara un mayor control del sistema cabezote y motor y por lo tanto una reducción mayor en los costos de mantenimiento.

También se realizó una alianza estratégica con el proveedor Tecnicentro Santa Mónica, quien es, un distribuidor oficial de las llantas marca Michelin. Junto con la empresa se programaron los planes de mantenimiento y la ejecución de los mismos.

### 3.1 Plan de Mantenimiento Sistema Motor

El factor crítico que se determinó en este sistema fue el consumo de combustible vs al kilometraje recorrido por cada vehículo de la flota; para su análisis se tomó el primer trimestre del año 2018 (Ver tabla 2). El consumo no cumplía con el estándar establecido por el fabricante (8 km/gal) y el taller aliado no cumplía con la experiencia solicitada. Estos factores evidenciaron una problemática entorno a este rubro, ya sea por la falta de un plan de mantenimiento preventivo adecuado o incluso por mal manejo del operario del vehículo.

**Tabla 2.** Consumo de combustible y distancia total recorrida por la flota en el primer trimestre del año 2018.

<b>Total de distancia recorrida</b>	194.539,212 km
<b>Total de Galones surtidos</b>	26.467,92 Gln
<b>Total Km/Gln</b>	7,35 Km/Gln

Para la reducción del costo de combustible como factor crítico, se estableció un sistema de control satelital para obtener información como localización, datos mecánicos, consumo de combustible, maniobras forzadas, tiempo del vehículo encendido con velocidad cero (0), tiempo de uso de velocidad de crucero y manejo en revoluciones adecuadas.

En función de los datos obtenidos por el sistema de control satelital, se diseñaron e implementaron procedimientos para realizar revisiones y ajustes de manera rápida para mejorar el rendimiento de los vehículos.

#### 3.1.1 Instalación de Sistema

Se optó por implementar un sistema satelital para los vehículos de la flota, cuyo proveedor es Omnitrac. El sistema por medio de aplicativos con conexión al módulo (computador) de cada vehículo, permitió registrar las fallas mecánicas, el consumo de combustible y estadísticas de cuanto está consumiendo en promedio el vehículo por trayecto realizado, es decir, una función de kilómetros por galón; el sistema, además permitió evidenciar los malos hábitos de conducción como las frenadas bruscas, tiempo del vehículo encendido con velocidad cero (0), tiempo de uso de velocidad de crucero y manejo en revoluciones adecuadas (Gavieles, 2018), todas las variables anteriores influyeron para la optimización de combustible.

#### 3.1.2 Creación de Controles

Con la información del sistema satelital, se determinó en qué momento los vehículos tenían porcentajes elevados de consumo de combustible, esto permitió realizar revisiones y ajustes fuera de los programados en el mantenimiento preventivo de manera rápida, que ayudaron a mejorar el rendimiento de los vehículos. Para ello se establecieron y realizaron procedimientos como lavado de tanques, acomodación de desfuegos, cambio de filtros y cambio de aceite. A seguir se definieron los procedimientos que se podían llevar a cabo en conjunto para disminuir tiempos, como lo son el cambio de filtros con el cambio de aceite, lo cual generó no solo una

optimización en el consumo de combustible, sino también en los tiempos de mantenimiento de los vehículos.

También se evaluaron los momentos donde el sistema satelital reportó que el consumo de combustible no era óptimo; la evaluación consistió en revisar si el vehículo poseía fallas mecánicas en componentes tales como los inyectores o el paso de combustible; una vez detectada, se procedió al mantenimiento del mismo con el proveedor certificado, registrando (al igual que todo mantenimiento efectuado) la orden de trabajo en sistema, creando así hojas de vida por vehículo el cual permite el historial de piezas, mano de obra, costos, sistemas y tipos de trabajos realizados a los 17 tracto camiones como también la programación de su próxima revisión.

Por el contrario de no encontrarse alguna falla mecánica después de una evaluación intensiva de las partes del vehículo, se determinó la probabilidad de que el vehículo se esté manipulando inadecuadamente al momento de su conducción. En caso de presentarse problemas de incorrecta manipulación en la conducción del vehículo se programan capacitaciones brindadas por un funcionario de motores Kummis (motor de los tractocamiones Kenworth), el cual instruye sobre el correcto manejo del equipo. Las variables que permiten identificar un mal manejo son detectadas por medio del sistema satelital donde se evalúa la función de revoluciones por minuto (RPM), posteriormente evalúa si se encuentra dentro de la “zona verde” la cual indica que cantidad de revoluciones óptimas debe de conservar el conductor en la conducción del vehículo.

### **3.1.3 Cambio de piezas y reparaciones**

En cuestión de las piezas que influyen directamente en el funcionamiento del sistema motor se determinó que los más cruciales pueden alargar su vida útil a través de la correcta refrigeración y lubricación del sistema. Para ello, el plan de mantenimiento se centró en los estándares en función del kilometraje para cambio de aceites y filtros, así como cambio de refrigerante y evaluando la mezcla óptima refrigerante/agua para el tipo de vehículo.

## **3.2 Plan de Mantenimiento Sistema Llanta**

En el sistema llantas se determinó la evaluación de variables que permitan generar planes de acciones dinámicos dependiendo del estado de cada una de las llantas; para ello se realizó una alianza estratégica que brinde garantías, capacitaciones y acciones que permitan reducir el costo por kilómetro.

### **3.2.1 Acuerdo con el proveedor**

Se diseñó el programa “Seguimiento a flota” con colaboración del proveedor Santa Mónica distribuidor de la marca Michelin. El programa consiste en inspecciones periódicas y planes de trabajo con el fin de incrementar la durabilidad de las llantas en cuestión de kilometrajes recorridos. La empresa de estudio al contar con una flota constituida de diecisiete (17) vehículos, permitió definir una relación comercial importante en donde el proveedor gana reconocimiento y garantiza la calidad de las llantas, mientras que la empresa transportadora no absorbe ningún costo adicional.

### **3.2.2 Actividades de Revisión**

El programa “Seguimiento a Flotas”, se llevó a cabo en conjunto con un funcionario de la empresa Santa Mónica a través de una revisión quincenal, cada domingo, con el fin de no entorpecer las operaciones logísticas de la flota. La inspección de las llantas se realizó con apoyo de un carro-taller en los parqueaderos de la empresa para evitar desplazamientos innecesarios y consumos de otras variables (como combustible, desgaste, etc.); una vez en el sitio, con ayuda del técnico se revisó cada una de las llantas de los vehículos de la flota evaluando variables que puedan afectar su buen desempeño como profundidad de labrado interno, central y externo de la llanta, presión e inspección visual y como resultado se generan planes de trabajo de rotación, calibración, reencachos, montaje de parches, reparación de llanta y regrabado a una proyección de quince (15), treinta (30) y cuarenta y cinco (45) días.



### 3.2.3 Actividades de Control

Al día siguiente de la inspección (lunes), con ayuda del técnico se genera un reporte en el cual se informa específicamente sobre cuales llantas se deben tomarse acciones, ya sea cambiarlas, rotarlas o incluso reencaucharlas. A seguir se realizaron las debidas programaciones de acciones preventivas de acuerdo con la planeación logística de transporte que se tengan sobre los vehículos “afectados”.

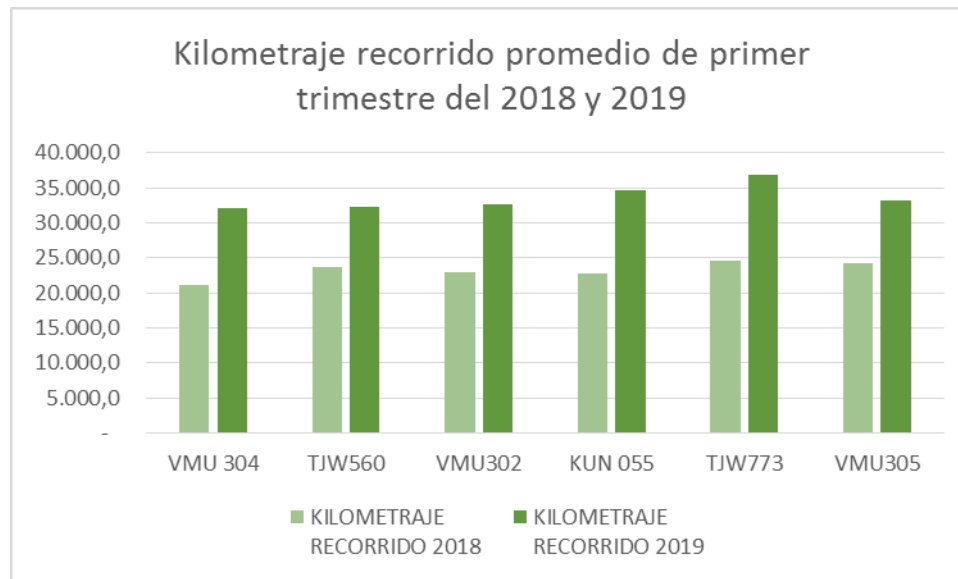
Para la realización de estas actividades de control se tuvo en cuenta la importancia de factores ajenos a la empresa como son la cantidad de Kilómetros recorridos por Semana, las características de la ruta ya sean pavimentadas o semi pavimentadas, con baches y/o con huecos, entre otras. A partir de esta información, se define que la frecuencia la inspección en las llantas se realizara cada quince (15) días, tiempo suficiente para detectar una mala calibración de las llantas y tomar acciones preventivas sin afectar la vida útil de la llanta. Además, el registro de las variables como nivel de desgaste en función del kilometraje recorrido y tipo de vía, permitió tener control en cada una de las llantas para su garantía y detección de cambios clandestinos por llantas más deterioradas.

### 3.2.4 Reducción de costo por kilómetro en llantas:

En el sistema llantas se obtuvo una reducción del 48,33% del costo, siendo este el sistema que se redujo en mayor medida; las actividades se centraron en la ejecución de planes de reencauche, rotación y reparaciones a tiempo, todo esto gracias a la constante inspección quincenal. La alianza estratégica con el proveedor genero confianza y garantías sobre el producto alcanzando e incluso sobrepasando los índices del fabricante los cuales son 120.000 km.

En la figura 2 se ve reflejada la durabilidad promedio en kilómetros recorridos (eje vertical) de los seis (6) vehículos con mayor operatividad en la flota durante el primer trimestre del año 2018 y 2019 (eje horizontal).

**Figura 2.** Comparativo de durabilidad promedio de llantas en kilómetros del primer trimestre de los años 2018 y 2019.

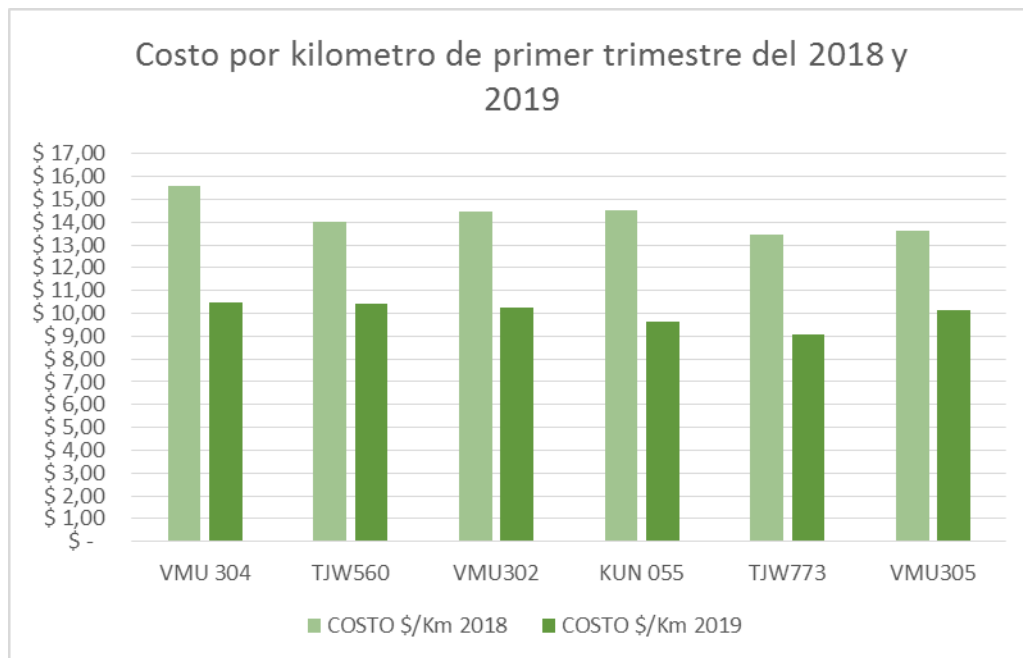


En la figura 2 se puede observar que los kilometrajes recorridos en el primer trimestre del 2019 aumentaron, sin embargo, el desgaste de las llantas fue similar al del primer trimestre del 2018. Por esta razón se realiza el comparativo de costo por kilómetro promedio de los seis (6) vehículos antes seleccionados.

En el primer trimestre del año 2019 se implementó el programa “seguimiento a flotas” dando como resultado un incremento en durabilidad del 30,87%.

Este incremento genero ahorro en el costo de renovación de llantas. Este estudio se realizó dividiendo el valor total de la llanta nueva en el total de kilómetros proyectados según el desgaste en la profundidad de la llanta en un periodo de tiempo de tres meses, a esta variable se le define costo promedio por kilómetro.

**Figura 3.** Comparativo de costo promedio por kilómetros en los años 2017 y 2018.



En la figura 3 se observa una reducción promedio del 29,94% en el costo promedio por kilómetro de las llantas de los seis (6) vehículos. Se observa también una estandarización en el costo por kilómetro en el 2018 cerca a los \$10 pesos colombianos.

### 3.3 Plan de Mantenimiento Sistema Cabezote:

Para el sistema cabezote se tomaron decisiones que ayudan a perdurar la vida útil del mismo generando mantenimientos preventivos y reduciendo costos a través de mejoras de calidad en procedimientos básicos. Se identificó que los costos más altos en este aspecto se debían a repuestos por daños en muelles, crucetas y quinta ruedas. Según el manual del fabricante las ineficiencias en el proceso de engrase u omisión del mismo generan daños en las piezas mencionadas.

#### 3.3.1 Cambio de proveedor

Después de una investigación de mercado según especificaciones técnicas se decide cambiar la marca de la grasa usada por una de mayor calidad (Motul). El cambio de grasa permitió tener garantías y establecer una frecuencia de kilometrajes siguiendo las especificaciones técnicas de calidad del producto. No obstante, se realiza una alianza estratégica con el proveedor “Autopesados” el cual está ubicado a 2 kilómetros del parqueadero de los vehículos de la empresa, reduciendo los tiempos de desplazamiento.

#### 3.3.2 Cambio de procedimiento

Una vez realizada la alianza con la empresa Autopesados, se determinan los parámetros de uso para una mayor eficiencia del producto, como lo son la lavada del equipo y la inspección de todas las graseras (lugares donde se aplica la grasa en el equipo) antes de realizar el proceso de engrase. Para cumplir con los niveles de limpieza con la lavada previa, se contrató al proveedor “Tecnico Santa Mónica” para realizar este procedimiento ya que

trae ventajas competitivas como lo son la cercanía, la confianza y que en caso de requerir trabajo de llantas que coincidan con la lavada se optimizan tiempos y desplazamientos.

### **3.4 Plan de Mantenimiento Sistema Neumático y Frenos**

Para el sistema Neumático y frenos se determinaron acciones preventivas priorizando la seguridad del operario; se incluyeron inspecciones extras realizadas por el jefe de mantenimiento de manera periódica durante cada engrase del vehículo, optimizando así los tiempos y asegurando el correcto funcionamiento del sistema.

#### **3.4.1 Inspección diaria**

Se determina como política institucional cumplir a cabalidad con el PESV (Plan estratégico de seguridad vial) el cual comprende el compromiso del personal de cada organización de cumplir fielmente con las inspecciones establecidas para los temas de seguridad vial (Ley N° 1503, 2011). Para ello se diseñó el formato de inspección preoperacional del vehículo en donde participan los conductores realizando un diagnóstico de los principales sistemas del tractocamión que certifiquen su correcto funcionamiento. Para su uso, se realizaron capacitaciones y se instauró la “Macro” dentro de la cabina.

#### **3.4.2 Instalación Macro**

La instalación del sistema “Macro” dentro de la cabina es un teclado que permite a los conductores enviar mensajes a una plataforma en línea al jefe de mantenimiento, en donde se deja el registro del chequeo preoperacional de luces, llantas, lubricantes, refrigerantes y Frenos.

### **3.5 Plan de Mantenimiento del Sistema Tráiler**

En el plan de mantenimiento del Sistema Tráiler se incluyen actividades de inspección de las piezas más relevantes como los Twist Lock (elemento que asegura el contenedor), la plataforma y actividades de alineación; se determina que lo más importante para el mantenimiento preventivo de este sistema es el engrase ya que el cambio de piezas prematura está directamente relacionado con la omisión de este procedimiento. A su vez, se tiene en cuenta que la vida útil de los elementos del sistema es bastante larga por lo que un correcto engrase e inspección generan un plan preventivo confiable.

Para este proceso se tuvo en cuenta el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), ya que es una metodología que se encarga no solo de desarrollar tareas específicas para el mantenimiento de cualquier activo físico, sino que también se centra en las acciones realizadas por el personal técnico; en como por medio de las actividades cotidianas de preservación de las piezas clave se suelen dar soluciones erróneas que llevan al sobre mantenimiento (Popieul, Simon, Loslever & Todoskoff, 2001, p. 254).

### **3.6 Plan de Mantenimiento del Sistema Eléctrico**

El Sistema eléctrico no genera fallas repentinas en el equipo por lo cual se establece crear un procedimiento en el cual se genera una hoja de vida con todas las novedades del sistema eléctrico presentado por cada vehículo; esta hoja de vida debe ser actualizada cada vez que se realice una inspección o reparación. A través de las inspecciones se determinó un tiempo estimado en que las piezas como baterías, luces, arranques y cableado comenzarán a fallar; con estas alarmas, se determina si la acción es cambio de pieza o reparación.

#### **3.6.1 Acuerdo con proveedor:**

Se determina cambiar al proveedor debido a que no tenía instalaciones adecuadas para realizar los trabajos



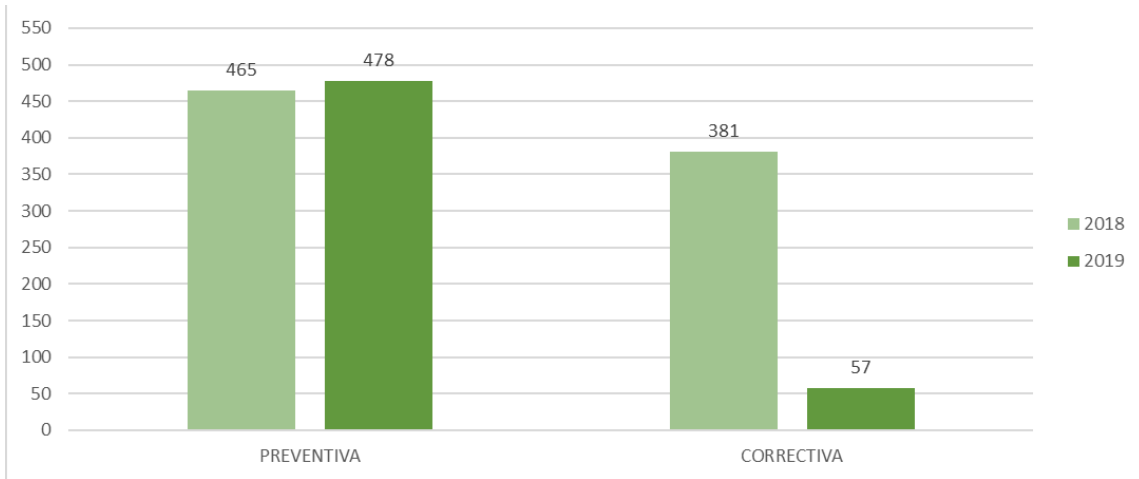
	MP/CLUTCH												24000
	ESCANEAR												24000
	MP/MOTOR GENERAL												36000
	MP/RADIADOR												36000
	MP/TRANSMISION												36000
	MP/HIDRAULICO												60000
	MP/DISTRIBUCION												60000
	ENFRIADOR DE ACEITE												60000
SISTEMA NEUMATICO Y FRENOS	MP/SUSPENSION												30000
	MP/FRENOS												30000
	INSPECCION FUGAS AIRE												6000
SISTEMA ELECTRICO	MANTENIMIENTO LUCES												30000
	DIAGNOSTICO ELECTRICO												30000
SISTEMA CABEZOTE	ENGRASE GENERAL												6000
	MP/CHASIS												36000
	LAVADA GENERAL												6000
	MP/DIRECCION												36000
	INSPECCION DE SISTEMA												6000
	LAVADO TANQUES												36000
SISTEMA TRAILER	ENGRASE GENERAL												6000
	LAVADA GENERAL												6000
	INSPECCION TRAILER												36000
SISTEMA LLANTAS	INSPECCION LLANTAS												15 DIAS DOMINGO
COMBUSTIBLE	SEGUIMIENTO EN LINEA												DIARIO

En el plan de mantenimiento expuesto en la tabla 3 se agrega el combustible, con el fin de establecer el control diario a través del monitoreo satelital ya que es uno de los rubros más grandes en el transporte; aunque esta actividad no pertenece a ningún sistema, se incluye con el fin de generar alarmas en el momento que se sale de los estándares.

También se puede observar que la actividad de lavada, engrase e inspección de llantas se realizan cada vez que se ingresa a mantenimiento, lo cual permite tener un control sobre los sistemas más influyentes en el vehículo de carga pesada.

### 3.9 Reducción de actividades de mantenimiento:

**Figura 4.** Reducción de actividades de mantenimiento del primer trimestre del año 2018 al primer trimestre del año 2019.



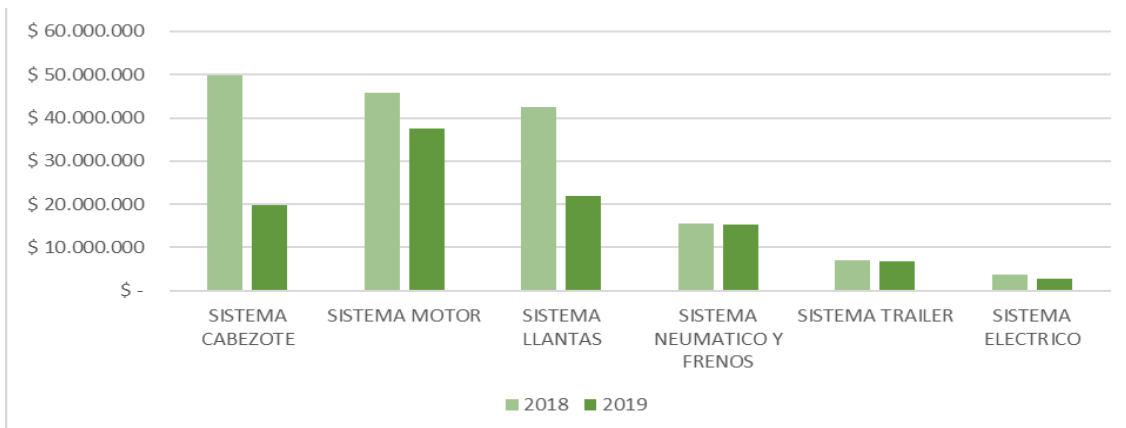
El diseño e implementación del plan de mantenimiento de la empresa en estudio a través de un leve incremento de actividades de mantenimiento preventivo de un 2,7% controladas, dio como resultado la reducción en actividades de mantenimiento correctivo en un 85%.

Se observa una disminución en la cantidad de actividades de mantenimiento realizadas, esto es gracias a que el plan de mantenimiento logra optimizar las paradas realizando actividades puntuales que generan mayor fluidez operacional, menor tiempo en talleres y reparaciones y mayor durabilidad de sus sistemas. Cabe recordar que los mantenimientos ejecutados con programación permiten, mayor tiempo para cotizar, mayor rapidez de ejecución, menos varadas en carreteras, mayor satisfacción del cliente al tener una programación logística donde se incluyan las actividades del plan.

### 3.10 Reducción de costos de mantenimiento por sistema:

En la figura 5, se toma como muestra el costo del mantenimiento realizado en el primer trimestre del año 2018 comparándolo con el primer trimestre del año 2019, en donde se observa que el sistema tráiler y neumático y frenos se mantienen constante, lo cual ya es un buen resultado teniendo en cuenta el encarecimiento natural de las actividades de mantenimiento por incremento de mano de obra y repuestos, sin embargo, los sistemas enfocados en la investigación muestran una clara reducción en donde el sistema motor, sistema llantas, sistema cabezote tienen una reducción notoria constituyendo menos del 45% de los gastos de mantenimiento de dichos sistemas en el consolidado de los dos trimestres.

**Figura 5.** Reducción de costos por sistema en el primer trimestre del año 2018 y el primer trimestre del año 2019



El ahorro total en mantenimiento de un periodo a otro es de \$59.825.902 millones de pesos.

### **3.10.1 Operarios:**

Cabe aclarar que todos estos resultados fueron posibles también a través de las capacitaciones y concientización a los operarios de los vehículos, para los cuales se realizaron en las instalaciones del parque industrial con ayuda de los proveedores Kenworth de la montaña y Tecnicentro santa Mónica donde se trataron temas de manejo seguro, calibración de llantas, uso de frenos, manejo en zona verde e inspección preoperacional del vehículo, este último tema es de vital importancia ya que es un requisito legal del PESV (Plan estratégico de seguridad vial) (Ley N° 1503, 2011), para lo cual junto con el sistema Satelital Omnitrac se procede a instalar dentro de los vehículos una “Tablet” en los cuales el conductor puede dejar por escrito cualquier novedad de mantenimiento a partir de la plantilla preoperacional, la cual consta de revisión de llantas, niveles de lubricantes, luces y un campo de observaciones en el cual se deja las actividades pendientes en cuestión del plan de mantenimiento, esto hace que el personal se involucre de lleno con el cumplimiento de las nuevas políticas.

No obstante, los proveedores aliados generan un mayor valor agregado a través de dichas capacitaciones y premios de cumplimiento de los aspectos antes mencionados, esta premiación se inició en febrero del 2019 y se realizara cada año con el fin de comprometer el personal que interactúa con el equipo directamente.

## **4. CONCLUSIONES**

De acuerdo a la investigación realizada, se puede confirmar que con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a los vehículos de una empresa dedicada al transporte de carga, se reducen enormemente los costos generados por las diferentes variables inherentes al proceso. También se concluyó que al momento de realizar un plan de mantenimiento preventivo en vehículos de carga terrestre es fundamental tener en cuenta ciertas variables con la necesidad de que el desarrollo del plan no afecte las actividades de la empresa, en aspectos tanto operativos como administrativos; algunas de las variables fundamentales para un correcto desarrollo del plan de mantenimiento son las recomendaciones del fabricante, la ruta recorrida, los modelos de los vehículos, las alianzas con los proveedores, las frecuencias de mantenimiento y la capacitación del personal.

El plan de mantenimiento preventivo desarrollado en la empresa de estudio no solo redujo el total de los costos de mantenimiento en un 36,4% (\$59.825.902), sino que también obtuvo beneficios de costos indirectos del proceso como lo son el ahorro de combustible, menor tiempo muerto en talleres y disminución de varadas en carretera. Cabe resaltar que en la implementación de este plan de mantenimiento preventivo fue fundamental incluir ciertas políticas dentro de la programación del mismo, tales como el no tener más de un vehículo realizando actividades de mantenimiento en el taller, hacer parte al personal operativo de la empresa, aumentar los incentivos por el cumplimiento del plan, las capacitaciones al personal operativo y administrativo y las alianzas estratégicas que se generaron con los proveedores.

Es entonces como al lograr una reducción en los costos de mantenimiento con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, y la mejora de variables como el cumplimiento y satisfacción a los clientes permitió que la empresa sea más competitiva.

## REFERENCIAS

- Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *Int. J. Production Economics*, 105, pp.70–78.
- Franciosi, C., Lambiase, A. & Miranda, S. (2017). Sustainable Maintenance: a Periodic Preventive Maintenance Model with Sustainable Spare Parts Management. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), pp.13692–13697.
- Flórez, O. (2018, Junio 6). Entrevista sobre Mantenimiento preventivo a equipos, Cali, Colombia.
- García, S. (2003), *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*, Madrid, España, Díaz de Santos S.A.
- Gary, L., Amos, N. & Tehseen, A. (2018). Towards strategic development of maintenance and its effects on production performance by using system dynamics in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 200, pp.151-169.
- Garza-Reyes, J., Beltran, J., Kumar, V., Villarreal, B., Cedillo-Campos, M. & Rocha-Lona, L. (2017). Improving Road Transport Operations using Lean Thinking. *Procedia Manufacturing*, 11, pp.1900-1907.
- Gavieles Mira, F. (2018). Sistema OmniTracs. Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <https://www.logitracs.com>.
- Gaytan, A. (2000), *Administración del Mantenimiento*, Monterey, México, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Hedvall, K., Dubois, A. & Lind, F. (2016). Analysing an activity in context: A case study of the conditions for vehicle maintenance. *Industrial Marketing Management*, 58, pp.69-82.
- Hyunju, L. & Hwan, J. (2016). New stochastic models for preventive maintenance and maintenance optimization. *European Journal of Operational Research*, 255, pp.80-90.
- Industrias Michelin. (2008). Manual de Servicio para llanta de camión MICHELIN X One. Recuperado de [https://michelinb2b.com.mx/my\\_documents/201392417176.pdf](https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf).
- Kenworth Truck Company. (2017). Manual del conductor: Instrucciones de funcionamiento y mantenimiento preventivo. Recuperado de <https://vdocuments.mx/manualdelconductor-kenworth.html>.
- Monteiro Tavares, C. & Szpytko, J. (2016). Vehicles Emerging Technologies from Maintenance Perspective. *IFAC-PapersOnLine*, 49(28), pp.67-72.
- Ley N° 1503. Diario Oficial N° 48298 del Congreso de la República de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, 30 de diciembre del 2011.
- Olives Masip, R. (2009). *Quaderns de Prevenció: Mantenimiento Preventivo*. Departamento de Empresa y Empleo, pp. 3-10.
- Parra, M. (2018, Mayo 17). Entrevista sobre Opinión de mantenimiento preventivo, Yumbo, Colombia.
- Popieul, J., Simon, P., Loslever, P. & Todoskoff, A. (2001). Detection of Evolutions in the Driver Behaviour Using Reliability Centred Maintenance Methods. *IFAC Proceedings Volumes*, 34(16), pp.253-258.
- Resolución N° 4100. Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 28 de diciembre de 2004.
- Tavares, L. (2000), *Administración Moderna de Mantenimiento*, Rio de Janeiro, Brasil, Novo Polo Publicações.