

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES MARCA CUMMINS
ISM DE LA FLOTA DE CAMIONES MIXER MEZCLADORAS DE CONCRETO, PARA
CICLOS HASTA DOS (2) AÑOS

CESAR OSWALDO CEPEDA DIAZ

FABIAN HUMBERTO LEON ALFONSO

CESAR AGUSTO ESPAÑA CAÑON

ASESOR:

MBA. ING. ALVARO LOPEZ

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ, D.C, Junio de 2019

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS MOTORES MARCA CUMMINS
ISM DE LA FLOTA DE CAMIONES MIXER MEZCLADORAS DE CONCRETO, PARA
CICLOS HASTA DOS (2) AÑOS

CESAR OSWALDO CEPEDA DIAZ

FABIAN HUMBERTO LEON ALFONSO

CESAR AGUSTO ESPAÑA CAÑON

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

UNIVERSIDAD ECCI

BOGOTÁ, D.C, Junio de 2019

Tabla de contenido

1. Título de la investigación	9
2. Problema de investigación.....	10
2.1. Descripción del problema	10
2.2. Planteamiento del problema.....	11
2.3. Sistematización del problema	12
3. Objetivos de la investigación.....	13
3.1. Objetivo general	13
3.2. Objetivos específicos.....	13
4. Justificación y delimitación de la investigación	14
4.1. Justificación.....	14
4.2. Delimitaciones.....	15
4.3. Limitaciones	16
5. Marcos de referencia	17
5.1. Estado del arte.	17
5.1.1 Estado del arte local	17
5.1.2 Estado del arte nacional	19
5.1.3 Estado del arte internacional.....	21
5.2 Marco teorico.	23
5.2.1 Generalidades y definición de mantenimiento	23
5.2.2 Objetivos del mantenimiento.....	24

5.2.3	Tipos de mantenimiento	25
5.2.4	Especificaciones del motor	27
5.3	Marco legal.....	29
6	Marco metodologico de la investigación.....	30
6.1	Recolección de la información.....	31
6.2	Análisis de la información.....	34
6.3	Propuesta de solución.....	36
7	Análisis costo beneficio:.....	52
8	Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
9	Recomendaciones	58
10	Bibliografía.....	¡Error! Marcador no definido.

Listado de tablas

Tabla 1 Especificaciones Técnicas.....	28
Tabla 2 Cronograma de actividades.....	32
Tabla 3 Reporte de fallas	33
Tabla 4 Acción correctiva.....	33
Tabla 5 Consolidado de fallas trimestrales	34
Tabla 6 Herramientas.....	37
Tabla 7 Repuestos iniciales.....	38
Tabla 8 Insumos.....	38
Tabla 9 Equipos oficina	39
Tabla 10 Restricción de filtración.....	45
Tabla 11 Rutinas de mantenimiento	48
Tabla 12 Costos iniciales	52
Tabla 13 Costos directos.....	53
Tabla 14 Costos indirectos.....	53
Tabla 15 Costos mensuales implementacion	53
Tabla 16 Costos comparativos.....	54
Tabla 17 Análisis de paros no programados	54
Tabla 18 Horas mensuales no productivas.....	55
Tabla 19 Costos por hora no productivas	55
Tabla 20 Cuadro comparativo de Costos	55
Tabla 21 Formula ROI.....	56
Tabla 22 Datos ROI	56

Lista gráficas

Gráfica 1 Cantidad de novedades del trimestre, elaboración propia.	34
Gráfica 2 Afectación mensual, elaboración propia.	35

Lista Imagen.

Imagen 1 Toma de datos con software	43
Imagen 2 Instalacion de Vacuometro	44
Imagen 3 Instalación de Instrumentación para Toma de Datos.....	45
Imagen 4 Saturación de Filtros.	46

Introducción

La disposición de los activos y la disminución de las paradas dentro de los procesos de producción y operativos de los mismos, exige un mayor esfuerzo del personal encargado de mantener en buen estado los equipos usados para el desarrollo de las actividades de la organización. Es así, que las dependencias encargadas del mantenimiento adquieren mayor importancia dentro las empresas de producción y de servicios, debido a que son las responsables de la conservación y el buen estado de las máquinas y equipos pertenecientes a una empresa. Surge entonces la necesidad de implementar un tipo de mantenimiento acorde a las necesidades y que permita el logro de los objetivos planteados en el tiempo determinado. Por medio del mantenimiento preventivo se logra la reducción de fallas que podrían ocasionar retrasos en las actividades de la empresa, además se maximiza el aprovechamiento de los vehículos, su disponibilidad y mantenibilidad; así como aumentar los índices de confiabilidad de los mismos.

En un programa de mantenimiento preventivo se deberá tener en cuenta, no sólo los aspectos técnicos sino también los relacionados a la gestión y organización, considerando factores económicos, de seguridad y medio ambiente, así como también las competencias del personal que desarrolla las diferentes actividades programadas.

El plan de mantenimiento preventivo propuesto se diseñará para los motores de los vehículos mixer mezcladores de concreto, para que, de manera segura y eficiente, respondan oportunamente a las expectativas de la empresa Pisos Industriales. Aplicando el plan de mantenimiento propuesto, se logrará mantener en un estado óptimo los vehículos cuya operación le ofrecerá a la empresa la posibilidad de contar con un servicio de calidad y que cumpla con la necesidad de los clientes.

1. Título de la investigación

Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para los motores marca Cummins ISM de la flota de camiones mixer mezcladores de concreto, para ciclos de hasta dos (2) años.

2. Problema de investigación

2.1. Descripción del problema

La empresa Pisos Industriales en la actualidad cuenta con una flotilla de 20 vehículos mezcladores marca internacional los cuales están equipados con un motor cummins ISM 350 hp, actualmente el soporte y mantenimiento de estos motores está contratado a través de un Outsourcing, el cual se encarga tanto de mantenimientos preventivos como de mantenimientos correctivos. A finales de agosto de 2017 las detenciones no programadas relacionadas a inconsistencias en el desarrollo del mantenimiento se incrementaron en proporciones no estimadas, y como consecuencia, el servicio y los tiempos de respuesta ante los clientes se vieron considerablemente afectados, además de incidir en cuantiosas pérdidas económicas por falta de producción y altos costos por mantenimiento correctivo.

Por tal motivo, y teniendo en cuenta los diversos problemas y fallas mecánicas que se presentan diariamente en la operación normal de los vehículos, se hace necesario elaborar un plan de mantenimiento preventivo que permita garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos.

2.2. Planteamiento del problema

El incremento en los paros no programados ha sido un aspecto alarmante para el grupo directivo de la compañía, toda vez que esto implica no solo costos adicionales no previstos, sino la afectación en la imagen y posicionamiento de la empresa en el mercado como resultado de la baja calidad y confiabilidad del mantenimiento ejecutado sobre los motores.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea la siguiente pregunta que enmarca la solución que se desea implementar:

¿Cómo optimizar la disponibilidad y aumentar la confiabilidad de los motores Cummins ISM 350 hp, los cuales hacen parte de los vehículos mezcladores de concreto con los que cuenta la compañía?

Con base en lo anterior y por requerimiento de la compañía, surge la necesidad de implementar un plan de mantenimiento preventivo para dichos motores, enfocado en la confiabilidad y disponibilidad de la flota minimizando los costos y tiempos muertos de parada por imprevistos.

Para abordar el problema, inicialmente se revisará la documentación histórica de los vehículos, posteriormente se implementará técnicas de inspección visuales y lecturas de indicadores. Teniendo en cuenta la información obtenida se iniciará con la elaboración de la propuesta del plan de mantenimiento preventivo correspondiente, el cual estará definido por ciclos de operación hasta 2 años para los veinte vehículos.

2.3. Sistematización del problema

- ¿Es de gran beneficio para la empresa Pisos Industriales, establecer un plan de mantenimiento preventivo donde se lleve un control detallado de su flota de vehículos?
- ¿Estableciendo el plan de mantenimiento sugerido por el fabricante, se logrará minimizar las fallas de los vehículos?
- ¿Realizando una planificación del trabajo de mantenimiento, se podrá reducir los costos en la empresa?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Construir un plan de mantenimiento preventivo para los motores marca cummins de la flota de camiones mixer mezcladoras de concreto para ciclos de servicio de hasta dos (2) años que reduzca los costos de mantenimiento actuales.

3.2. Objetivos específicos

- Revisión y análisis de la documentación histórica, fichas y hojas de vida de los motores marca cummins de los camiones mixer.
- Establecer los modos de fallas y mantenimientos correctivos realizados con mayor frecuencia a los motores marca cummins de los camiones mixer.
- Diseñar nuevas fichas de mantenimiento preventivo basados en el análisis previo, donde se especifique los puntos de revisión y la periodicidad de los mismos enfocados en reducir tiempos muertos y mejoramiento en la disponibilidad de la flota.

4. Justificación y delimitación

4.1. Justificación

En la propuesta del plan de mantenimiento se busca dar solución a los problemas que se encuentran actualmente en la empresa Pisos Industriales, ofreciendo alternativas de mejoramiento con las diferentes metodologías de mantenimiento que faciliten la ejecución, planeación y organización de las actividades de mantenimiento, de tal manera que se pueda en corto plazo aumentar la confiabilidad, disponibilidad y funcionalidad óptima de los vehículos, reduciendo el origen de las fallas y tiempos de parada.

Entre las obligaciones adquiridas por la empresa, está la de mantener la flota en buen estado para su operación, garantizando su disponibilidad y confiabilidad, realizando los mantenimientos preventivos para tal fin. Sin embargo, la situación es totalmente diferente dado que el mantenimiento se realiza a través de un Outsourcing del sistema, el cual está realizando mantenimientos por fuera de los rangos establecidos por el fabricante ocasionando paradas inesperadas y acortando la vida útil de los motores.

Se espera que con la implementación del plan de mantenimiento propuesto se mejore de forma eficiente la disponibilidad y operación de los vehículos, se logre mitigar y corregir los diferentes reprocesos y fallas, con el fin de mejorar la calidad en la prestación del servicio.

El desarrollo de esta monografía permite afianzar y poner en práctica los conocimientos aprendidos durante la especialización, además de adquirir experiencia aplicando los conceptos métodos y herramientas aprendidos para realizar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo que podría ser aplicable en su concepto en cualquier área de la industria.

4.2. Delimitaciones

El presente documento será desarrollado para la monografía correspondiente al proyecto citado en el título bajo las siguientes delimitaciones:

- El tiempo que dura la investigación y la propuesta, será de aproximadamente de tres meses.
- Se realizará la propuesta con base en el estudio de la información obtenida de 10 de los 20 vehículos, toda vez que solo 10 vehículos cuentan con documentación histórica completa de mantenimiento durante el tiempo de operación.
- La propuesta se presentará con base en el estudio de los datos obtenidos, esperando que el comportamiento de dicha muestra se acerque a la realidad de la operación actual de la empresa Pisos Industriales.

4.3. Limitaciones

- La empresa no cuenta con personal técnico certificado para la ejecución de un plan de mantenimiento.
- Limitación en la información: dificultad en el acceso de toda la información histórica, hojas de vida, fichas y demás documentos de los vehículos del estudio en cuestión.
- Geográfica: ya que esta empresa se encuentra ubicada en el municipio de cota presentando inconvenientes para las visitas propuestas para la recolección de información.

5. Marcos de referencia

5.1. Estado del arte

5.1.1 Estado del arte local.

- En el año 2015. En la universidad Escuela Colombiana De Carreras Industriales los ingenieros Albert Orlando Calderón Gaitán, Edward Leonardo Lara Rubio con la monografía de especialización “Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de las 5 m para un sistema de transporte masivo de pasajeros” su objetivo principal del mantenimiento es garantizar las condiciones óptimas de operatividad de los vehículos, mediante el diseño, planificación, ejecución y control de los programas de mantenimiento, con la finalidad de asegurar la continuidad del servicio de los vehículos basado en la metodología de las 5M, apoyados de los requisitos técnico, tecnológicos y profesionales exigidos para la ejecución de las labores de mantenimiento con el menor costo y tiempo posible pero con índices de productividad, rentabilidad y seguridad más altos que se puedan llegar a efectuar. (calderon Gaitan & Lara Rubio , 2015)
- En el año 2010 en la Universidad escuela Colombiana De Carreras Industriales los ingenieros Blake Turrer, Oscar López, con la monografía “ Propuesta de aplicativo para la gestión del mantenimiento de la flota de tracto camiones de la empresa entre flores Ltda.” al diseñar un aplicativo para gestionar el mantenimiento en modo de información y diseñando un software que les permita integrar el manejo de la información de la flota y calculando la disponibilidad de la flota y los tiempos determinante para la ejecución de los mantenimientos preventivos y los programados. (Blake & Lopez, 2010)

- En el año 2010 en la Universidad escuela Colombiana De Carreras Industriales los ingenieros Leída Milena López Flórez, Fidel Alexander Ballesteros con la monografía “Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehículos de la empresa tracto carga” con este plan se desea reducir los tiempos muertos y los costos de reparación de la flota de vehículos, evaluando el estado actual de la flota de vehículos, identificando los inconvenientes a tener en cuenta para su evaluación y aplicación del plan de mantenimiento cumpliendo con los requisitos pautados, especificando la metodología y políticas del plan de mantenimiento y definiendo las funciones y los procedimientos de cada área del departamento de mantenimiento. (Lopez Florez & Ballesteros, 2010)
- En el año 2011 en la universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales el ingeniero Armando Alfredo Hernández Martin, con la monografía “Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa suramericana de transporte” el fin de la propuesta es de planear la necesidad y creación de una base de datos que permita la presentación de informes relacionados con costos y tiempos del parque automotor, mejorar los tiempos en los procesos de diligenciamiento y control de las tareas técnicas y administrativas con procedimientos técnicos apoyados en los manuales que nos permitan de una manera fácil la aplicación y ejecución de todas las tareas propuestas en el plan de mantenimiento. (Hernandez Martin, 2011)
- En el año 2013 en la universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales el ingeniero Joel Orlando Forero Reyes con la monografía “Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para una flota de vehículos de maquinaria de bomberos” su propuesta enfocada al cambio de modelo de mantenimiento que actúa sobre la condición de llegar a falla de los componentes la cual no permite garantizar un óptimo y adecuado

funcionamiento de los equipos, con la implementación de la propuesta plantea confiabilidad y disponibilidad de los equipos con el aporte de un mantenimiento preventivo de acuerdo a las condiciones de operación de la flota vehicular. (Forero Reyes, 2013)

5.1.2 Estado del arte Nacional.

- En el año 2010, en la universidad Autónoma del Caribe, los ingenieros Jhosimar Beltrán Coronado- Orlando Orozco Vega con la monografía “Propuesta de un plan de mantenimiento para aplicar a la flota de vehículos de la universidad autónoma del Caribe” hablan del mantenimiento como la busca reducir y prevenir los daños que viene presentando el parque automotor de la empresa CMSI, para dicho fin se hizo uso de técnicas claves de mantenimiento como lo es el TPM (mantenimiento productivo total), que a su vez viene asociado con conceptos como el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el método de las 5S que busca mejorar el ambiente de trabajo. Dentro del manual se encuentran formatos como las lista de chequeo, cuadro de mantenimiento mensual, solicitud de mantenimiento, orden de trabajo, bitácora de mantenimiento, entre otros. (Beltran Colorado & Orozco Vega, 2010)
- En el año 2010, en la universidad Autónoma del occidente el ingeniero Javier Arias Bermeo con la monografía “diseño, desarrollo e implementación del programa de mantenimiento mecánico para vehículos de la secretaria de tránsito y transporte municipal” desarrollan una aplicación que permite la planeación, organización y control de mantenimiento, para los vehículos para la secretaria de tránsito y transporte para el municipio de la ciudad de Cali, cumpliendo con una programación de inspecciones tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, limpieza y lubricación y su

objetivo principal es detectar anomalías en el equipo automotor y corregirlas oportunamente. (Arias Bermeo, 2010)

- En el año 2007, en la universidad tecnológica de Pereira el ingeniero Carlos Eduardo Silva Martínez con su tesis “diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre” Realizaron una investigación en el campo automotor y en la gama de equipos móviles en general, ya sea de transporte de personal, transporte de carga o de maquinaria pesada, es común encontrar que se ha postergado el mantenimiento a la corrección de fallas y varadas al instante que ocurren. Por esta razón este trabajo recopiló toda la información de fallas y con los datos estadísticos diseñó un plan de mantenimiento preventivo. (Silva Martínez, 2007)
- En el año 2010, en la universidad Industrial de Santander el ingeniero Humberto Rodríguez Rivera con su monografía de especialización “Su objetivo fue el diseño de un modelo de gestión de mantenimiento que se adapte a las necesidades y al tamaño de la empresa, buscando encontrar resultados positivos a favor de la disponibilidad, la mantenibilidad, la confiabilidad y los costos, para este propósito inicialmente se centra en la recopilación técnica relativa a los equipos y maquinaria, continuando con el establecimiento de una estructura organizacional y las diferentes funciones del personal de mantenimiento. El resultado será la implementación de un modelo que permita organizar el mantenimiento dando cobertura a informes de costos. (Rodríguez Rivera, 2010)
- En el año 2007, en la Universidad tecnológica de Pereira, el Ingeniero Daniel Aristizábal Torres, con la monografía “diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa centrifugados concisa Ltda.” Plantea la falta de un plan de mantenimiento para

realizar labores de prevención de fallos, además toca un punto interesante pero verídico en ,muchas compañías del sector industrial, en las cuales solo hay una persona encargada de dichas labores limitando al máximo la comunicación entre personal de mantenimiento y la jefatura, por otro lado escasea el levantamiento de información de los equipos de mayor producción y sus respectivos fallos, concluye además que el análisis funcional que se le hizo a cada máquina incluida en el plan determina que es necesario llevar un historial de fallos y actividades correctivas. (Aristizabal Torres, 2007)

5.1.3 Estado del arte internacional.

- En el año 2012, en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, los Ingenieros Hernán Manuel Maldonado Villavicencio y Luis Alfredo Sigüenza Maldonado, con la monografía “propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining de Cantón Portovelo”, Concluyen que las fichas técnicas de inspección rutinaria de la maquinaria consta de ítems que conducen a la revisión rápida de los diferentes elementos y sistemas de la máquina, ya que de esta forma se podría identificar el inicio de una avería menor que con el pasar del tiempo se podría convertir en una avería mayor o grave, así mismo programar los diferentes tipos de mantenimientos a desarrollar en los equipo. (Maldonado Villavicencio & Sigüenza Maldonado, 2012)
- En el año 2007, en la Escuela Politécnica Nacional, el Ingeniero Michel Eduardo Vargas Vallejo, con la monografía “Distribución de planta en un taller de mantenimiento automotriz para vehículos hasta de tres toneladas para transporte de pasajeros”, tiene como objetivo específico suministrar una propuesta de distribución de planta de obedezca a un flujo de trabajo lógico, considerando tiempo y movimientos, con el fin de eliminar

los retornos del vehículo al interior del taller en el proceso de reparación. Lo cual resulta ser muy lógico y además eficiente a la hora de realizar labores de mantenimiento no solo mecánico si no de imagen vehicular, en una de sus conclusiones, dice que se evidencia que la metodología para la optimización de procesos y distribuciones de planta, puede ser aplicada a cualquier tipo de proceso productivo. (Vargas Vallejo, 2007)

- En el año 2009, en la en la universidad de oriente de Venezuela , el Ingeniero Gustavo A. Moreno R. con la monografía “Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones en base a los requerimientos en su contexto operacional” El objetivo principal de este trabajo es diseñar las estrategias de un plan de mantenimiento de una flota de tracto camiones bajo los requerimientos en su contexto operacional, para lograr este objetivo se realizó un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de los tracto camiones, verificando su estado y comportamiento durante su operación, luego se aplica la técnica de análisis de criticidad bajo la metodología del sub-sistema más crítico, finalmente se realizó un análisis de los resultados obtenidos y con ellos se realizan las recomendaciones para mejorar las condiciones de los sistemas más críticos (Moreno, 2009).
- En el año 2013, en la Universidad Internacional del Ecuador, los Ingenieros Paúl Marcelo Iglón Buitrón, Diego David Chávez Guerra, con la Monografía “Implementación del servicio de mantenimiento preventivo express para vehículos livianos en el concesionario Hyundai - Merquiauto|| , valle de los chillos”. Concluyeron que debido a las exigencias de hoy en día de los clientes, es importante brindarle un excelente servicio que sea rápido, de calidad y a un precio justo. Pero es de tener en cuenta la tecnología automotriz día a día avanza y por tal razón es necesario realizar capacitaciones a las personas

encargadas de realizar la labor de mantenimiento preventivo y correctivo. (Iglòn Buitrago & Chavez Guerra, 2013)

- En el año 2012 en la universidad de Guayaquil el ingeniera Martha Oliva Castro Gavilanes con la tesis “ Análisis de viabilidad de una compañía que proporcione servicios de lubricación y mantenimiento de vehículos a domicilio en la ciudad de Guayaquil” la empresa cuya viabilidad se analizó en el presente proyecto pretendía ofrecer servicios de lubricación y mantenimiento de vehículos a domicilio, los actuales estilos de vida de los ecuatorianos para los cuales el tiempo es su activo más valioso hacen que esta propuesta goce de gran aceptación por parte de los propietarios de vehículos. El crecimiento sostenido del parque automotor de la ciudad hace que el mercado sea cada vez mayor lo que presenta una oportunidad para invertir ofreciendo este tipo de servicio (Castro Gavilanes, 2012)

5.2 Marco teórico

5.2.1 Generalidades y definición de mantenimiento.

De acuerdo al portal AEC:

El concepto de mantenimiento se define como todas las acciones que tienen como objeto mantener un artículo en un estado en el cual pueda llevar a cabo sus funciones específicas, además de mencionar que en la ingeniería el concepto de mantenimiento tiene como significado entre otros el conjunto de acciones de provisión y reparación necesarias para que un elemento continúe cumpliendo su cometido en las que se Incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, etc. (Garcia Garrido , 2019)

Según García Garrido se puede definir:

Como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (Garcia Garrido , 2019)

5.2.2 Objetivos del mantenimiento.

Según el portal renovetec en su artículo Ingeniería del Mantenimiento existen 4 objetivos que deben marcar y dirigir el trabajo de un departamento de mantenimiento:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad, en donde define la disponibilidad de una instalación como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico. (Garcia Garrido, www.renovetec.com, 2019, pág. 5)
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad, el autor define fiabilidad como: un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. En una instalación industrial se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada, y comprometida en general con clientes internos o externos. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 6)
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta, lo que quiere decir el autor con esto es que las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 7).
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación, el autor en este objetivo precisa que los

objetivos planteados anteriormente no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 8).

5.2.3 Tipos de mantenimiento.

El mantenimiento se puede clasificar en varios tipos de acuerdo a los objetivos, planificación y recursos.

Según Sánchez Marín el mantenimiento se puede clasificar en 4 tipos:

- **Mantenimiento Ante Fallo**, el cual define como: “las operaciones de mantenimiento que tienen lugar tras el fallo y cuyo objetivo fundamental es la rápida devolución de la máquina a las condiciones de servicio. Para ello se pone énfasis en sustituir o reparar rápidamente las piezas que han fallado. (Sanchez Marin, 2007, pág. 10).
- **Mantenimiento Correctivo**, aquí Sánchez precisa que este tipo de mantenimiento tiene las mismas características que el anterior considerando que además de reparar la averiada busca diagnosticar y corregir la causa real que provocó el fallo. (Sanchez Marin, 2007, pág. 12).
- **Mantenimiento Preventivo**. Lo define como el tipo de mantenimiento cuyo objetivo consiste en prevenir el fallo. También indica que el mantenimiento preventivo más común es el planificado (PPM, Planned Preventive Maintenance). Se basa en el establecimiento de una rutina sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. (Sanchez Marin, 2007, pág. 12).

- Mantenimiento Predictivo. Este método, también llamado mantenimiento basado en la condición (condition-based maintenance, o condition monitoring) corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, cambiando las sustituciones periódicas por inspecciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, sólo se analiza el estado de la máquina mediante la medida de una serie de parámetros objetivos. (Sanchez Marin, 2007, pág. 12).
- Por otro lado, García Garrido define 5 tipos de mantenimiento en su libro Organización y Gestión Integral de Mantenimiento:
- Mantenimiento Correctivo, el cual define como el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y con son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 17)
- Mantenimiento Preventivo, se define como el mantenimiento que tiene como fin un nivel de servicio determinado, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 17).
- Mantenimiento Predictivo, el autor indica que es el mantenimiento que pretende conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones, además nos dice que para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 18).
- Mantenimiento Cero Horas, García lo define como el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo,

bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Aquí el autor nos precia que dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 18).

- **Mantenimiento En Uso**, el cual es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve, también García nos indica que este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total). (Garcia Garrido , www.renovetec.com, 2019, pág. 18).

5.2.4 Especificaciones del motor.

Especificaciones Generales.

- El portal International de vehículos informa al público en general que el motor ISM 350HP fue desarrollado para aplicaciones severas, destacándose en el desempeño, la eficiencia y la capacidad útil de carga. Ofrece respuestas rápidas de aceleración y potencia para hacer el mismo trabajo de motores de mayor cilindrada. Además resalta que su peso de 940 kg, proporciona una ventaja significativa de carga útil. (Internationalcamiones, 2018)

Tabla 1
Especificaciones Técnicas.

Especificaciones Generales De Potencia		
Velocidad Gobernada (rpm)	Automotriz	1800
	Vocacional/Autobús Urbano	2100
	Marino	2300
Diámetro y Carrera	125 mm [4.921 pulg.] x 147 mm [5.787 pulg.]	
Desplazamiento	10.8 litros [661 C.I.D.]	
Orden de Encendido	1-5-3-6-2-4	
Peso del Motor	Peso Seco	940 kg
	Peso Húmedo	996 kg
Rotación del Cigüeñal	En sentido de manecillas del reloj	

Manual Cummins Recuperado de dieselpro.com/cummins-ism-m-qsm-11.

Procedimientos y Técnicas de Diagnóstico de Fallas para el Motor Cummins.

El fabricante Cummins Engine Company, Inc. en su manual de servicio y reparación nos informa que la clave para un diagnóstico de fallas exitoso es obtener la mayor cantidad posible de información, de esta manera se podrá solucionar el problema de una manera más rápida y fácil. (cummins, 2018, pág. 14).

También informa que no es posible incluir todas las soluciones a los problemas que puedan ocurrir en una tabla de síntomas de diagnóstico de fallas; sin embargo, estas tablas están diseñadas para estimular un proceso mental que conducirá a la causa y corrección del problema. (cummins, 2018).

El Fabricante recomienda seguir una serie de pasos básicos para el diagnóstico de fallas, los cuales relaciono a continuación:

- Obtenga todos los hechos concernientes a la reclamación problema.
- Analice a fondo el problema.
- Relacione los síntomas con los sistemas y componentes básicos del motor.

- Considere cualquier acción reciente de mantenimiento o reparación que pueda relacionarse con la reclamación.
- Solucione el problema usando las tablas de síntomas y haciendo primero las cosas que sean más fáciles.
- Después de hacer las reparaciones, opere el motor para estar seguro de que la causa de la reclamación ha sido corregida.

(cummins, 2018).

5.3 Marco legal

- Resolución 910 del ministerio de transporte, Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
- Capítulo VIII Ley 769 de 2002 modificado por la Ley 1383 de 2010, Por la cual se reglamentan las Condiciones mecánicas, ambientales y de seguridad. Revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes.
- La norma técnica NTC 6093 Prefabricados de Concreto, la cual enmarca la implementación del Sello Ambiental Colombiano, cuya reglamentación de uso se estableció mediante la Resolución 1555 de octubre de 2005. Esta norma permite a los fabricantes de prefabricados en concreto, responder a requisitos ambientales y les permite demostrar que sus productos cumplen integralmente las exigencias de los mercados verdes.
- Decreto 173 de 2001 del Ministerio de Transporte por el cual se reglamenta el servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Carga.

6 Marco metodológico de la investigación

La selección del tipo de investigación establecerá los pasos a seguir en el estudio, sus técnicas y métodos que se puedan emplear en el mismo. En general determina todo el enfoque de la investigación y hasta la manera de cómo se analiza los datos recaudados, Así el punto de los tipos de investigación es la que nos va a constituir en un paso muy importante en la metodología, pues este va a determinar el enfoque que se le va a dar al mismo, se define que la investigación correspondiente para esta monografía es de tipo documental y estudio de caso, ya que se recopila la información necesaria para luego analizarla y dar soluciones a los problemas que se están presentando en la actualidad.

La información en la cual se basa esta investigación es recopilada de una muestra de 10 vehículos de la flota total Ism camiones Mixer mezcladoras de concreto de la empresa pisos industriales, toda vez que solo esta cantidad de vehículos cuentan con documentación histórica completa de mantenimiento durante el tiempo de operación. En la información analizada se observa la falta de rutinas de mantenimiento preventivo, siendo indiscutible que el mantenimiento que se realiza actualmente por el outsourcing es claramente correctivo y con un elevado costo para la empresa.

Igualmente se obtuvo información de documentos técnicos como son manuales del fabricante (CUMMINS) y otros relacionados con temas como el mantenimiento preventivo, se realizarán visitas a la empresa con el fin de determinar el estado actual en que se encuentra la flota de vehículos.

La información recolectada aportará datos importantes para el desarrollo de la investigación con el fin de realizar las estrategias a la problemática que está presentando actualmente la flota de vehículos.

6.1 Recolección de la información.

Para la elaboración de esta monografía se recopiló información de las siguientes fuentes de información:

- ***Población.***

la población involucrada en esta recopilación de información fueron la flota de vehículos (muestra de 10 unidades) de la empresa Pisos Industriales a los cuales se les va a implementar un plan de mantenimiento preventivo enfocándonos específicamente al motor Cummins Ism de dichos vehículos.

- ***Materiales.***

Libros y manuales del fabricante, los cuales servirán de consulta y apoyo para dar respuesta a los objetivos, específicamente, el plan de mantenimiento preventivo. Se consultarán monografías como material de apoyo, siendo estas de gran ayuda ya que los temas que se tratan en estas son específicos y aplicados en gran parte a la solución del problema planteado.

- ***Técnicas y procedimientos.***

Una vez recolectado y organizado los datos obtenidos en la etapa de estudio, se utilizará una técnica de análisis cuantitativo con el fin de identificar la frecuencia de fallas en determinados sistemas y/o componentes del motor Cummins.

- ***Procedimientos.***

En la primera etapa se recolectará información sobre una muestra de 10 vehículos, una vez obtenida esta información se consolidará y se organizara de manera tal que en la segunda etapa se pueda identificar los sistemas o equipos con más frecuencias de fallas, priorizando las novedades que por su importancia generan detenciones no programadas.

Precisamente esta propuesta tiene como valor agregado construir un plan de mantenimiento preventivo en el ciclo de 2 años para los motores de la flota de los vehículos de la empresa Pisos Industriales, enfocado no solo en las recomendaciones del fabricante si no en actuar previamente sobre los componentes con mayor número de novedades y de esta manera reducir los tiempos muertos y las paradas no programadas.

- ***Cronograma.***

Cronograma estudio y propuesta plan de mantenimiento preventivo.

*Tabla 2
Cronograma de actividades.*

No.	Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1	Visita a la empresa	x				
2	Entrevista funcionarios y gerente	x	x			
3	Recolección de datos		x			
4	Análisis de levantamiento de datos			x		
5	Elaboración de propuesta				x	
6	Corrección de errores y feedback				x	
7	Presentación propuesta Final					x

Elaboración Propia.

Resumen general de reporte del operario de fallas atribuibles al motor discriminado por ID del vehículo:

Tabla 3 Reporte de fallas.

Resumen reporte operario en los últimos 3 meses discriminado por id de vehículo				
Id Vehículo	Baja potencia del vehículo	Presión del aire del compresor elevada	Recalentamiento del vehículo	Total general
CM350-MX02	3	3	1	7
CM350-MX03	4	2	1	7
CM350-MX06	4	2	1	7
CM350-MX07	5	1	2	8
CM350-MX08	2	3	3	8
CM350-MX09	3	3	1	7
CM350-MX11	2	1	2	5
CM350-MX17	3	3	0	6
CM350-MX19	4	2	1	7
CM350-MX20	2	3	1	6
Total general	32	23	13	68

Elaboración Propia, Datos Tomados por Fallas en un Trimestre Empresa Pisos Industriales.

Resumen general de acciones correctivas atribuible al motor discriminado por ID del vehículo:

Tabla 4
Acción correctiva.

Resumen acción correctiva en los últimos 3 meses discriminado por id de vehículo					
Id Vehículo	Drenaje del filtro separador de agua en el combustible	Limpieza en la línea de descargue del compresor	Limpieza y Lubricación rodamientos FAN COOLER	Cambio de correa FAN COOLER	Total general
CM350-MX02	3	3		1	7
CM350-MX03	4	2	1		7
CM350-MX06	4	2	1		7
CM350-MX07	5	1	1	1	8
CM350-MX08	2	3	2	1	8
CM350-MX09	3	3	1		7
CM350-MX11	2	1	2		5
CM350-MX17	3	3			6
CM350-MX19	4	2	1		7
CM350-MX20	2	3	1		6
Total general	32	23	10	3	68

Elaboración Propia, Datos Analizados por Fallas Presentadas en un Trimestre Flota Pisos Industriales.

En el siguiente cuadro se consolida la información de las novedades más representativas atribuibles al motor en un periodo de 3 meses, entre 01 de septiembre y 30 de noviembre de 2017:

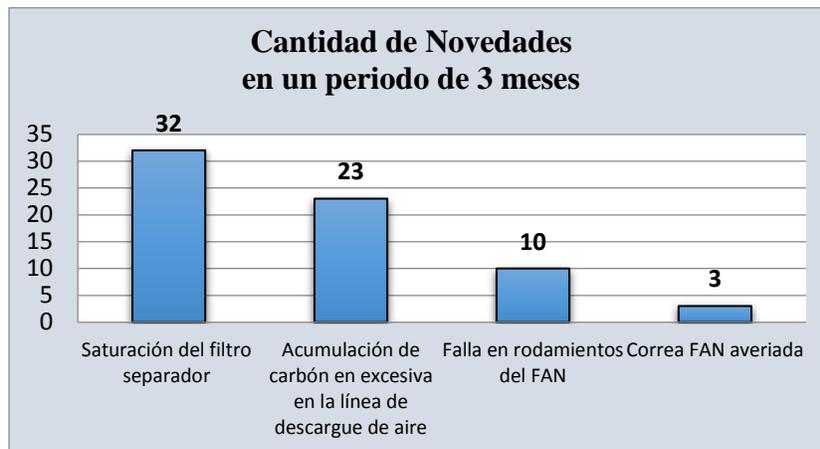
*Tabla 5
Consolidado de fallas trimestrales.*

Consolidado Vehículos In-operativos por novedades atribuibles al motor último trimestre de 2017				
Cantidad	Reporte del operario en alistamiento de flota	Causa	Acción Correctiva	Atribuible al motor
32	Baja potencia del vehículo	Saturación del filtro separador	Drenaje del filtro separador de agua en el combustible	SI
23	Presión del aire del compresor	Acumulación de carbón en excesiva en la línea de descargue de aire	Limpieza en la línea de descargue del compresor	SI
10	Alta temperatura de motor	Correos averiados	Cambio de correa	SI
3	Alta temperatura de motor	Falla en rodamientos del FAN CLUTCH	Cambio de rodamientos y mantenimiento fan clutch	SI

Elaboración Propia, Datos Analizados por Fallas Presentadas en un Trimestre Flota Pisos Industriales.

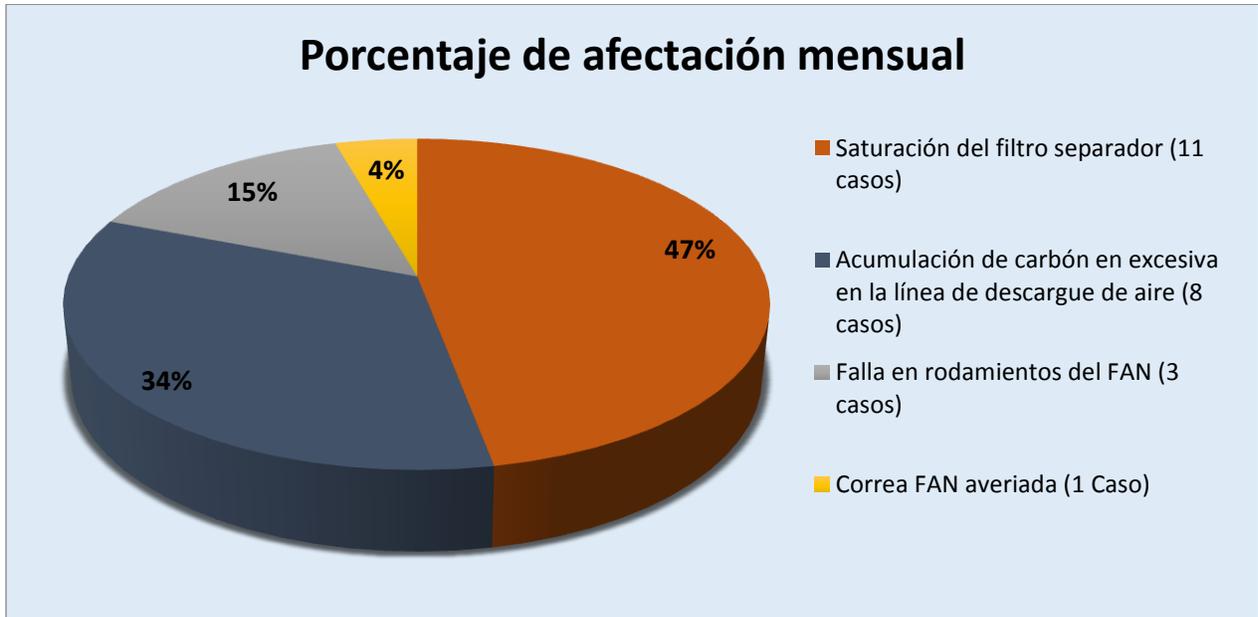
6.2 Análisis de la información.

Gráfica 1 Cantidad de novedades del trimestre, elaboración propia.



La siguiente gráfica nos muestra el porcentaje de afectación mensual en la muestra en estudio:

Gráfica 2 Afectación mensual, elaboración propia.



De acuerdo a los datos recolectados se evidencia que como principal novedad la saturación en el filtro separador de combustible genero al menos 2 fallas en cada uno de los vehículos que hacen parte de la muestra estudiada. Además, se encontró que para uno de los vehículos en particular, identificado con el ID CM350-MX07 esta falla se presentó hasta 5 veces lo que represento el 62% de las novedades atendidas por motor en el vehiculó en mención.

Con relación al segundo ítem Acumulación de carbón en excesiva en la línea de descargue de aire se pudo evidenciar que esta novedad se presentó al menos una vez en cada uno de los vehículos en estudio y se repitió 3 veces en 5 de los 10 vehículos analizados.

El aumento de la temperatura de los vehículos por causa de falla en rodamientos del Fan clutch se presentó en 3 de los 10 vehículos de la muestra en estudio, mientras que esta novedad de recalentamiento, pero esta vez por causa en avería de la correa del Fan se presentó en 8 de los 10 vehículos de la muestra en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia la necesidad de fortalecer las actividades de mantenimiento preventivo que actualmente realiza el Outsourcing contratado por la empresa Pisos Industriales para el mantenimiento de los motores ISM350hp, toda vez que los problemas que se encontraron están perjudicando de manera considerable la operación de la compañía además de afectar su imagen en el mercado.

6.3 Propuesta de solución

Se propone una solución conjunta que involucra el fortalecimiento en el plan de mantenimiento preventivo además de la participación de los operarios como parte del proceso de mantenimiento autónomo en pro de la conservación, disponibilidad y preservación de la flota de camiones.

Luego de analizar la información, decidimos establecer la propuesta del plan de mantenimiento preventivo en dos (2) partes; primero, definir los aspectos necesarios para ejecutar el plan y segundo, fijar las rutinas y tiempos de ejecución de las mismas basados en análisis previo de los datos recolectados y en la documentación del fabricante:

6.3.1 Definición de aspectos iniciales necesarios para ejecutar el plan

a. Clasificación de las áreas de trabajo.

Para esta etapa se hizo una revisión física de las áreas de trabajo de la empresa, encontrando que las mismas se encuentran clasificadas según la labor realizada, dado esto, se encontró que en la zona de parqueo existe un espacio disponible y suficiente para llevar a cabo la ejecución del plan. Dicha área será debidamente delimitada y marcada.

b. Clasificación de equipos, herramientas e insumos necesarios para iniciar el plan.

Posterior a la identificación y clasificación del área destinada para el mantenimiento de los motores de estos vehículos, se validó el inventario de herramienta, repuestos e insumos

necesarios para iniciar el plan propuesto, así como también el mobiliario necesario para el seguimiento y control del mismo:

- **Herramientas.**

Tabla 6
Herramientas.

cantidad	Descripción	marca
1	Interface Escaneo Nexiq 125032 Cummins / Hino	Cummins
1	Pinza Voltiamperimetrica Ut203	Uni-t
1	Linterna led recargable manos libres	Varta
1	Juego De Destornilladores 1000v -65980	Stanley
1	Juego de copas 1/2" 18 pzas mm y pulgadas	Stanley
1	Juego de copas 3/8" 18 pzas mm y pulgadas	Stanley
1	Juego de llaves Bristol mm	Stanley
2	Ratchet 1/2 - 10	Stanley
2	Llave expansión 6" 87-431	Stanley
1	Adaptador extensor corto 1/2"	Stanley
1	Adaptador extensor medio 1/2"	Stanley
1	Adaptador extensor largo 1/2"	Stanley
1	Volvedor de 1/2 - 17	Stanley
1	Llave para filtro Aceite 3 1/2	Stanley
1	Llave Tubo 24 87626	Stanley
1	Juego de llaves Torx 8 pzs	Stanley
1	Hombre solo recto 10pg245mm	Stanley
1	Pela cable 5"	Stanley
1	Corta frío para electrónica 5"	Stanley
1	Martillo bola 1 lb	Stanley
1	Juego de botadores 16-226	Stanley
1	Engrasadora Manual Grs25	Stanley
1	Juego de pinzas para pines	Stanley
1	Caja de Herramientas	Stanley

Elaboración Propia Datos Tomados por Personal Técnico.

- *Abastecimiento inicial de partes.*

*Tabla 7
Repuestos iniciales.*

Cantidad	Descripción	Marca
4	Filtro de aceite	LF9080
4	Filtro de combustible	FF2176
7	Filtro trampa	FS19635
4	Filtro de refrigerante	WF2075
3	Filtro aire	-
6	Aceite (5 gl)	15W40
1	Refrigerante (5gl)	-
50	Fusibles	5A,10A,15A,20A
1	Grasa para rodamientos (5kg)	-

Elaboración Propia Datos Analizados para Iniciar los Primeros Mantenimientos.

- *Insumos.*

*Tabla 8
Insumos.*

Cantidad	Descripción	Referencia
1	Silicona Vidrio y Aluminio	85ml Pegadit
1	Trabaroscas fuerza baja	SELCO Torque 22
1	Limpiador espumoso para	PC PH450ml
1	Bulto de trapo	-
1	Brocha Mona Cerda Natural	1-1/2"
1	Amarre plástico 20 cm marca	Dexon x 100 U
1	Termoencogible	6 mm diámetro
1	Limpiador electrónico	235 cm ³ CRC
1	Cinta aislante negra 3/4" X 20 mts marca	3M súper 33+

Elaboración Propia Datos Analizados para Iniciar Mantenimientos.

- *Equipos de oficina y mobiliario.*

*Tabla 9
Equipos oficina.*

Cantidad	Descripción	Marca
1	PC portátil CORE i7	Lenovo 1510
1	Teléfono Móvil	Samsung S4
1	Escritorio + silla	Genérico
1	Archivador	Genérico

Elaboración Propia.

c. Definición de funciones para el personal encargado del mantenimiento.

Es indispensable en la empresa contar con personal idóneo para la realización de las tareas de mantenimiento, esto además de mejorar los tiempos de ejecución, disminuirá los tiempos de parada de los vehículos. Conforme al análisis realizado se ve conveniente contratar un tecnólogo quien ejecutara algunas tareas operativas y realizara la supervisión y control del plan de mantenimiento, adicional se contará con un auxiliar de mantenimiento quien desarrollara las tareas operativas del plan propuesto.

- *Funciones del tecnólogo.*

Profesional en Mantenimiento preventivo, está en capacidad de tener el dominio operacional de las actividades de mantenimiento, realizando seguimiento y control del plan, proponiendo mejoras y garantizando el buen funcionamiento de los motores, así como también el uso eficiente de las herramientas, materiales y equipos a su cargo. Podrá desenvolverse con idoneidad en motores Cummins, manejo de herramienta electrónica como lo es el INSITE, realizar reportes de fallas e informe técnico de eventos encontrados en vehículos y motores. Hacer inspecciones periódicas y diagnosticar estado operativo de los distintos vehículos, Crear hoja de vida y órdenes de trabajo de los vehículos, manejo de inventarios, creación de indicadores e informes.

- ***Funciones del auxiliar técnico.***

Técnico Sena capaz de ejecutar tareas de mantenimiento de automotores diésel, que participe en los procesos de organización y ejecución de las actividades de mantenimiento y corrección de fallas, colaboración con las inspecciones de los vehículos. Encargo de ejecutar las rutinas de mantenimiento del plan propuestos, capacidad de análisis de fallas y conocimiento en motores diésel con norma Euro VI y V.

6.3.2 Rutinas del plan de manteamiento.

Las tareas que se plantean a continuación se llevaran a cabalidad con el fin de cumplir las metas del plan de mantenimiento previsto, las tareas se dividen en: inspecciones, pruebas para diagnósticos, limpiezas, lubricación, ajustes y cambios de piezas programados:

a. Inspecciones visuales.

Para esta parte se decidió incorporar al plan algunas rutinas de mantenimiento autónomo por lo que adicional a la lista de chequeo técnico, se generó una lista de chequeo operativo, con el fin de involucrar a los operadores de los camiones en las rutinas de inspecciones que nos ayudaran a obtener información importante para el seguimiento y control del plan.

- *Lista de chequeo operativa:*

Lista de Chequeo Operativa				
Fecha			Nombre Operador	
			Identificación	
simbología de evaluación	C	Conforme sin novedad	ID vehículo	
	NC	No conforme, existe novedad	Placa	
	NA	No Aplica	Kilometraje	
Revisión			Evaluación	observaciones
Limpieza general del vehículo				
Estado general vidrio panorámico				
Estado general espejos laterales				
Estado general espejo retrovisor				
Cocuyos				
Sistema de luces bajas				
Sistema de luces altas				
Direccionales delanteras				
Direccionales traseras				
Luces de freno				
Luces de reversa				
Luces de parqueo (intermitentes)				
Condiciones de las llantas				
Nivel de agua para limpiavidrios				
Nivel de aceite de motor				
Nivel de refrigerante para radiador				
Estado general de puertas				
Sistema aire acondicionado				
Indicador nivel combustible				
Indicador temperatura				
Indicador presión de aceite				
Indicador carga de batería				
Estado general de tapicería				
Estado general de cinturones de seguridad				
Firma de quien realiza la inspección			Firma de quien recibe el reporte	

- *Lista de chequeo técnica:*

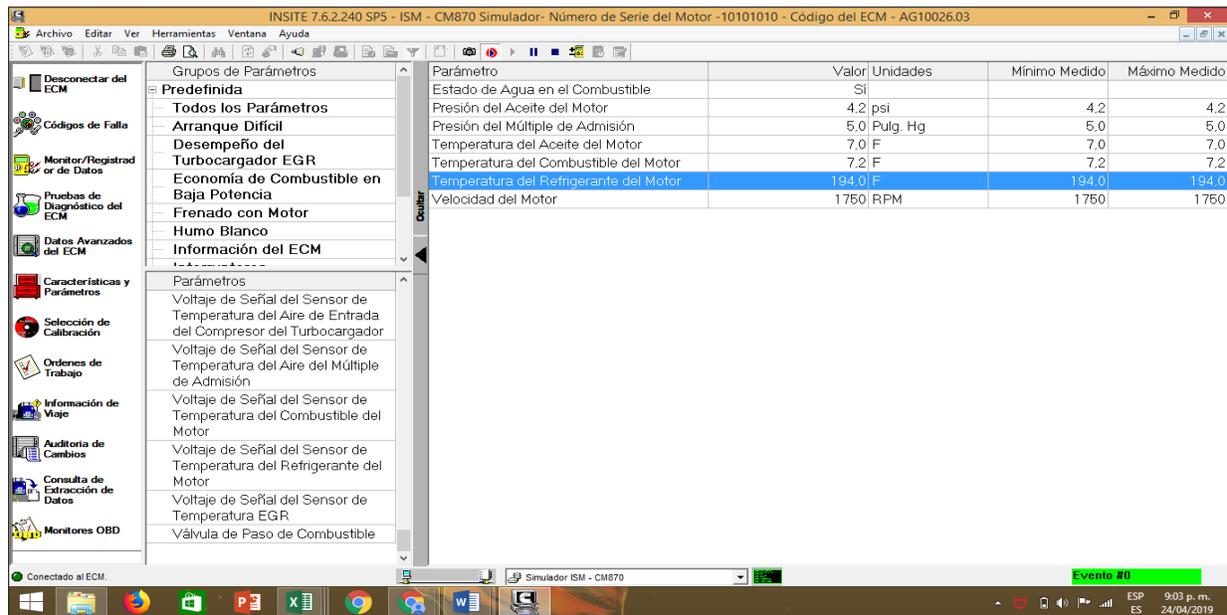
Lista de Chequeo Técnica				
Fecha			Nombre técnico	
			Identificación	
simbología de evaluación	C	Conforme sin novedad	ID vehículo	
	NC	No conforme, existe novedad	Placa	
	NA	No Aplica	Kilometraje	
Revisión			Evaluación	observaciones
Revisión Tubería de Admisión de Aire				
Revisión Ventilador de Enfriamiento				
Revisión Tubo del Respiradero del Cáster				
Revisión Tanques y Depósitos de Aire				
Revisión Nivel del Refrigerante de Motor				
Revisión Nivel de Aceite Lubricante de Motor				
Revisión Estado general correas				
Revisión Tensión de correas				
Revisión Estado general mangueras				
Revisión Estado general radiador				
Revisión Nivel de aceite de motor				
Revisión Nivel de refrigerante para radiador				
Revisión Nivel de aceite hidráulico				
Revisión saturación de filtros				
Revisión sistema de frenos				
Revisión sistema compresor				
Revisión de arnés eléctrico				
Revisión de alternador				
Revisión de motor de arranque				
Revisión sistema de luces				
Revisión sistema inyección				
Firma de quien realiza la inspección			Firma de quien recibe el reporte	

b. Pruebas y análisis no invasivos.

- **Análisis con scanner.**

Esta prueba consiste en conectarse a la computadora del motor ISM cummins por medio de una interface de comunicación y el software del fabricante, a través de esta prueba se logra monitorear el correcto funcionamiento de todos los sensores y actuadores del motor, también se logra identificar fallas que se presentan en el motor, dando un soporte para el restablecimiento de dicha falla.

Se anexa imagen tomada del software insite:



The screenshot shows the INSITE 7.6.2.240 SP5 software interface. The main window displays a table of engine parameters. The table has five columns: 'Parámetro', 'Valor', 'Unidades', 'Mínimo Medido', and 'Máximo Medido'. The 'Temperatura del Refrigerante del Motor' row is highlighted in blue.

Parámetro	Valor	Unidades	Mínimo Medido	Máximo Medido
Estado de Agua en el Combustible		Si		
Presión del Aceite del Motor	4.2	psi	4.2	4.2
Presión del Múltiple de Admisión	5.0	Pulg. Hg	5.0	5.0
Temperatura del Aceite del Motor	7.0	F	7.0	7.0
Temperatura del Combustible del Motor	7.2	F	7.2	7.2
Temperatura del Refrigerante del Motor	194.0	F	194.0	194.0
Velocidad del Motor	1750	RPM	1750	1750

Imagen 1 Toma de datos con software

- **Análisis de aceite.**

El análisis de aceite es una forma rápida y no destructiva de determinar la condición de un motor. Al realizar análisis a una muestra de aceite se puede obtener información relevante como: condición del lubricante, niveles de contaminación y tasas de desgaste de los componentes lubricados con aceite, también se puede determinar los tiempos o

intervalos de mantenimiento o cambio del lubricante. Estas muestras se tomarán cada 3 meses de operación de los motores y dependiendo el resultado del análisis de la muestra se determinará el periodo de cambio del lubricante y acciones a tomar.

El propósito de este análisis es prolongar la vida útil del lubricante en una tasa promedio del 30 % al 50 %.

- **Análisis periódico de saturación de filtros.**

Estos motores se encuentran equipados con 4 filtros, a los cuales se les realizaran las siguientes verificaciones.

Filtro de aire.

Se procederá a realizar una verificación visual a toda la flota de vehículos para revisar que tengan instalados el vacuometro de medición de vacío para el paso de aire al filtro, con esto se garantizara el 100% de la vida útil del filtro. En caso tal que el equipo no cuente con este accesorio se procederá a su respectiva instalación e inspección del mismo.



Imagen 2 Instalación de Vacuometro

Filtro de aceite y combustible.

Se propone la instalación de dos indicadores de presión, uno estará instalado a la entrada del cabezal del filtro y el otro a la salida del mismo. Se realizará una prueba de diferencial de presión del fluido y con el resultado de esta determinaremos el estado de los filtros. El propósito de este análisis es prolongar la vida útil de los filtros.

Tabla 10
Restricción de filtración.

Restricción máxima de partículas en los filtros.		
Tipo de Filtro	Limpio	Sucio
Filtro de combustible	152mm hg (6 in hg)	254mm hg (10 in hg)
Filtro de aceite	127mm hg (5 in hg)	381mm hg (15 in hg)

Elaboración propia, Datos Tomados por Recomendaciones del Fabricante de Filtros Fleetguard.



Imagen 3 Instalación de Instrumentación para Toma de Datos.

Filtro trampa.

Para este filtro la prueba que se realiza es netamente visual, para determinar la vida útil del filtro se llevará una inspección periódica la cual estará a cargo de un técnico certificado.



Imagen 4 Saturación de Filtros.

c. Lubricación y limpiezas.

Las labores de lubricación generan un costo mínimamente alto este procedimiento es clave para evitar daños por desgaste entre piezas en contacto en los motores de los vehículos, estas lubricaciones van enfocadas principalmente en minimizar las fallas.

- ***Limpieza de los rodamientos del Fan Clutch.***

La falla sobre este componente represento el 15% de las novedades de los vehículos en estudio. Se debe de hacer una verificación de estado de los rodamientos, para determinar si se encuentran dentro de parámetros normales de operación, su lubricación depende de las recomendaciones del fabricante

- ***Limpieza periódica a sistemas de combustible (tanque de almacenamiento).***

Realizando el lavado interno de tanques de combustible por trasiego, diálisis, aspiración a fondo y lavado de paredes para dejar el combustible purificado, aumenta la vida útil de la filtración y mayor durabilidad de los sistemas de inyección de combustible. Esta actividad se ejecutará 2 veces por año. El propósito de esta actividad es prolongar la vida útil de los filtros de trampa y el óptimo funcionamiento de los inyectores.

- ***Lubricación de motor.***

Se requiere el cambio de aceite motor y el filtro dependiendo los intervalos establecidos dentro del plan de mantenimiento y también se puede determinar dependiendo el resultado obtenido mediante el análisis de muestreo de aceite. Para la ejecución de este mantenimiento se debe de tener en cuenta los parámetros y especificaciones dadas por el fabricante.

d. Ajustes.

- ***Ajuste de válvulas e inyectores.***

El fabricante de estos motores ISM cummins recomienda la verificación y ajuste de válvulas e inyectores en intervalos de 5000 horas o cada 4 años y se debe ejecutar según procedimiento adjunto.

- ***Ajustes de soportes de motor.***

Se debe proceder con un ajuste de los pernos de anclaje a chasis y soporte de motor, ajustando torque según manual del fabricante.

e. Cambios programados.

Las labores de cambio de componentes o repuestos están estipuladas dentro de las rutinas de mantenimiento, donde se estipulan cambios de: aceites, filtros, correas de accesorios, rodamientos de fan clucts entre otros. Estos cambios se realizan de acuerdo a lo que se evidencio en el análisis inicial toda vez que estas eran las piezas que más presentan fallas por desgaste.

Tabla detallada de las rutinas y tiempos.

A continuación, relacionamos la tabla con el detalle de las actividades propuestas en el plan de mantenimiento preventivo.

Si el sistema está operando en temperaturas ambiente por debajo de -18°C [0°F] o arriba de 38°C [100°F], realice el mantenimiento en intervalos más cortos. También se requieren intervalos de mantenimiento más cortos si el sistema opera en un ambiente polvoriento.

*Tabla 11
Rutinas de mantenimiento.*

Acción	Equipo	Periodicidad (lo primero que cumpla) tiempo	Km	Tiempo desarrollo de la actividad (horas hombre)
Revisar	Tubería de Admisión de Aire	Diario	N/A	0,5
Revisar	Ventilador de Enfriamiento	Diario	N/A	
Revisar	Tubo del Respiradero del Cáster	Diario	N/A	
Revisar	Tanques y Depósitos de Aire	Diario	N/A	
Revisar	Nivel del Refrigerante de Motor	Diario	N/A	
Revisar	Nivel de Aceite Lubricante de Motor	Diario	N/A	
Revisar	Rodamientos ventilador	Semanal	100	
Revisar	Correa de accesorios	Semanal	100	

Limpiar	línea de descargue del compresor	Semanal	100	1
Limpiar	Agua del filtro separador	Semanal	100	
Revisar	Restricción del Filtro de Aire	3 meses	12000	
Revisar	Tubería de Carga de Aire	3 meses	12000	
Revisar	Enfriador Aire-Aire	3 meses	12000	
Revisar	Montaje de la Bomba de Inyección de Combustible	3 meses	12000	
Cambiar	Filtro trampa	3 meses	12000	1
Revisar	ECU - lectura de parámetros y códigos de diagnostico	3 meses	12000	
Revisar	Aceite Lubricante - Análisis no invasivo	3 meses	12000	
Revisar	Aditivo Complementario de Refrigerante y de Anticongelante	6 meses	24000	
Revisar	Baterías	6 meses	24000	1
Revisar	Cables y Conexiones de la Batería	6 meses	24000	
Revisar	Tapón de Presión del Radiador	6 meses	24000	
Cambiar	Filtro de Combustible	6 meses	24000	
Cambiar	Filtro de Refrigerante	6 meses	24000	
Cambiar	Filtro de Aire	6 meses	24000	
Cambiar	Aceite Lubricante y Filtro de motor	6 meses	14500	2
Cambiar	Rodamientos ventilador	6 meses	14500	
Revisar	Bandas Impulsoras	1 año	48000	
Engrasar	Cubo de Ventilador Impulsado por Banda	1 año	48000	
Revisar	Tensor de Banda Automático (Bomba del Agua)	1 año	48000	2
Revisar	Tensor de la Banda del Ventilador de Enfriamiento	1 año	48000	
Revisar	Turbo cargador	1 año	48000	
Revisar	Mangueras del Radiador	2 años	96000	
Revisar	Amortiguador de Vibración, de Hule	2 años	96000	
Revisar	Amortiguador de Vibración Viscoso	2 años	96000	1
Ajustar	Soportes del Motor	2 años	96000	

Limpiar	Limpieza a Vapor del Motor	2 años	96000	3
Limpiar	Sistema de Enfriamiento	2 años	96000	
Limpiar	Líneas de Descarga del Compresor de Aire	2 años	96000	
Cambiar	Correa de accesorios	2 años	96000	2
Cambiar	Aceite transmisión	2 años	96000	1
Cambiar	Aceite diferenciales	2 años	96000	
Cambiar	Aceite filtro hidráulico	2 años	96000	
Calibrar	Válvulas e inyectores	2 años	96000	3

Elaboración propia, datos recuperados de manual de cummins de los andes, Aportes Propios para la Mejora y Garantizar Confiabilidad de la Flota.

- **Ordenes de trabajo.**

Se usarán órdenes de trabajo para cada una de las intervenciones de mantenimiento preventivo que se realice a estos vehículos:

Orden de Trabajo No. 0001		
Mantenimiento: Externo:	Interno:	
Tipo de servicio: Placa:	Numero interno:	
Asignado a:		
Fecha de realización:		
Trabajo realizado:		
Verificado por:	Fecha:	Firma:
Aprobado por:	Fecha:	Firma:
Observaciones:		

- *Hojas de vida.*

HOJA DE VIDA VEHICULO			
DATOS DEL VEHÍCULO			
Numero interno _____	Placa _____	Marca _____	
Motor N° _____	Chasis N° _____	Modelo _____	
Color _____	Empresa _____		
Conductor _____			
Documentos	DIA	MES	AÑO
Seguro SOAT			
Rev. Tecno mecánica			
Póliza Contractual			
Extracto de contrato			
Mantenimientos			
Fecha	KM	Horometro	Tipo de Mantenimiento
Observaciones			

7 Análisis costo beneficio.

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de implantar el plan de mantenimiento preventivo es el control del costo. Inicialmente puede parecer que este tipo de mantenimiento es muy costoso, que sin duda lo es, pero al final encontramos que esta inversión no solo ahorra dinero por paros no programados, sino que también posiciona la compañía al conseguir una entrega oportuna del hormigón (concreto) a los diferentes clientes en los tiempos pactados evitando inconformidades y multas elevadas.

La implantación de un mantenimiento preventivo se defiende comparando los costes derivados de este tipo de mantenimiento con los costes ahorrados con la eliminación de paros inesperadas, mala calidad, mano de obra adicional incumplimiento en las entregas del producto.

A continuación, exponemos el análisis financiero, teniendo en cuenta la inversión inicial, los costos directos e indirectos mensuales para concluir con el cuadro comparativo en donde resumimos la viabilidad financiera del proyecto:

- Costos inversión inicial:

Tabla 12
Costos iniciales.

Costos Iniciales		
Ítem	Valor	
Alquiler inicial	\$ -	
Muebles	Escritorio de 1 cajón	\$ 439.200
	Silla de escritorio	\$ 179.900
	Archivador 180 * 92	\$ 741.900
Equipos de oficina	PC Lenovo V130	\$ 1.184.900
	Teléfono Celular	\$ 499.857
	Papelería	\$ 200.000
Herramientas	\$ 4.593.600	
Insumos	\$ 117.600	
Repuestos	\$ 2.133.200	
TOTAL	\$ 10.090.157	

Elaboración Propia.

- Costos directos mensuales:

Tabla 13
Costos directos.

Costos directos mensuales		
<i>Ítem</i>		<i>Valor</i>
Repuestos		\$ 2.133.200
Insumos		\$ 117.600
Mano de Obra	Aux técnico	\$ 1.553.250
	Tecnólogo	\$ 2.729.250
TOTAL		\$ 6.533.300

Elaboración Propia.

Tabla 14
Costos indirectos.

Costos indirectos mensuales		
<i>Ítem</i>		<i>Valor</i>
Alquiler mensual		\$ -
Consumo de energía eléctrica		\$ 45.000
Disposición final residuos		\$ 50.000
Plan de telefonía móvil		\$ 60.000
Plan de telefonía fija		\$ -
Papelería		\$ 25.000
TOTAL		\$ 180.000

Elaboración Propia.

- Costo mensual por vehículo:

Tabla 15
Costos mensuales implementación.

Costos mensuales para el plan propuesto	Valor
Costos inversión inicial diferida en 24 meses	\$ 420.423
Costos directos mensuales	\$ 6.533.300
Costos indirectos mensuales	\$ 180.000
Costo total mensual para los 20 vehículos	\$ 7.133.723
Costo total mensual por vehículo	\$ 356.686

Elaboración Propia

- Costos de mantenimiento con proveedor externo:

Tabla 16
Costos comparativos.

Costos mantenimiento por vehículo con proveedor externo		
<i>Ítem</i>	<i>Proveedor American Mack</i>	<i>Proveedor Porvenir</i>
Repuestos	\$ 1.006.000	\$ 982.783
insumos	\$ 20.000	\$ 22.875
grasa	\$ 57.200	\$ 49.500
mano de obra	\$ 185.600	\$ 158.000
transporte	\$ 75.000	-
herramienta	-	\$ 12.778
Total costo Trimestral	\$ 1.343.800	\$ 1.225.936
Costo Mensual	\$ 447.933	\$ 408.645

Elaboración Propia.

- Costos estimados de paros no programados:

Conforme a la información recolectada, se estimaron los costos por paros no programados así:

- a. Promedio de paros no programados por vehículo:

Tabla 17
Análisis de paros no programados.

Paros no programados con base en análisis de información		
<i>Vehículos</i>	<i>Por trimestre</i>	<i>Por mes</i>
Para la muestra de 10 vehículos	68	22,7
Promedio por vehículo	6,8	2,27

Elaboración Propia.

b. Promedio de horas mensuales de detención por vehículo:

Tabla 18
Horas mensuales de detención.

Promedio de paros no programados por mes	X	Promedio de Horas de detención por cada parada	=	Promedio de Horas mensuales de detención
2,27	x	3	=	6,8

Elaboración Propia.

c. Costo estimado de paros no programados por vehículo:

El proveedor estima que cada hora de paro cuesta en promedio \$100.000

Tabla 19
Costos por hora no productivas.

Promedio de Horas mensuales de detención	X	Costo estimado por Hora	Costo Total estimado por vehículo
6,8	x	100.000	\$ 680.000

Elaboración Propia.

- Cuadro comparativo costos.

Tabla 20
Cuadro comparativo de Costos.

Comparativo costos mensuales	Valor x vehículo	Valor x flota total
Mto preventivo por vehículo Con el plan propuesto	\$ 356.686	\$ 7.133.723
Mto preventivo por vehículo Proveedor American Mac	\$ 447.933	\$ 8.958.667
Diferencia con proveedor 1 (Ahorro mensual)	-\$ 91.247	-\$ 1.824.943
Mto preventivo por vehículo Proveedor Porvenir	\$ 408.645	\$ 8.172.906
Diferencia con proveedor 2 (Ahorro mensual)	-\$ 51.959	-\$ 1.039.183
Costos estimados por paros no programados sin implementar el plan	\$ 680.000	\$ 13.600.000
Costos estimados por paros no programados después de implantar el plan	\$ 204.000	\$ 4.080.000
Diferencia costos por paros no programados (Ahorro mensual)	-\$ 476.000	-\$ 9.520.000

Elaboración Propia.

- Retorno sobre la Inversión (ROI):

Tabla 21
Formula ROI.

ROI	Beneficio - Costo
	Costo x 100

Elaboración Propia.

Beneficio estimado mensual: para estimar el beneficio mensual, tomamos el ahorro que se tendría al ejecutar el plan, en comparación con proveedor externo de menor coste, y le sumamos el ahorro por paros no programados:

\$1'093.183 + \$9'520.000 para tener un ahorro total de **\$10'613.182.**

Costos estimados mensuales: costos estimados por implementar el plan = **\$7'133.723.**

Tabla 22
Datos ROI.

ROI	10'613.182 - 7'133.723	49%
	7'133.723 * 100	

Elaboración Propia.

8 Conclusiones

- Con base en lo propuesto podemos concluir que la implementación de este plan, en efecto mejorara la disponibilidad de la flota de vehículos de la empresa Pisos Industriales, reduciendo notablemente los costos actuales asociados al mantenimiento, como también los costos por paradas no programadas que están afectando tanto la operación normal de la empresa como la imagen y el posicionamiento en el mercado local.
- Con la ayuda del estudio de costos necesarios para la implementación del plan de mantenimiento en la empresa pisos industriales se evidencio que es un plan viable, toda vez que la empresa está invirtiendo un presupuesto inicial el cual tiene un retorno de inversión a corto plazo, además de mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos lo que se ve representado directamente en ahorro de dinero.
- Además de mejorar con la disponibilidad de la flota, al implementar este plan, se contaría con un equipo de mantenimiento disponible e idóneo para dar respuesta oportuna a cualquier novedad que pueda surgir, lo que reduciría notablemente los tiempos muertos de paradas de mantenimiento no programado toda vez que la respuesta seria más ágil en comparación con la que nos brindan actualmente los proveedores externos.
- Con la elaboración de esta monografía se fortalecieron los conocimientos adquiridos durante este periodo con relación al mantenimiento, su aplicabilidad y el enfoque a donde va dirigido y como ejecutarlo, creando una visión más concreta y sólida de las diferentes etapas que se deben seguir para la aplicación de las metodologías de mantenimiento que se adapten a una determinada empresa.

9 Recomendaciones

- Realizar un seguimiento constante, sobre el mantenimiento preventivo y más específicamente, sobre cómo se está ejecutando el mantenimiento a la flota de vehículos que tiene la empresa; para verificar y encontrar posibles fallas que estén generando incumplimientos en la operación por la falta de una adecuada ejecución de las labores planeadas.
- Para lograr un óptimo desempeño de todas las áreas de la empresa y poder ejercer un correcto mantenimiento; se deben realizar capacitaciones a todo el personal, para crear conciencia de la verdadera importancia de realizar adecuadamente las rutinas propuestas; empezando por la alta gerencia que es la que decide si se aprueban las estrategias propuestas para lograr tal cometido. De igual manera crear un sentido de pertenencia por parte de los trabajadores hacia la empresa, para que tengan más compromiso con esta y realicen sus labores con la mayor responsabilidad posible; con el fin de mejorar el desempeño de la empresa en todo aspecto.
- Contar con todos los recursos necesarios y de esta manera poder ejecutar todas las estrategias que se plantearon en este trabajo. Los recursos no solo se tratan de costos, sino que también del recurso humano; el cual es de vital importancia para que las actividades se puedan ejercer en su totalidad y se pueda realizar un seguimiento, con el propósito de saber cómo se está llevando a cabo el proceso y poder tomar las acciones pertinentes teniendo en cuenta la situación que se presente.

10 Bibliografía

- Arias Bermeo, J. (2010). *diseño, desarrollo e implementación del programa de mantenimiento mecánico para vehículos de la secretaria de tránsito y transporte municipal*. Cali: Universidad Autonoma del Occidente.
- Aristizabal Torres, D. (2007). *diseño de una plan de mantenimiento preventivo para la empresa centrifugados concisa Ltda*. Pereira: Universidad Tecnologica de Pereira.
- Beltran Colorado, J., & Orozco Vega, O. (2010). *Propuesta de un plan de mantenimiento para aplicar a la flota de vehiculos de la universidad autonoma del Caribe*. Barranquilla: Universidad Autonoma del Caribe.
- Blake , T., & Lopez, O. (2010). *Propuesta de aplicativo para la gestion de mantenimiento de la flota de tracto camiones de la empresa entre flores Ltda*. Bogota: Universidad escuela Colombiana De Carreras Industriales.
- calderon Gaitan, A. O., & Lara Rubio , E. L. (2015). *Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en la metodologia de las 5 M para un transporte masivo de pasajeros*. Bogota: Universidad escuela Colombiana De Carreras Industriales.
- Castro Gavilanes, M. O. (2012). *Análisis de viabilidad de una compañía que proporcione servicios de lubricación y mantenimiento de vehículos a domicilio en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil : Universidad De Guayaquil .
- cummins. (21 de 12 de 2018). *quickserve.cummins.com*. Obtenido de quickserve.cummins.com: <https://quickserve.cummins.com/qs3/portal/service/manual/es/es4017781/>

Forero Reyes, J. O. (2013). *Propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para una flota de vehiculos de maquinaria de bomberos*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Garcia Garrido , S. (31 de 03 de 2019). *www.renovetec.com*. Obtenido de *www.renovetec.com*: www.renovetec.com/931-guia

Garcia Garrido, S. (25 de 03 de 2019). *www.renovetec.com*. Obtenido de *www.renovetec.com*: <http://www.renovetec.com/ingenieria-del-mantenimiento.pdf,p.5>

Hernandez Martin, A. A. (2011). *Propuesta de plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa suramericana de transporte*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

Iglòn Buitrago, P. M., & Chavez Guerra, D. D. (2013). *Implementación del servicio de mantenimiento preventivo express para vehículos livianos en el concesionario Hyundai - Merquiautol, valle de los chillos*. Quito Ecuador: Universidad Internacional Del Ecuador.

Internationalcamiones. (21 de 12 de 2018). *latin-america.internationalcamiones.com*. Obtenido de *latin-america.internationalcamiones.com*: <https://latin-america.internationalcamiones.com/motores/cummins-ism-euro>

Lopez Florez, L. M., & Ballesteros, F. A. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la flota de vehiculos de la de empresa tractocarga*. Bogota: Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales.

- Maldonado Villavicencio, H. M., & Siguenza Maldonado, L. A. (2012). *propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining de Cantón Portovelo*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana .
- Moreno, G. (2009). *Diseño de un plan de mantenimiento de una flota de tractocamiones en base a los requerimientos en su contexto operacional*. Caracas: Universidad de Oriente de Venezuela.
- Rodriguez Rivera, H. (2010). *Modelo de gestión del mantenimiento preventivo para la empresa usocoello.* . Bucaramanga: Universidad Industrial De Santander.
- Sanchez Marin, F. (20 de 12 de 2007). *rairayter.firebaseio.com*. Obtenido de [rairayter.firebaseio.com](https://rairayter.firebaseio.com/24/Mantenimiento-Mecanico-De-Maquinas.pdf): <https://rairayter.firebaseio.com/24/Mantenimiento-Mecanico-De-Maquinas.pdf>
- Silva Martinez, C. E. (2007). *diseño de un sistema de mantenimiento para equipos móviles de transporte de carga terrestre*. Pereira: Universidad Tecnologica De Pereira.
- Vargas Vallejo, M. E. (2007). *Distribución de planta en un taller de mantenimiento automotriz para vehículos hasta de tres toneladas para transporte de pasajeros*. Quito Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.