

**Propuesta de Optimización del Plan de Mantenimiento para Disminuir los  
Varados en Vía de la Flota de Buses de la Empresa ETIB SAS**

Anderson Jey Ramos Franco, Andrés David Espinel Ballesteros y Julián David  
Rodríguez Aguilar

Msc. Miguel Ángel Urián Tinoco

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de postgrados

Universidad ECCI

Bogotá D.C

Agosto 24, 2020

**Dedicatoria**

Dedicamos este trabajo de grado en primera instancia a la institución ECCI la cual nos permitió fortalecer nuestros conocimientos en el ámbito profesional, a la empresa ETIB SAS, el Gerente de Mantenimiento Mauricio Ayala Granados que nos dio la oportunidad de realizar la investigación, en aras de colaborar con los objetivos corporativos de confiabilidad y productividad de su operación de buses en la ciudad de Bogotá y a nuestras familias quienes fueron partícipes y apoyaron el esfuerzo realizado durante el desarrollo de esta investigación.

**ANDERSON JEY RAMOS FRANCO**

Quiero dedicar y otorgar este nuevo logro a mi familia eternamente por el apoyo y sus palabras de aliento la cual siempre han sido parte de mi inspiración de seguir adelante en un camino diverso y lleno de nuevos retos, y a todas las personas que confiaron en mí en este nuevo paso académico, profesional y personal.

**ANDRES DAVID ESPINEL BALLESTEROS**

**Agradecimientos**

Primero que todo, le doy gracias a mi familia, la cual me apoyó a emprender esta nueva faceta de ser un mejor profesional, que tenga un enfoque gerencial en mi diario vivir que fortaleció culminar esta especialización y a la Universidad ECCI que hizo posible el idóneo aprendizaje en las diferentes asignaturas realizadas, que cumplieron a cabalidad mis expectativas, hicieron de mí, una persona capaz de realizar proyectos en mi propia empresa.

**ANDERSON JEY RAMOS FRANCO**

Quiero agradecer a la Universidad ECCI por permitirnos emprender en esta área del conocimiento atravesando adversidades como lo fue la pandemia en un año complicado para todos, así como deseo agradecer profundamente a todos los docentes, ingenieros y educadores que nos guiaron en el camino del aprendizaje constante y nos permitieron adquirir nuevos conocimientos en un mundo de ciencia y tecnología de vanguardia

**ANDRES DAVID ESPINEL BALLESTEROS**

Quiero agradecer a mi familia por el apoyo durante el proceso de formación profesional y en especial a una persona que mientras fue posible estuvo ahí incondicionalmente y estuvo pendiente de todo el proceso a pesar de todo.

**JULIAN DAVID RODRIGUEZ AGUILAR**

**Contenido**

1	Título de la investigación .....	9
2	Problema de la investigación.....	9
2.1	Descripción del Problema .....	9
2.2	Planteamiento del Problema .....	10
2.3	Sistematización del Problema .....	10
3	Objetivos .....	11
3.1	Objetivo General.....	11
3.2	Objetivos Específicos .....	11
4	Justificación y Delimitación.....	12
4.1	Justificación .....	12
4.2	Delimitación.....	14
4.3	Limitaciones.....	14
5	Marcos Referenciales .....	15
5.1	Estado del Arte.....	15
5.1.1	Estado del arte nacional .....	15
5.1.2	Estado del arte Internacional.....	20
5.2	Marco Teórico.....	23
5.2.1	Mantenimiento .....	24
5.2.2	Tipos de mantenimiento.....	25
5.2.3	Mantenimiento en Flota de Vehículos .....	26

<b>Propuesta de optimización varados en vía</b>	<b>5</b>
5.2.4 Modelos vehículos flota.....	28
5.2.5 Operaciones flota de buses.....	29
5.2.6 Metodologías de mantenimiento aplicadas a flotas de buses .....	31
5.3 Marco legal .....	37
6 Marco metodológico .....	39
6.1 Recolección de información .....	39
6.1.1 Tipo de investigación.....	39
6.1.2 Fuentes de la obtención de información .....	39
6.1.3 Herramientas.....	40
6.1.4 Metodología .....	40
6.1.5 Información recopilada.....	41
6.2 Análisis de la información .....	44
6.2.1 Vehículos de mayor frecuencia de fallas .....	52
6.2.2 Principales fallas por línea de flota.....	54
6.3 Propuestas de solución.....	59
6.3.1 Implementación pilar TPM para operadores y mecánicos.....	63
7 Impactos esperados .....	64
8 Análisis financiero.....	66
9 Conclusiones y recomendaciones.....	69
9.1 Conclusiones.....	69

<b>Propuesta de optimización varados en vía</b>	<b>6</b>
9.2 Recomendaciones .....	70
10 Bibliografía.....	72

**Resumen**

Esta investigación se realiza con el objetivo de optimizar la situación actual de buses varados en vía en la empresa ETIB S.A.S la cual está presentando diversos problemas financieros y de imagen ante sus clientes; se realizó una propuesta para mejorar la ejecución de los mantenimientos que se realizan en la flota de buses de la empresa ETIB SAS, basándonos en los pilares del mantenimiento productivo total (TPM) y realizando un análisis de las fallas en la flota con mayor frecuencia por medio de la metodología de Pareto, se pretende mejorar las actividades que se realizan a diario por parte del personal técnico, con el objetivo de disminuir los varados en vía, que directamente son proporcionales a los objetivos corporativos de la empresa. Se realizan los diferentes diagramas de Paretos de las fallas más representativas desde enero del 2020 a junio del 2020, donde se recolectaron los datos para la investigación; en paralelo se realizó la taxonomía de un bus de tipología padrón que sirvió de guía para las demás tipologías con las que cuenta la compañía y permitió adquirir los resultados de los componentes que más presentan las novedades. Se concluyó que se deben reforzar las inspecciones y los mantenimientos predictivos en esos componentes y realizar las diferentes capacitaciones a los operadores, ya que los vehículos se encuentran en operación 18 horas diarias.

**Palabras Clave**

Flota de Buses, Varados en vía, Tipologías de Fallas buses, Taxonomía  
Plan de mantenimiento.

**Abstract**

This research is carried out with the objective of optimizing the current situation of stranded buses in the company ETIB S.A.S, this ones are presenting various financial and image problems to its customers; a proposal was made to improve the execution of the maintenance carried out in the bus fleet of the company ETIB SAS, based on the pillars of total productive maintenance (TPM) and carrying out an analysis of the failures in the fleet more frequently due to Through the pareto methodology, the aim is to improve the activities carried out daily by the technical staff, with the aim of reducing the strandings on the road, which are directly proportional to the corporate objectives of the company. The different pareto diagrams of the most representative faults are made from January 2020 to June 2020, where the data for the research were collected; In parallel, a taxonomy of a standard typology bus was carried out, which served as a guide for the other typologies that the company has and allowed to acquire the results of the components that most present the novelties. It was concluded that the inspections and predictive maintenance in these components should be reinforced and the different training to the operators should be carried out, taking in account that the vehicles are in operation 18 hours per day.

**Keywords**

Bus Fleet, Stranded on the road, Types of buses, Failures, Taxonomy, Maintenance plan.

## **1 Título de la investigación**

Propuesta de optimización del plan de mantenimiento para disminuir los varados en vía de la flota de buses de la empresa ETIB SAS.

## **2 Problema de la investigación**

### **2.1 Descripción del Problema**

La Empresa de Transporte Integrado de Bosa ETIB SAS, realiza la prestación del servicio de transporte público para el SITP (Sistema Integrado de Transporte Público) de componente zonal y alimentador con el propósito de operar en concesión con Transmilenio en el sector de localidad de Bosa de la ciudad de Bogotá. Es una compañía creada el 10 de octubre del año 2012, que dio inicio a su operación en los patios de San José, con el Contrato de Concesión No 003/2010. En marzo del 2015 incursiona en la operación de Buses Alimentadores para el portar sur.

La compañía posee un contrato de concesión a 24 años de operación, cuenta con una oficina de Gerencia General y financiera (Sede AutoSur) y otras sedes que corresponden a las unidades de negocio como los patios de operación en donde se desarrollan actividades administrativas, control de rutas y mantenimiento de los vehículos pertenecientes a la flota de automotores prestadores de servicio. Actualmente se cuenta con 1323 buses para la realizar la prestación de servicio, los cuales deben estar disponibles para realizar las rutas.

Debido al uso constante de los buses en la operación de las rutas, se presentan constantes fallas en vía que afectan la planificación de los servicios realizados diariamente

y la movilidad de los usuarios, debido a esto se generan pérdidas económicas para la compañía. Las fallas generalmente son consecuencia del desgaste en los conjuntos funcionales del vehículo, donde las más representativas desde enero a junio del año 2020 son: averías en la caja de velocidades, con 665 novedades, los vehículos pinchados con 379 novedades, las averías en las puertas de acceso con 374 reportes, las novedades en el sistema de frenos son 294, entre otras, estas conllevan a perder la asignación de los servicios que se están prestando a los usuarios, esto afecta negativamente a los usuarios por no prestar el servicio de transporte adecuadamente.

## **2.2 Planteamiento del Problema**

La pregunta planteada a continuación será una guía para el desarrollo del proyecto por desarrollar, según la información observada en la descripción del problema se evidenció que la empresa ETIB SAS está teniendo problemas debido a la gran cantidad de vehículos varados en ruta y estos ocasionan inconvenientes con el cumplimiento de las rutas y afectación a los usuarios.

¿Cómo la empresa ETIB SAS puede evitar los buses varados en la vía y mejorar el servicio de transporte público de pasajeros en las rutas asignadas?

## **2.3 Sistematización del Problema**

Se realizan las preguntas para dar soporte al planteamiento del problema de investigación que ayudan a estructurar adecuadamente la propuesta para la empresa ETIB SAS en busca de disminuir las novedades en vía de la flota de buses.

- ¿Cómo analizar la información del estado actual de la flota de buses para determinar las causas raíz de las fallas que se están presentando?

- ¿Existe información y normatividad nacional e internacional sobre planes de mantenimiento de vehículos de transporte público que aporten a mejorar el actual estado de los varados en vía de la empresa ETIB S.A.S?

- ¿Qué se requiere para realizar una propuesta de optimización del plan de mantenimiento de los sistemas críticos de los buses de la empresa ETIB SAS para disminuir los varados en vía?

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Realizar una propuesta de optimización del plan de mantenimiento para disminuir los varados en vía de la flota de buses de la empresa ETIB SAS, mediante los diagnósticos y análisis de las fallas de los vehículos, con el fin de cumplir con la disponibilidad y servicio a los usuarios.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar los planes de mantenimiento, fichas, procesos, controles operacionales, programaciones de servicios actuales de los buses de la flota de vehículos de la empresa ETIB SAS, con la finalidad de detectar las fallas de los vehículos averiados en la vía.

-Establecer las metodologías aplicables para el mantenimiento de la flota de vehículos.

-Presentar una propuesta de un plan de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de vehículos, la optimización de recursos económicos y satisfacción social.

## **4 Justificación y Delimitación**

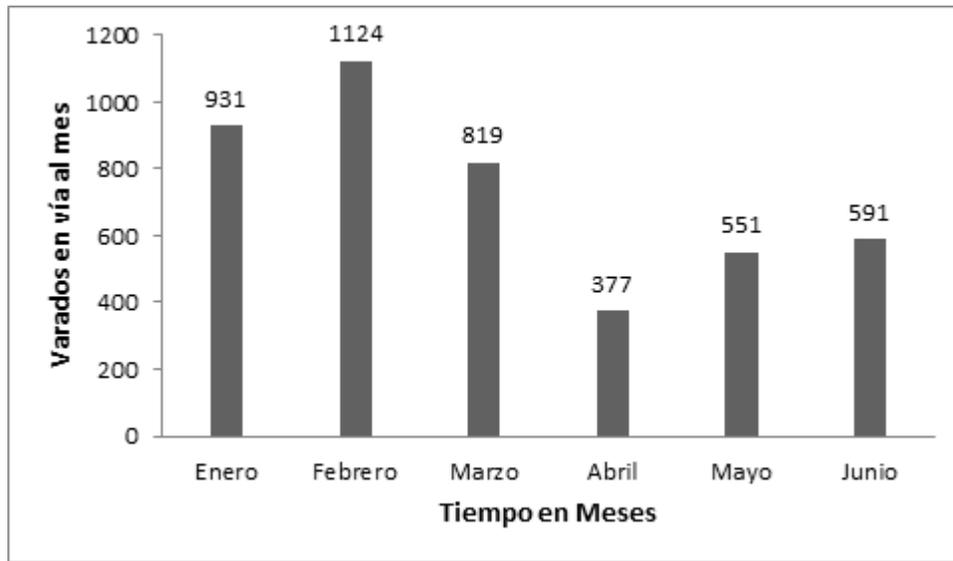
### **4.1 Justificación**

La empresa ETIB SAS actualmente es operadora de los servicios de SITP y alimentadores de Transmilenio en la localidad de Bosa, de la ciudad de Bogotá D.C, su línea de negocio es la prestación del servicio de rutas dentro de la localidad asignada, es por esto que depende principalmente de su flota de vehículos para garantizar su operación y es afectada directamente por su gestión de mantenimiento para garantizar esta operatividad; es de conocimiento público que los equipos presentan fallas aun estando en ruta y esto genera mala imagen frente a los usuarios que requieren de este servicio para desplazarse por la ciudad, junto a esto se presentan pérdidas económicas para la empresa representadas en sobrecostos de mantenimiento y posibles fallas en el cumplimiento de los indicadores exigidos. (www.etib.com.co, 2020)

Los gestores de mantenimiento de la empresa ETIB SAS tienen como meta de disponibilidad de vehículos un 95% de operación que hasta el momento ha sido cumplida, aunque con la presencia de sobre costos de mantenimiento por paradas no programadas en rutas, como consecuencia de estos, se afecta la operación y aumentan los indicadores de varadas y novedades.

Se tienen datos de las novedades de la flota de la empresa ETIB SAS de Enero a Junio del año 2020, donde se observa la tendencia de las fallas que se están presentando en la flota de vehículos la cual tiene una operación diaria de 20 horas, los siete días de la semana, esto genera el requerimiento de un plan de alistamiento e inspecciones eficaz para los móviles de los diferentes turnos y realizar la ejecución de los planes de mantenimiento en un tiempo limitado, por lo cual se debe cumplir a cabalidad con la lista de tareas que se tienen en el plan.

Figura 1. *Novedades por mes de los buses varados en vía de la empresa ETIB SAS.*



Fuente: (Etib SAS)

Nota: La gráfica evidencia las novedades de los varados en vía por cada mes, de enero a junio del año 2020.

Las novedades observadas en la figura 1 presentan altas fluctuaciones de un mes a otro, las fallas observadas en vía de los buses son diferente cada mes. Para estas novedades se han realizado trabajos en el área de mantenimiento de la empresa, realizando los cambio de los componentes mecánicos de los buses, cuando se presenta una falla en cualquier bus, se debe tener claro que, los demás buses de esa misma línea pueden presentar esa falla, es ahí donde se empieza a realizar las campañas de ejecución de cambio de las piezas que presentaron la falla en los demás vehículos, teniendo en cuenta el momento de la falla, el diagnóstico y la corrección de la avería. Aunque se están realizando los mantenimientos en base al kilometraje recorrido de 10.000 km, se requiere garantizar que la flota programada para realizar las rutas asignadas a la operación diaria se encuentre disponible y confiable para la prestación del servicio, en otras palabras que no se varen realizando la ruta, es ahí

donde se encuentra el nicho de trabajo, se espera mejorar esta confiabilidad y garantizar que con esta propuesta que se va plantear, disminuirán las novedades en vía y se obtendrá un óptimo servicio de transporte para los usuarios de la localidad de Bosa.

#### **4.2 Delimitación**

En el siguiente proyecto de investigación durante los meses de junio a diciembre del año 2020 se determinarán las tareas para optimizar plan de mantenimiento de los 1.323 buses zona Bosa de la Empresa ETIB SAS, en las 6 Unidades de Negocio con lo cual se espera disminuir la cantidad de varados mejorando el servicio, generando mayor disponibilidad de flota y mejora de imagen frente a los usuarios.

#### **4.3 Limitaciones**

-Se presentará solo la información de indicadores autorizada por la empresa de acuerdo con sus políticas.

-La implementación de las mejoras del plan de mantenimiento dependen de la aprobación del gerente de mantenimiento de la empresa y del presupuesto que logre asignar para el proyecto.

-El tiempo de ejecución del proyecto es corto para evaluar la satisfacción de los usuarios que utilizan el servicio de transporte.

- Para recolección de la información de esta investigación, la disponibilidad de espacios en patios es mínima.

- No existe disponibilidad en patios para realizar mantenimientos preventivos y proactivos de posibles mejoras planteadas durante el desarrollo de esta investigación.

## 5 Marcos Referenciales

### 5.1 Estado del Arte

#### 5.1.1 Estado del arte nacional

##### 5.1.1.1 *Propuesta para la creación de un árbol de equipos de la flota vehicular de un concesionario perteneciente al sistema integrado de transporte público de Bogotá.*

Universidad ECCI. Wilmer Smith Estupiñán Hidalgo, Helman Guioivanny Torres Garcia. 2015. La tesis presentada nos da la idea de cómo realizar las taxonomías de la flota de buses teniendo como referencia un diagrama de árbol para los buses, con la finalidad de hacer más fácil la realización de los planes de mantenimiento, realizando las bases estructurales de cómo se realizarán los diferentes tipos de mantenimientos que se plantean para una flota de buses del sistema integrado de transporte público que se deben basar en la cláusula 90 en el manual de operaciones del ente gestor Transmilenio.

##### 5.1.1.2 *Eficiencia energética en el sistema de transporte público masivo de Bogotá.*

*Universidad de la salle. Ricardo Andrés Pulido Castillo, Andrés Felipe Acosta Zapata. 2017.*

El proyecto consultado determinó la relación que se encuentra entre la eficiencia energética y el desarrollo económico y la mejora del medio ambiente enfocada en el sistema de transporte público de Bogotá. Se realizó un análisis de los consumos de cada uno de los vehículos del sistema integrado de transporte evaluando el rendimiento por modelo y por tipo de combustible utilizado, determinando los factores esenciales que afectan el consumo y los gastos económicos los cuales son el diseño de rutas y paraderos,

los avances tecnológicos en los motores y su operación, los precios variables del combustible.

Se determinó que existe una relación directa de un efecto rebote o paradoja de Jevons para la economía entre los factores esenciales mencionados y el costo de operación y eficiencia de los vehículos que lleva a un desarrollo ambiental y económicamente sostenible; el mantenimiento y los avances tecnológicos en motores son factores de principal influencia en el consumo de los vehículos y los indicadores de eficiencia energética de este tipo de flotas.

***5.1.1.3 Análisis de la incidencia del plan de capacitación en las fallas de la flota de vehículos híbridos volvo B215-RH. Universidad Ecci. John Sebastián Díaz Camargo, Edwin Alberto López López. 2015***

El proyecto permite identificar las fallas que se presentan en los vehículos Volvo B215-RH por las falencias del personal en la operación de los automotores el cual en fallas representa el 80% del total de las paradas no programadas. Se diseña un sistema de creación y planificación de capacitación a los operadores para disminuir las averías eliminando la causa raíz de las novedades que representa viabilidad rentable y una estrategia de competencia de alto nivel.

***5.1.1.4 Diseño del plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología de las 5 M para un sistema de transporte masivo de pasajeros.***

Universidad Ecci. Albert Orlando Calderón Gaitán, Edward Leonardo Lara Rubio. 2015. En suscripto se encuentra la realización de un plan de mantenimiento basado en identificar las fallas más representativas enfocadas para una empresa de transporte masivo en la ciudad de Bogotá que presenta novedades en las pérdidas de productividad e imagen

ante el usuario cliente. Se implementa el método de las 5M donde permitió establecer los indicadores de gestión que permitieron la mejora en el área de mantenimiento con herramientas como una mejor adquisición de repuestos, procedimientos, tareas de acción, y capacitaciones que reactivaron índices de tareas con estándares de calidad y confiabilidad, relación con el medio ambiente, mejoramiento en la mano de obra y la adquisición de repuestos los índices de disponibilidad vehicular para transporte.

***5.1.1.5 Gestión de activos para determinar el TPEF (Tiempo promedio entre fallas) de una flota de buses. Caso: empresa masivo capital S.A.S. Universidad Ecce.***

Cesar Augusto Sandino Noguera, Kevin Farid Moreno Duarte. 2016. Nos hablan de la gestión de activos, que se realizaron a los buses y de las fallas representativas de la flota de la empresa masivo capital S.A.S, donde realizan las investigaciones de las novedades que se presentan en los vehículos en la operación del transporte público, además realizan los cálculos de los costos de un activo cuando es varado en vía y cómo influyen estos cálculos para determinar el ROI de las novedades más representativas de dicha empresa. Se realiza una propuesta de aplicar una metodología de RCM, que se plantea luego de haber identificado las fallas, la cual ayuda a clasificarlas por frecuencia de mantenimiento y priorizarlas por el impacto en el funcionamiento del vehículo, lo que da como resultado, la asignación de manera eficaz y eficiente de los recursos de la empresa, previniendo las pérdidas por los buses varados y logrando una mejor administración de los activos.

**5.1.1.6 *Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales.***

Universidad autónoma del caribe. Ronald de Jesús Guevara Mendoza, Peter Alberto Osorio Izaquita. 2014.

El desarrollo del trabajo se basa en la creación de un plan de mantenimiento preventivo para un empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales, inicialmente la empresa no poseía un programa establecido por lo cual se tenían fallas correctivas constantes que solo lograban un 75 por ciento de disponibilidad de vehículos, debido a que la empresa dependía directamente del uso de estos vehículos para la ejecución de sus actividades se planteó establecer un plan de inspecciones y mantenimiento que garantizara un 90 por ciento de disponibilidad y un 85 por ciento de intervenciones preventivas. Para el desarrollo del plan se aseguraron de definir fortalezas y debilidades de la empresa, determinaron las principales fallas y establecieron los cronogramas recomendados por el fabricante, con esta información determinaron causas raíz y establecieron el plan a implementar; como resultado obtuvieron una mejora en la disponibilidad de vehículos con lo cual la empresa empezó a tener ahorros económicos de mantenimientos correctivos y más vehículos disponibles para viajar constantemente.

**5.1.1.7 *Sistema de un plan de mantenimiento de la flota de taxis Hyundai Atos de la empresa admitaxi.***

Universidad ECCI. Juan Carlos Rodríguez Amézquita, Andres Alexander Pinzon Alfonso. 2015. La realización de este proyecto se basó en la aplicación de diferentes estrategias convencionales relacionadas al mantenimiento y servicio al cliente el cual permita la conservación de los vehículos mediante las diferentes tareas programadas de

revisión y reparación que garanticen el funcionamiento la fiabilidad de la flota designada; adicionalmente se busca la reducción de los costos que cumple con los objetivos del proyecto mediante la metodología de trabajo que involucre áreas de taller y operarios que permite la anticipación de la solicitud de repuestos donde da como resultado los tiempos de detención de la flota de taxis y en adición también reduce los tiempos improductivos y mejor control del stock necesario de piezas de recambio. La productividad de la empresa Admitaxi aumento debido a la disminución de fallas reportadas en los vehículos en estudio basados en las estrategias de mantenimiento aplicadas y la capacitación del personal en el uso de la técnica de los análisis y diagnósticos de fallas implementadas, como también con las características de diseño y funcionamiento de los vehículos.

#### **5.1.1.8 Propuesta de mantenimiento y capacitación para elevar la disponibilidad de la flota Blu Logistics SAS.basado en la formación de operadores.**

Universidad ECCI.Jose Isahi Garzon, Diego Iota Pedraza.2016. Los ingenieros detectaron que las novedades presentadas en la flota de vehículos de la compañía Blu Logistic SAS. que afectan el funcionamiento se encuentra la falta de seguimiento a los programas de mantenimiento y la frecuencia de inspección el cual generaba el deterioro acelerado del vehículo; de acuerdo a las decisiones gerenciales los vehículos entran en la modalidad de Renting con la compañía Equirent S.A. los cuales se encargan de realizar el control de los mantenimientos preventivos, correctivos y el seguimiento de estas tareas. En el estudio de las fallas detectadas se fue encontrando coincidencias entre las novedades y la persona que opera el automotor donde se relaciona la falta de experiencia de los conductores con los daños operativos, por lo que se plantea realizar un plan de capacitación completo centrado en aumentar la disponibilidad de los vehículos. Como resultado a esta

investigación se determinó que la empresa Blu Logistic no capacitaba a su personal en temas relacionados con las responsabilidades del cargo sin establecer un entrenamiento donde los funcionarios se sintieran relacionados con el crecimiento y el desempeño laboral, además el fortalecimiento del plan del mantenimiento mediante el seguimiento es un factor relevante para continuar con el mejoramiento del desempeño de los conductores relacionado con las capacitaciones dadas.

### ***5.1.2 Estado del arte Internacional***

#### ***5.1.2.1 Planning maintenance in bus operating companies. Instituto superior técnico, universidade de Lisboa. Rodrigo Arrais Martins. 2018.***

Debido a la alta densidad poblacional presentada en los últimos años en Lisboa se ha fortalecido el uso del transporte público, los buses son una de las principales alternativas para la movilidad en esta ciudad por lo cual empresas como Carris encargadas de flotas de buses fortalecen sus programas de mantenimiento preventivo para garantizar la disponibilidad de vehículos, Carris estableció como objetivo 100 por ciento de mantenimiento preventivo. Para el desarrollo de esta tesis se planteó la implementación del programa FICO Xpress el cual realizaba una planeación lineal de cada una de las actividades a realizar, usando un modelo a escala como ejemplo lograron observar que se podía ahorrar en un 16 por ciento la inversión de mantenimiento y los tiempos del personal comparado con el plan usado hasta el momento, se tuvieron en cuenta posibles entrenamientos para el personal, adquisición de nuevas herramientas y organización en el patio de mantenimientos; basados en la obtención de estos resultados positivos se decidió realizar la implementación del plan en la compañía ya que lograba aumentar la disponibilidad

de flota, realizar actividades de forma eficiente y permitirá según las inspecciones realizadas anticiparse a posibles contingencias que se podían presentar en la flota.

### ***5.1.2.2 Preventive and corrective maintenance scheduling for vehicles at a single dead-end track under service level agreement.***

Universidad del Bósforo. Murat Elhuseyni. 2018. Basados en el uso de vehículos y la cantidad de buses que deben estar disponibles para el uso en la ciudad de Estambul las empresas prestadoras del servicio han optado por un sistema de mantenimiento preventivo que garantice la disponibilidad, debido al tamaño de flota que manejan estas empresas se han presentado problemas en la programación de las rutinas preventivas de las flotas, no son eficientes en la programación por lo cual se retrasan las intervenciones a realizar y se empiezan a generar problemas en ruta que molestan a los usuarios, debido a esto se proponen a implementar un sistema que permita usar todas sus herramientas con todo su potencial. Se planteó aparte de seguir a rigor con el plan de mantenimiento que se tenía se empezó a trabajar en un método que permitiera hacer uso de todos sus espacios de mantenimiento y personal, se observó que muchas veces los vehículos se parquean a esperar salidas y eran bloqueados por otros que se encontraban en mantenimiento o al momento de salir luego requieren un mantenimiento por lo cual se pensó en optimizar las paradas de los buses, cada parada se consideró como una posible ventana para mantenimiento según la programación, los espacios de mantenimiento se dejaban exclusivos para reparaciones mayores, se implementó un programa de programación de estos tiempos y se logró un mantenimiento efectivo sin paradas extras para los vehículos que garantiza una mayor disponibilidad de vehículos y menos tiempos de paradas.

### ***5.1.2.3 Improving bus Fuel Efficiency through fleet inspection and maintenance practices.***

Shakti, sustainable energy foundation. 2016. El transporte global tiene un consumo de energía de 23 por ciento de la producción mundial, debido a los cambios climáticos y al nivel de contaminación que tenemos la eficiencia energética se ha convertido en uno de los tópicos más importantes a desarrollar y debido al consumo del transporte se considera uno de los sectores más importantes a tratar. Esta tesis empresarial de india presenta un modelo de mejora de rendimientos en consumo de combustible a través de métodos de mantenimiento con inspecciones eficiente y modelos modernos, se tuvieron en cuenta modelos de mantenimiento eficiente, las bases de datos de fallas presentes y manejo de personal, con esto se logrará generar motores más eficientes y menos contaminantes.

### ***5.1.2.4 Fleet performance monitoring system using the internet of things (Business model).***

Universidad Ottawa. Maryam Alsobhi.2018. El manejo de las flotas es uno de los puntos más difíciles de controlar por las empresas de transporte, estas empresas tienen aspectos importantes que afectan directamente sus negocios como son el comportamiento del conductor y el uso y estado de sus vehículos que cuales impactan directamente sobre la satisfacción de los clientes. El desarrollo de la tesis planteada pretende establecer un sistema de monitoreo de los vehículos de la flota por medio de conexiones inalámbricas a internet, la instalación de sensores en los vehículos permitirá controlar remotamente cada uno de los aspectos del vehículo en ruta, se espera inspeccionar el comportamiento y manejo de cada conductor, el estado del vehículo y posibles riesgos y situaciones presentadas en vía con el fin de analizar datos para modificar conductas de conducción y

prevenir posibles fallas en los vehículos, este sistema permitirá obtener operaciones más eficientes que llevará a la implementación de un modelo económico que permita a las empresas obtener mejores utilidades de sus servicios.

#### ***5.1.2.5 Propuesta de un plan de mejora para optimizar la gestión del proceso de transporte de inversiones Zamcar S.A.C.***

Universidad Ricardo Palma, Lima. Claudia Gisella Rivas Vera, Heydy Zamora Cardenas. 2019. La presente tesis pretende desarrollar un plan de mejora al actual proceso de transporte en la empresa inversiones Zamcar S.A.C., dedicada al transporte de carga terrestre para el sector minero aplicando Kaizen como método de mejora. Se realizó un análisis para diagnóstico usando método como Ishikawa, encuestas y observación directa con lo cual se detectaron los problemas para generar mejoras; se realizó el uso de las metodologías Kaizen y Dmaic para realizar la propuesta de mejoras y estandarización de procesos, con esto se espera obtener una disminución de las paradas repentinas en vía de los vehículos, mejora en la eficiencia de uso de combustible, capacitación para los conductores y ahorro de costos de mantenimiento, se definió un nuevo plan de mantenimientos debido a que no se tenía ninguna información sobre los vehículos, hojas de ruta y fallas de mayor repetición y se logró establecer ahorros de gastos en combustible, reprocesos y mantenimiento.

## **5.2 Marco Teórico**

La propuesta de mejora del plan de mantenimiento de los buses de ETIB SAS para disminuir los varados en vía estará basada en metodologías de mantenimiento que permitan optimizar los procedimientos de tratamiento de las causas raíz, con la implementación de estos métodos se espera obtener una mejora en los indicadores de varados y los

procedimientos de la compañía; a continuación, se presentan las metodologías tenidas en cuenta para el desarrollo de esta investigación junto a una breve descripción de mantenimiento y usos en flota de buses.

### **5.2.1 *Mantenimiento***

El mantenimiento es una conformación de teorías y métodos que se pueden entender de manera práctica como lo que se debe hacer para que las cosas funcionen correctamente o para que los daños duren lo menos posible; mediante el uso de esta metodología se espera que minimizar los problemas de los equipos que causan paradas a la producción que conllevan a disminuir la rentabilidad de la empresa y la eficiencia de los equipos, con este fin se deben tener las instalaciones necesarias para intervenciones y stock y el personal capacitado en el tipo de equipos a intervenir, este tipo de metodologías ha ido evolucionando a través de los años y especializándose en los tipos de equipos a intervenir.

Se puede inferir que el mantenimiento puede ser visto como una filosofía que debe ser adoptada y adaptada por cada empresa para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos en donde se debe tener clara la incidencia que genera cada una de las fallas y los costos asociados a las paradas generadas, muchas veces se cree que mantenimiento es solo cambiar partes sin tener en cuenta que se debe llegar a un análisis que permita evitar estas fallas o predecirlas para ahorrar tiempos de cambios, se deben buscar soluciones mediante diseño o evaluación de repuestos para encontrar piezas que obtengan mayor duración, establecer métodos como lubricantes para aumentar la vida útil de los componentes y al final llegar a tener una confiabilidad alta en los equipos sobre los que se es responsable.

## **5.2.2 Tipos de mantenimiento**

### **5.2.2.1 Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", se presenta luego que ocurre una falla o varada, solo se efectuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo disminuyendo las horas operativas.

Afecta a las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible. (Garrido, 2003)

### **5.2.2.2 Mantenimiento preventivo**

Se considera como la programación de inspecciones para garantizar el funcionamiento de los equipos, allí se tienen en cuenta factores como la seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que se deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido y no a una demanda del operario o usuario. Su propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura,

equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar fallas en su fase inicial para corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo se obtienen experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles en las instalaciones y máquinas. Algunas ventajas son:

Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.

Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de máquinas, mayor duración de los equipos e instalaciones.

Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan sus repuestos de mayor y menor consumo.

Uniformidad en la carga de trabajo para el personaje de mantenimiento debido a una programación de actividades.

Menor costo de operaciones. (MASSO, 2006)

### **5.2.3 *Mantenimiento en Flota de Vehículos***

Una flota vehicular es un conjunto de vehículos destinados a transportar personas y que dependen económicamente de una empresa, estos usualmente son de un mismo modelo o marca. El transporte de personas en las ciudades es esencial para el desarrollo social, estos vehículos son de transporte público y es relevante que se mantengan operativos y disponibles para la movilización de la población, la gestión eficiente de este tipo de flotas intenta utilizar el mínimo de recursos disponibles logrando máxima disponibilidad; dentro

de la gestión de flota se tiene en cuenta uno de los factores fundamentales que es el mantenimiento.

El Mantenimiento a realizar a una flota de vehículos debe ser secuencial, este tipo de vehículos trabaja de manera continua cerca de las 24 horas del día los 7 días de la semana, las programaciones de mantenimientos se realizan según los kilómetros de recorrido o el tiempo de trabajo, como base guía usualmente se tiene en cuenta el manual del fabricante en él se encuentran las recomendaciones que ellos realizan para mantener el vehículo en completa operatividad, se buscan los tiempos de parada que deben ser precisos para garantizar la disponibilidad de la flota y la prestación de los servicios. Es importante en este tipo de programas de mantenimiento garantizar que el conductor del vehículo entienda la importancia de realizar las intervenciones programadas para garantizar un servicio confiable y que sea capaz de reportar posibles fallas de manera efectiva para reparar sin contratiempos.

El mantenimiento de flota debe tener como objetivo central el de minimizar los tiempos de parada y costes elevados por lo cual se deben realizar mantenimientos sencillos de rutina como cambios de aceite o de inspección en los patios donde normalmente se parquean los vehículos y en el momento de ser requerida una reparación mayor desplazar los vehículos al patio central donde se debe contar con el espacio, las herramientas y el personal idóneo para intervenir. Usualmente en flotas pequeñas el costo de mano de obra es elevado debido a las capacitaciones y estudios que debe tener el personal mecánico y se decide subcontratar el servicio con talleres externos y se decide internamente solo realizar la programación.

**5.2.4 Modelos vehículos flota**

Las empresas para el desarrollo de sus operaciones de transporte público para las ciudades y lograr el cumplimiento de los compromisos adquiridos en prestar un excelente servicio de transporte público, deben adquirir una flota de buses que se acople a la geografía de la ciudad, que tengan tecnologías amigables con el medio ambiente en temas de emisiones de gases contaminantes, que tengan las sillas una excelente ergonomía para que los usuarios se puedan acomodar dentro del bus, una buena accesibilidad y un descenso rápido del bus.

Las compañías son autónomas en la decisión de adquisición de la flota de buses y las cantidades que requieran para la prestación del servicio, deben cumplir los estándares de calidad, requisitos que le imponga la ciudad solicitante del servicio de transporte público, las normas de seguridad vial que rigen en las diferentes localidades donde se prestará el servicio y que toda la comunidad pueda utilizar el servicio de transporte.

Los nuevos modelos de buses para las operaciones de un sistema de transporte que utilizan modelos de eficiencia energética que tienen ventajas en las ciudades que apuntan a la disminución de contaminantes, las flotas de buses con estas características tienen más confort, mejoran la movilidad de las personas, se disminuye la utilización de vehículos particulares, mejora la calidad del aire de la ciudad y hay mayor inclusión de personas discapacitadas.

Para mantener una óptima operación de estos buses, el área de mantenimiento debe trabajar con el área de operaciones, ya que son la base fundamental de la compañía, en el funcionamiento de su actividad de negocio. El área de mantenimiento mantiene los buses

operativos y confiables y el área de operaciones controlando el recurso humano y la ejecución de las rutas.

Las tipologías de buses que se utilizan en las operaciones de transporte público son:

Micro Bus - Se caracterizan por tener una capacidad de pasajeros de 19 personas, son usados en rutas de baja demanda de usuarios debido a que no poseen amplios pasillos para albergar personal.

Buseta - Se caracterizan por una capacidad de 44 pasajeros, poseen la versatilidad de realizar el ingreso de usuarios por una puerta y salida por otra en la parte posterior que ofrece mejor organización.

Bus - Se caracterizan por transportar 53 pasajeros en total, vehículos con amplios espacios y comodidad para el transporte de los usuarios.

Bus Padrón - Se caracterizan por la capacidad de 80 pasajeros y rampas para ingreso de usuarios con algún tipo de invalidez, estos son usados para realizar las labores de alimentación y algunas rutas de alta frecuencia.

### ***5.2.5 Operaciones flota de buses***

Las flotas de buses actualmente realizan operaciones basadas en programación de rutas, se realiza una gestión administrativa y un estudio de mercado para analizar los caminos que se deben cubrir en una localidad, una vez se tienen las rutas asignadas y las trayectorias que van a recorrer los buses, delimitando los paraderos de descenso y ascenso, para que los usuarios utilicen estos medios de transporte. La compañía que obtenga el

contrato debe disponer de la flota de buses, la cual tiene que estar operativa y confiable para realizar el cumplimiento de las rutas que se le asignaron para la realización del servicio de transporte público, las instalaciones para el parqueo, tanqueo de combustible, lavado y áreas disponibles para realizar los mantenimientos a los buses. Contar con el recurso humano capacitado para la operación adecuada de los buses y la amabilidad hacia los usuarios que utilizan el servicio.

Cada ruta tiene un kilometraje asignado, el número de recorridos que debe hacer y las frecuencias y horas establecidas de salidas y de llegada del bus que se encuentra asignada a dicha ruta. La empresa realizará la programación diaria de las rutas, las cuales debe cumplir en su totalidad, asignando los buses que están disponibles para realizar la prestación del servicio.

Existen rutas que tienen un tiempo de descanso, estas se conocen como rutas de tabla partida, en ellas se colocan los buses asignados con intervenciones preventivas pendientes, para realizar las tareas del plan de mantenimiento; después de realizadas las actividades, el bus debe quedar operativo para retomar la ruta que se encontraba realizando.

Estas ejecuciones de las rutas se realizan diariamente, de lunes a viernes, con sus respectivas tablas partidas. Para los fines de semana, sábado, domingo y los días festivos, hay reducciones de rutas, debido a que hay una demanda baja de usuarios los fines de semana y días festivos, como consecuencia quedan móviles en los patios, para seguir realizando las tareas programadas del plan de mantenimiento.

## 5.2.6 Metodologías de mantenimiento aplicadas a flotas de buses

### 5.2.6.1 TPM (Total Productive Maintenance)

El Mantenimiento Preventivo Total se caracteriza hoy en día por ser una de las herramientas fundamentales que alcanzan eficiencia y competitividad en los procesos de producción, se tiene como propósito cumplir con estándares de calidad, mejorar tiempos de actividades o procesos y controlar los costos de producción. El TPM es utilizado en las empresas que cuentan con automatización en sus procesos donde por medio de un conjunto de actividades y mejoramiento de técnicas designadas buscan mejorar la capacidad de producción explotando al máximo los activos e instalaciones disponibles; esta idea constituye el siguiente paso de evolución de las buenas prácticas de mantenimiento donde se destaca por ser una estrategia eficaz en mejorar la función y el diseño de la producción que implica la participación de varios actores como el gerente , los mecánicos de producción y proveedores.

El mantener el activo en nivel óptimo de servicio, reducir el costo de ciclo de vida y reducir las intervenciones de trabajos operacionales en mantenimiento son los propósitos de la implementación de este tipo de estrategias en las industrias.

5.2.6.1.1 **Implementación del TPM:** La aplicación del modelo TPM es ejecutado mediante la división de cuatro grandes grupos de fases las cuales se clasifican de la siguiente manera:

### **Grupo 1 Planeación**

Es considerado como la preparación de la organización para la aplicación del desarrollo de la metodología TPM al cual corresponden las siguientes fases

Fase 1: Declaración de la dirección para introducir el TPM

Fase 2: Capacitación de facilitadores e instructores para la introducción del TPM

Fase 3: Creación de una organización para promocionar la aplicación interna del TPM

Fase 4: Establecimiento de políticas y objetivos del TPM

Fase 5: El diseño de un plan maestro para implementar el TPM

### **Grupo 2 Lanzamiento**

En este grupo se pueden encontrar las fases que corresponden al paso “cero” de la ejecución donde:

Fase 6: Lanzamiento del proyecto a nivel empresarial

### **Grupo 3 Desarrollo**

Se encuentra en este grupo las fases correspondientes a la ejecución y el desarrollo

Fase 7: Establecer los sistemas y herramientas que puedan maximizar la eficiencia de producción donde encontramos subniveles de aplicación de los ocho pilares como:

7.1 Pilar Kaizen o mejoras enfocadas

7.2 Pilar mantenimiento autónomo

7.3 Pilar de mantenimiento planeado

7.4 Pilar capacitación y entrenamiento

Fase 8: Crear el sistema de gestión inicial para nuevos equipos y productos

Fase 9: Crear sistema de mantenimiento de calidad

Fase 10: Crear sistema de gestión administrativo

Fase 11: Crear Sistema SHE (Seguridad, Salud y Medio Ambiente)

#### **Grupo 4 Consolidación**

Fase 12: Consolidación de la aplicación del sistema TPM.

#### **Pilares del TPM**

Estas son las herramientas de implementación en el cual cada uno de ellos está enfocado en mejorar las áreas relacionadas a la aplicación de este método en la compañía, estos pilares se caracterizan por tener una serie de etapas de desarrollo secuenciales las cuales siempre existe un responsable para la ejecución.

- 1) Mejoras Enfocadas (Kobetsu Kaizen)
- 2) Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen)
- 3) Mantenimiento planificado
- 4) Mantenimiento de Calidad (Hinshitsu Hozen)

- 5) Prevención del mantenimiento
- 6) Actividades de departamentos administrativos y de apoyo
- 7) Formación y Adiestramiento
- 8) Gestión de Seguridad y Entorno

Basados en esto se esperan obtener resultados de disminución de los tiempos de parada y aumentar la productividad de los equipos, el TPM en flota de buses es una herramienta de gran utilidad debido a lo anteriormente mencionado, esta permite obtener el máximo rendimiento de la flota que es necesario para el tipo de operación 24/7. (Santos, 2011)

#### **5.2.6.2 *Pareto-análisis***

El análisis mediante el diagrama de Pareto es una metodología creada por Vilfredo Pareto, esta consiste en un análisis estadístico en donde se observan las fallas o eventos de mayor trascendencia para una organización, se basa en la filosofía que el 20% de las causas generan el 80% de las consecuencias. Se utiliza un diagrama de barras en donde se organizan de izquierda a derecha las causas principales de los problemas de una compañía en orden descendente, sobre este diagrama se fabrica una línea con el porcentaje acumulado de los fallos de izquierda a derecha y se realiza el análisis; cuando el porcentaje acumulado de las causas llega al 80% se determina que son los principales aspectos para trabajar. (Ver figura 2).

Figura 2. Diagrama de Pareto



Fuente: Mtto IV: Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto y su metodología de causas y efectos es utilizado en mantenimiento para encontrar las principales causas de las fallas recurrentes en una compañía, se debe realizar un análisis estadístico de las fallas presentadas en un periodo de tiempo determinado para realizar el gráfico anteriormente presentado, sobre esto se eligen las fallas que sumadas de un porcentaje del 80 % para ser tomadas como las principales fallas a ser tratadas, según este análisis si se logran corregir y prevenir estas causas con metodologías preventivas de mantenimiento se obtendría una disponibilidad de flota superior; esta metodología tiene como ventaja que permite observar y enfocarse en los puntos principales sobre los cuales se pueden solucionar la mayoría de los problemas que afectan la operatividad aunque como desventaja tiene que solo permite observar las causas y no permite observar las causas raíces y la manera de realizar tratamiento por lo cual debe ser apoyada o ser soporte de otras metodologías como TPM o RCM para mejorar los procedimientos.

**5.2.6.3 RCM (*Reliability centred maintenance*)**

La metodología de RCM o mantenimiento centrado en la confiabilidad se basa en aumentar la confiabilidad de los equipos, para este fin hace uso de un análisis de los fallos potenciales de un equipo pieza por pieza para determinar los tiempos promedios de falla; una vez cuenta con un tiempo esperado de falla se realiza un análisis de criticidad de cada una de las piezas con los posibles efectos que se pueden generar y se ordenan por prioridades; con la información de los tiempos y priorización de piezas se establecen las rutinas de mantenimiento previniendo y haciendo cambios antes de falla.

La información obtenida de un proceso de análisis mediante RCM permite observar que rutinas de mantenimiento se pueden implementar preventivas y da una perspectiva de qué metodologías predictivas se pueden empezar a implementar gracias a que se conocen los métodos de falla de las piezas y se puede analizar que buscar para identificar con tiempo previo la posible causa.

La metodología de RCM permite observar qué piezas son críticas para un proceso y enfocarse en ellas, mantener stocks de cambios y minimizar los tiempos de paradas no programadas, en flotas de buses se pueden implementar este tipo de metodologías para aumentar la confiabilidad en la flota, las empresas de transporte buscan constantemente garantizar que un equipo en ruta no falle para evitar sobre costos por mantenimientos correctivos, pérdidas de su imagen corporativa y posibles cancelaciones de contratos de prestación de servicio.

### 5.3 Marco legal

Tabla 1. Marco normativo aplicable a ETIB SAS

<b>Norma/Ley/Decreto</b>	<b>Numeral</b>	<b>Observación</b>
LEY 336 DE 1996 (diciembre 20) Diario Oficial No. 42.948, de 28 de diciembre de 1996 ESTATUTO GENERAL DE TRANSPORTE	Artículo 1	La presente ley tiene por objeto unificar los principios y los criterios que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del Transporte Público Aéreo, Marítimo, Fluvial, Férreo, Masivo y Terrestre y su operación en el Territorio Nacional, de conformidad con la Ley 105 de 1993, y con las normas que la modifiquen o sustituyan. La seguridad, especialmente la relacionada con la protección de los usuarios, constituye prioridad esencial en la actividad del Sector y del Sistema de Transporte.
Resolución 1304 de 2012 - Emisiones de Gases de Vehículos Diesel	Resolución completa	La resolución que determina los niveles máximos de emisión y los requisitos ambientales a los que están sujetas las fuentes móviles del sector de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo e integrado que circulen en el Distrito Capital.
Decreto 1079 de 2015 Enero 2019	Decreto completo	Decreto mediante el cual se realiza la reglamentación para habilitación de las empresas de transporte público en donde se debe garantizar que el servicio es eficiente, confiable, seguro, oportuno y económico y los principios que rigen la sana competencia entre las empresas públicas o privadas.
Decreto 3366 de 2003	Artículos del 1 al 9	Decreto por el cual se establecen las infracciones que conllevan a sanciones durante la operación de vehículos de servicio público, es aquí en donde se reglamenta con que deben cumplir los vehículos que realicen operación de rutas de usuarios públicos, se establece que los vehículos deben cumplir con una serie de requisitos como logotipos de las empresas, pólizas especiales, sistemas de información de cobros y permisos de circulación; en el caso del estado mecánico de cada vehículo y su gestión de mantenimiento

		establece que el vehículo debe cumplir con las condiciones de seguridad necesarias para el transporte de pasajeros, debe poseer un programa y sistema de mantenimiento preventivo y prestar el servicio si y sólo si el vehículo se encuentra en perfectas condiciones técnico mecánicas.
Resolución 1565 de 2014	Resolución completa	Resolución mediante la cual se expide una guía para la elaboración e implementación del plan estratégico de seguridad vial, se resuelve que es obligación de cada empresa pública o privada que posea o administre flotas de más de 10 vehículos implementar este plan con el fin de controlar los índices de accidentalidad del país; en este plan se refiere que es obligación de los encargados de estas flotas de mantener un plan de mantenimiento preventivo que garantice que los vehículos se encuentran en completa operatividad para circular y garantizar que no pueden causar accidentes por fallas técnicas.
Acuerdo 410 de 2009 Concejo de Bogotá D.C.		Acuerdo mediante el cual el concejo de Bogotá exige a las empresas encargadas del servicio de transporte público a que los buses comprados y dispuestos para la ciudad a partir del 2010 cumplan con las normas ambientales internacionales garantizando que tienen las últimas tecnologías limpias y de uso de combustible y garanticen que estos vehículos se mantendrán en óptimas condiciones mecánicas para garantizar la protección del medio ambiente.

Fuente: Autores

## **6 Marco metodológico**

### **6.1 Recolección de información**

La información para el desarrollo del caso de estudio se obtuvo de las bases de datos de la empresa ETIB SAS, esta compañía permitió el acceso a las bases de datos de los buses varados y rutinas de mantenimiento de buses correspondientes al año en curso, basado en estos datos se realizó el análisis de fallas frecuentes para optimizar el plan de mantenimiento.

#### ***6.1.1 Tipo de investigación***

La presente investigación se basa en un paradigma mixto, esto debido a que se hará uso de los indicadores, bases de datos de la compañía y los manuales de mantenimiento para los buses que se encuentran basado en las recomendaciones de los fabricantes y las experiencias de los expertos en mantenimiento de la empresa.

#### ***6.1.2 Fuentes de la obtención de información***

##### ***6.1.2.1 Fuentes primarias.***

Las fuentes primarias para la obtención de información en esta investigación se basan en los indicadores, las bases de datos y los programas de mantenimiento establecidos actualmente en la compañía ETIB SAS.

**6.1.2.2 Fuentes secundarias.**

Las fuentes secundarias de información usadas en esta investigación son tesis de implementación de mantenimiento en flotas, libros de metodologías de mantenimiento y artículos de investigación entre otros.

**6.1.3 Herramientas**

Como herramientas para el desarrollo y obtención de información de esta investigación se usaron

- Bases de Datos varados ETIB SAS
- Diagramas de Pareto
- AMEF
- Gráficas comportamiento fallas
- Diagramas de tendencias

**6.1.4 Metodología**

Para el desarrollo del objetivo principal de la investigación en cuestión se realizó un plan de tres pasos en donde se pretende desarrollar los objetivos específicos para estructurar la propuesta de mantenimiento como solución al problema actual

Primer paso. Realizar recopilación y análisis de la información existente en la empresa de las fallas que se están presentando en vía y las rutinas de mantenimiento existentes actualmente para determinar posibles causa raíz y modelos de vehículos con mayor frecuencia de fallas.

Segundo paso. Determinar basados en la información recolectada la línea de los vehículos que afectan principalmente los indicadores de disponibilidad y varadas en vía para realizar un análisis de causa raíz de sus principales fallas y presentar una propuesta de mejora para mitigar la aparición de estas falencias.

Tercer paso. Presentar una propuesta de plan de mantenimiento de los modelos de flota críticos para mitigar las principales fallas halladas implementando nuevas metodologías de mantenimiento que permita mejorar la disponibilidad de vehículos, la optimización de recursos económicos y satisfacción social.

### ***6.1.5 Información recopilada***

Para el desarrollo de la investigación se realizó una recopilación de la información de los varados en vía de la empresa ETIB SAS, los planes de mantenimiento ejecutados actualmente y se presentó un análisis de modos y efectos de falla aplicable a los modelos de los buses de la compañía.

#### ***6.1.5.1 Bases de datos.***

La empresa ETIB SAS como parte del programa de gestión de mantenimiento almacena la información de cada una de las novedades presentada en vía de su flota de buses, en esta base de datos se presenta el tipo de falla presentada, fecha de novedad, sistema intervenido, sitio de falla y modo de envío al taller.



base mineral. El aceite utilizado es 15W40, para los motores DIESEL de los móviles de la compañía. Las propiedades detergentes del aceite utilizado, por recomendaciones de los fabricantes y por experiencia en la flota de buses el aceite se debe realizar el cambio a los 10,000 km. Esta parada programada del vehículo se aprovecha para realizar las tareas de inspección, engrase y ajustes de los demás sistemas que componen el bus.

Figura 4. Formato mantenimiento ETIB SAS

FRECUENCIA		ITEM	SISTEMA	SUBSISTEMA	ACTIVO	TAREA	REV.	COD.
10 MIL KM	1	CHASIS	TREN MOTRIZ	TMOT	ENGRASAR PUNTOS DE LUBRICACION			LUV2410B
	2	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	CAMBIAR ACEITE DE MOTOR			
	3	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	CAMBIAR FILTRO DE ACEITE			
	4	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	CAMBIO DE FILTRO DE AIRE INTERNO			
	5	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	CAMBIAR FILTRO (S) DE COMBUSTIBLE			
	6	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	REVISAR FUGAS DE ACEITE DE MOTOR			
	7	CHASIS	TREN MOTRIZ	MOT	REVISAR Y COMPLETAR NIVEL DE LIQUIDO REFRIGERANTE			
	8	CHASIS	TREN MOTRIZ	TRAN	REVISAR Y COMPLETAR NIVEL DE ACEITE TRANSMISION			
	9	CHASIS	TREN MOTRIZ	TRAN	REVISAR FUGAS DE ACEITE DE TRANSMISION			
	10	CHASIS	TREN MOTRIZ	DIFE	REVISAR Y COMPLETAR NIVEL DE ACEITE DIFERENCIAL			
	11	CHASIS	TREN MOTRIZ	DIFE	REVISAR FUGAS ACEITE DIFERENCIAL			
	12	CHASIS	TREN MOTRIZ	SUSP	ENGRASAR PUNTOS DE LUBRICACION DE SUSPENSION			
	13	CHASIS	DIRECCION	DIRE	REVISAR Y COMPLETAR NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO			
	14	CHASIS	DIRECCION	DIRE	REVISAR FUGAS DE ACEITE HIDRAULICO			
	15	CHASIS	DIRECCION	DIRE	ENGRASAR LOS PUNTOS DE LUBRICACION DEL SISTEMA DE DIRECCION			

Fuente. (ETIB SAS)

6.1.5.3 *Análisis modo y efectos de falla buses.*

Como desarrollo de la investigación se realizó un análisis de modos y efectos de falla de cada uno de los sistemas que componen los buses en forma general, estos componen la flota de la empresa ETIB SAS; en la siguiente tabla se presenta la información recolectada en donde se observa cada sistema y sus posibles mecanismos de falla para luego sobre esto generar propuestas de mantenimiento nuevas.

Tabla 2. Análisis fallas sistemas flota de buses

Sistema	Función	Falla funcional	Modo de falla	Mecanismos de falla
Plataforma de discapacitados	Subir y descender del vehículo a los usuarios que se encuentran en sillas de ruedas que utilizan el servicio	Plataforma no funciona	Sistema eléctrico	motor
			motor en falla	relé
				tarjeta activación
			Fuga aceite hidráulico	Rotura mangueras
				Fugas cilindros
			Mecanismos de plataforma con desajuste	Disparadores
	Actuadores			
Sistema de refrigeración	Realizar la refrigeración del motor, por medio del refrigerante.	Recalentamiento motor	Rotura mangueras	Mangueras
			Radiador tapado- roto	Radiador
				Tubería
			Termostato en mal estado	Termostato
			Bomba de agua en fallo	Rodillo
				Tensor
				Correa
			Bomba de agua	Bomba de agua
Ventilador no funciona	correas			
	Ventilador			

				Polea
			Vaso de expansión roto	Vaso
			Falla sensores de temperatura	
		Fuga intermitente refrigerante	Abrazaderas rotas	Abrazaderas
			Empaques sistema en mal estado	Empaques
			Arandelas sello con desgaste	Arandelas
Sistema de inyección	Succionar el combustible del depósito, para que ingrese pulverizado a los cilindros.	Motor no prende por combustible	Inyectores en falla	Inyectores
			Fuga de combustible	common rail
				Mangueras
			Filtro tapado	Filtro
			Fallo bomba inyección de combustible	Bomba de inyección combustible
Sistema admisión	Filtrar el aire del medio ambiente para que ingrese a los	Fallo en combustión	Escape aire	Líneas aire

	cilindros para generar la mezcla aire-combustible para la detonación.		Filtro tapado	Filtro aire
			Válvulas descalibradas	Válvulas
Sistema lubricación	Transportar el aceite desde el cárter hasta las piezas que se encuentran en movimiento dentro del motor.	Fallo de lubricación motor	Daño bomba de aceite	Bomba de aceite
			TAPONAMIENTO filtro cárter	Filtro carter
			Agua o taponamiento filtro aceite	Filtro aceite
			Fugas de aceite	Empaque culata
				Empaque tapa valvulas
		Daño lubricadores	Lubricadores	
Sistema de combustión	Generar una compresión de la mezcla aire-combustible para generar la detonación.	Motor no prende, no genera combustión	Válvulas descalibradas	Válvulas
			Culata con escape	Empaque culata en mal estado
				Culata con pandeo
		Fallo compresión	Anillos gastados	

				Camisa con desgaste
				Casquetes pistones con juego
				Casquetes Cigüeñal con desgaste
				Daño eje de levas
				Impulsadores con deformación
Sistema de escape	Escape de los gases quemados de la mezcla aire-combustible al medio ambiente.	Fuga de gases	Escape ductos salida	Exhausto roto
				Catalizador roto
		Fallo combustión	Turbo en fallo frenado o sin lubricación	Tubería rota
				Empaque turbo con fuga
Caja de velocidades	Realizar el cambio de marcha del vehículo	No engranan los cambios de marcha	Piñones no engranan	Piñones
				Power Pack y conectores

				Sincronizadores en fallo
				Ejes rotos
Kit de embrague	Acoplar y desacoplar la caja de velocidades con el motor	No engranan los cambios de marcha	No sincroniza acople cambios	Sincronizadores fallan
				Disco
				Prensa
				Balinera
Sistema neumático	Distribuir aire comprimido por medio de un compresor	Pérdidas funciones neumáticas	Pérdida presión de aire	Compresor
				Líneas de aire
				Valvulas de distribucion
			Presostato	
			Puertas no accionan	Cilindros neumáticos
Frenos	Detener el vehículo cuando se encuentra en movimiento	Vehículo no frena	Pastillas de Freno no hacen fricción	Pastillas de Freno
				Discos de Frenos
				Trinquetes
			Actuadores atascados	Mordazas
Suspensión			Bombonas No suben	Bombonas Delanteras

	Realizar la amortiguación del vehículo	No hay amortiguación en el vehículo		Bombonas Traseras
			No hay amortiguación	Amortiguadores Delanteros
				Amortiguadores Traseros
	Alineación de los Ejes	No hay alineación de los Ejes	Eje Trasero Torcido	Barras de reacción
	Eje Delantero con Camber		Splinters	
Cardan	Transmitir el movimiento de la Caja de velocidades al diferencial	No hay transmisión de movimiento a ruedas	Cardan no transmite	Cardan
				Cruceta
				Yoke
Diferencial	Realizar movimientos circulares sin volcarse	No hay transmisión a eje	Ejes sin transmisión	Eje
				Transmisión
		No hay variación de movimiento de ruedas en curva	Fallo movimiento diferencial	Pi;ones
Sistema eléctrico	Generar corriente eléctrica para que los	No Hay generación de	Fallo en los Alternadores	Alternadores

	accesorios electrónicos del vehículo funcionen.	corriente para que el vehículo encienda	Baterías Descargadas	Baterías
			Fallo en Motor de Arranque	Motor de Arranque
			Fallo en los Interruptores	Interruptores
			Fallo en el Switch de Encendido	Switch de Encendido
			Líneas de Cableado Eléctrico Rotas	Cables
Dirección	Realizar giros del vehículo al momento de tomar curvas.	Vehículos sin dirección	Vehículo sin giro en ruedas	Caja de dirección
				Cabrilla
				Eje dirección
				Cruceta
				Brazos axiales
				portamangueta
Carrocería	Acondicionar el chasis del vehículo para la comodidad de los ocupantes.	El Vehículo no se encuentra acondicionado para las comodidades	Plataforma de Discapitados No Funciona	Motor de la Plataforma
				Correas de la Plataforma
				Mangueras de Presión

		de los ocupantes		Botones de Accionamiento
				Tarjeta de Activación
			Pasamanos Suelos	Pasamanos
			Cinturones de Seguridad Dañados	Cinturones de Seguridad
			Silla del Conductor Torcida	Silla del Conductor
			Pintura vehículo en mal estado	Estructura
			Sillas de Usuarios Desajustadas	Sillas de Usuarios

Fuente: Autores

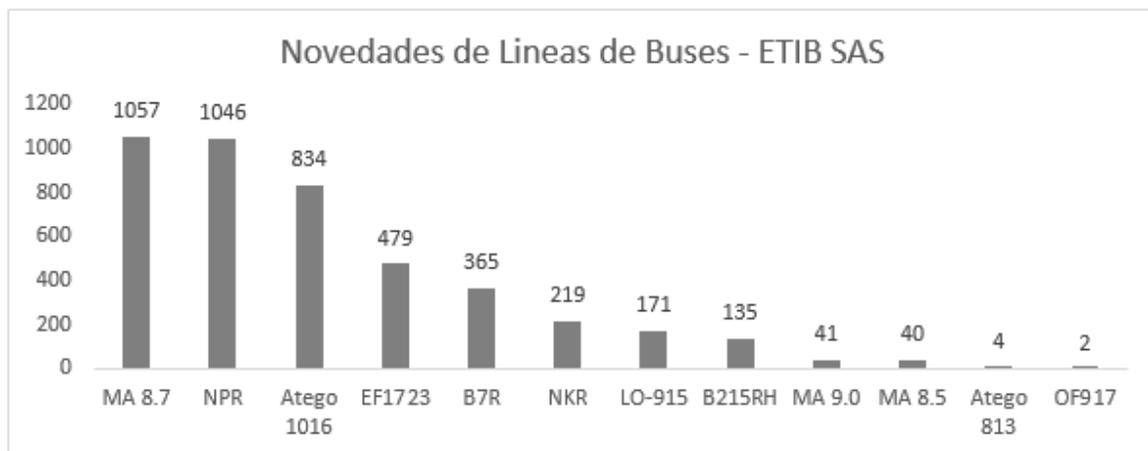
## 6.2 Análisis de la información

Como procedimiento de análisis en el presente proyecto se usará de base la información recopilada de la compañía y se regirá haciendo seguimiento al plan representado en la metodología a utilizar.

### 6.2.1 Vehículos de mayor frecuencia de fallas

Basados en la información obtenida en la base de datos estadística de la empresa se generó una relación de los vehículos que presentaron la mayor cantidad de fallas en vía para el periodo analizado.

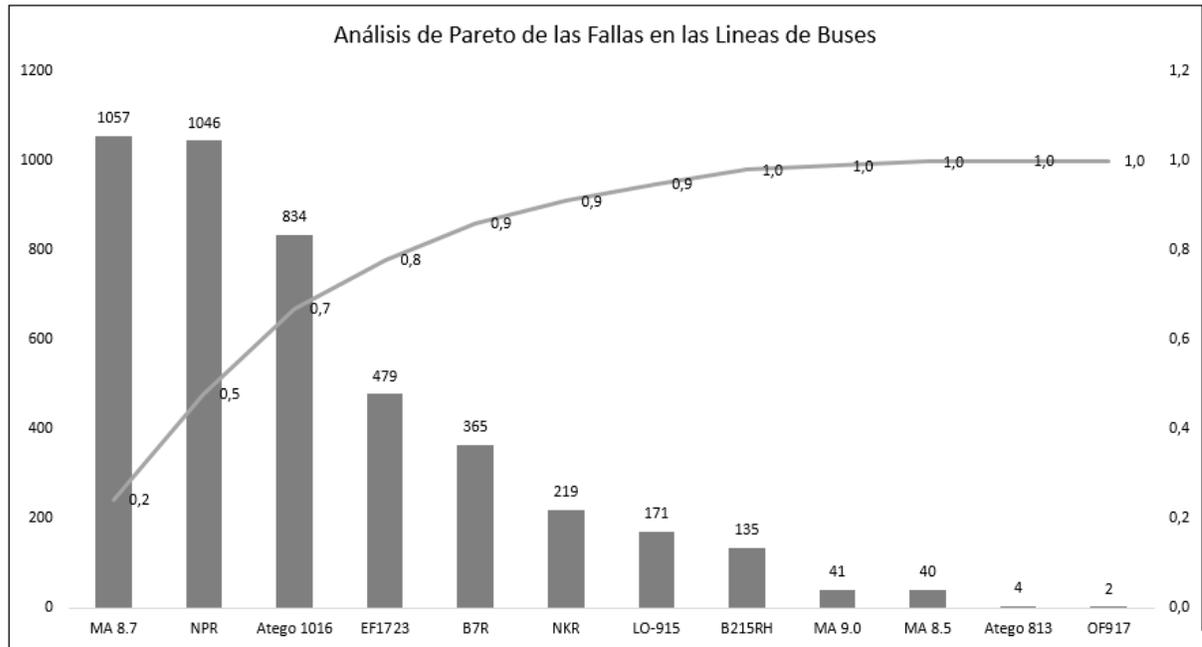
Figura 5. Cantidad De fallas por línea de buses ETIB SAS



Fuente. (Autores)

Aplicando la metodología de Pareto en donde se establece que el 80% por ciento de las fallas son provocadas por las causas principales de los vehículos se determinó que los modelos o líneas que presentan la mayor cantidad de fallas se observan en la siguiente gráfica.

Figura 6. Análisis de Pareto fallas de las líneas de buses



Fuente. (Autores)

- Agrale ma 8.7
- isuzu npr
- mercedes benz atego 1016
- thomas built ef1723
- volvo b7r

Como se observa estos son los modelos que presentan la mayor cantidad de fallas en la compañía, serán usados como base de estudio y muestra para mitigar la cantidad de fallas en ruta, se espera que mitigando sus principales fallas se obtenga una disminución de las varadas en vía.

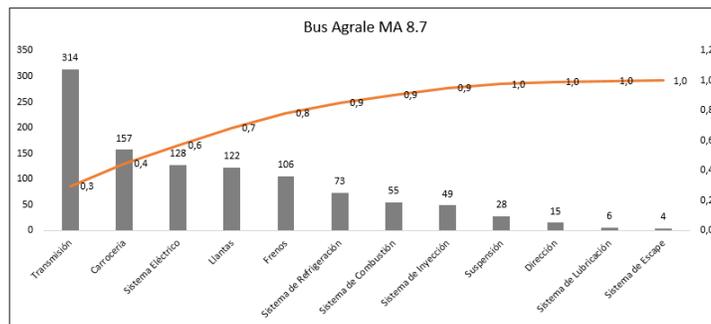
### 6.2.2 Principales fallas por línea de flota

Según la información obtenida y basándose en los análisis de las gráficas de tendencias haciendo uso de la metodología de Pareto se procedió a encontrar las fallas recurrentes por sistemas de cada una de las líneas críticas de la compañía, se presenta por línea en las siguientes gráficas sus principales fallas en vía.

#### 6.2.2.1 Línea Agrale MA 8.7.

Se presenta el diagrama de las fallas en los sistemas de la línea Agrale MA 8.7.

Figura 7. Fallas de los sistema críticos de la línea Agrale 8.7



Fuente. (Autores)

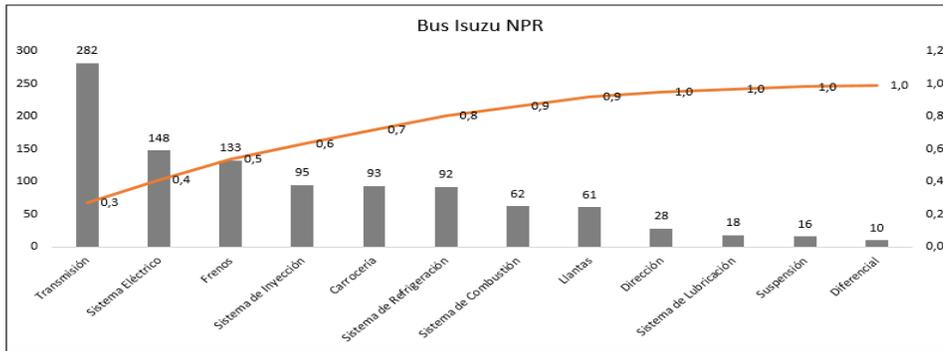
Se observa que las fallas principales de esta línea se presentan en los sistemas de:

- Transmisión
- Carrocería
- Eléctrico
- Llantas
- Frenos

**6.2.2.2 Línea Isuzu NPR.**

Se presenta el diagrama de las fallas en los sistemas de la línea Isuzu NPR.

Figura 8. Fallas de los sistemas críticos de la línea Isuzu NPR



Fuente. (Autores)

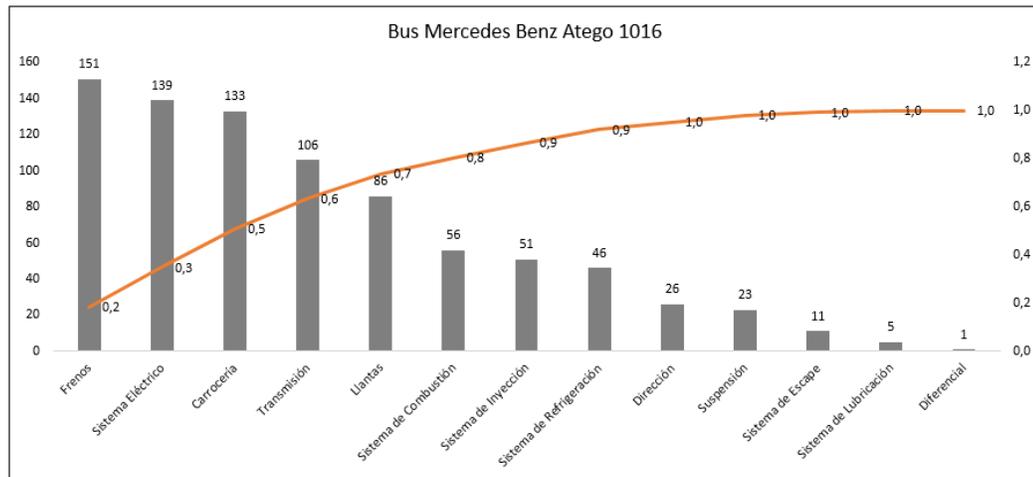
Se observa que las fallas principales de esta línea se presentan en los sistemas de:

- Transmisión
- Eléctrico
- Frenos
- Sistema de inyección
- Carrocería

**6.2.2.3 Línea Mercedes benz Atego 1019.**

Se observa el diagrama de las fallas en los sistemas de la línea Mercedes benz Atego 1019.

Figura 9. Fallas de los sistemas críticos de la línea Mercedes benz Atego 1019



Fuente. (Autores)

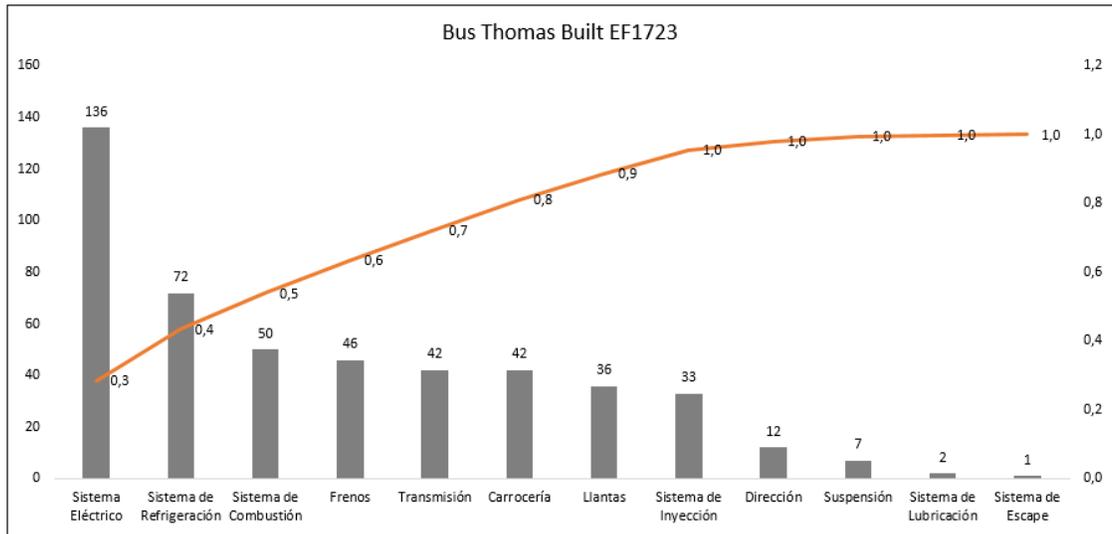
Se observa que las fallas principales de esta línea se presentan en los sistemas de:

- Frenos
- Eléctrico
- Carrocería
- Transmisión
- Llantas
- Sistema combustión

**6.2.2.4 Línea Thomas Built EF 1723.**

Se presenta el diagrama de las fallas en los sistemas de la línea Thomas built EF 1723.

Figura 10. Fallas de los sistemas críticos de la línea Thomas Built EF 1723



Fuente. (Autores)

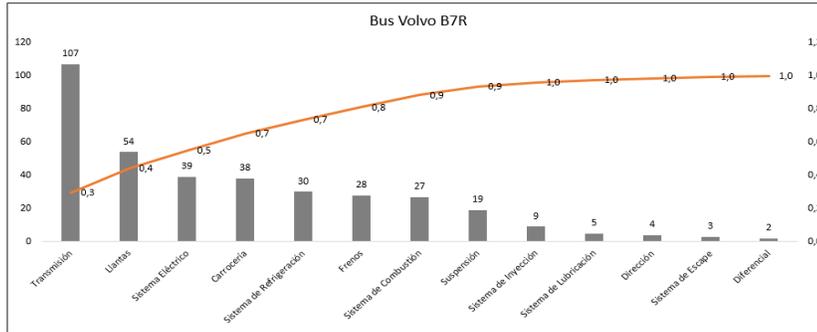
Se observa que las fallas principales de esta línea se presentan en los sistemas de:

- Eléctrico
- Refrigeración
- Combustión
- Frenos
- Transmisión
- Carrocería

### 6.2.2.5 Línea Volvo B7R.

Se presenta el diagrama de las fallas en los sistemas de la línea Volvo B7R.

Figura 11. Fallas de los sistemas críticos de la línea Volvo B7R



Fuente. (Autores)

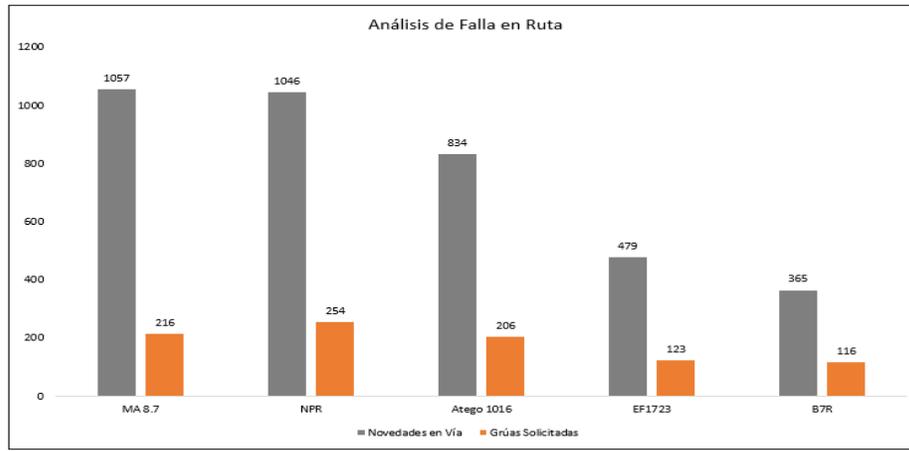
Se observa que las fallas principales de esta línea se presentan en los sistemas de:

- Transmisión
- Llantas
- Eléctrico
- Carrocería
- Refrigeración
- Frenos

### 6.2.3 Análisis de falla en ruta

Se observó en el análisis que las fallas anteriormente descritas corresponden a un 70% de las fallas totales de la empresa lo cual representa unos costos asociados a rutinas extra de mantenimiento y movilizaciones en grúa, basados en las 5 líneas críticas analizadas se realizó un diagrama de frecuencia de uso de grúa en ruta y fallos en vía que permiten dirigir el vehículo al taller por medios propios luego de realizar la cancelación de la ruta y afectando los clientes.

Figura 12. Análisis de fallas en ruta



Fuente. (Autores)

Se observa en la gráfica que en promedio el 20% de las novedades en ruta de la flota de los 5 vehículos críticos han sido situaciones en las que los vehículos han tenido que hacer uso de servicios de grúas lo cual genera sobrecostos de operación elevados lo cual será analizado en el análisis financiero.

### 6.3 Propuestas de solución

Como propuesta de solución a la problemática presentada actualmente en la empresa ETIB SAS se presenta un plan de mantenimiento para los sistemas con mayor frecuencia de fallas de las líneas críticas, para esto se hizo uso del análisis de causa y efecto presentado en el numeral 6.1.5.3 Análisis modo y efectos de falla buses, el plan de mantenimiento usado actualmente en la empresa y la información obtenida en el análisis de resultados.

### ***6.3.1 Plan de mantenimiento***

Observando la información encontrada en las líneas críticas de buses se pretende realizar una propuesta de mantenimiento para los sistemas con mayor frecuencia de aparición en ruta, este plan tendrá en cuenta el análisis de modo y efecto realizado para tener en cuenta cada una de las posibles falencias que se pueden presentar y basado en eso presentar una intervención que proporcione solución.

Esta propuesta de mantenimiento propone soluciones para los sistemas críticos de mantenimiento con nuevas inspecciones cada 5000, 10000, 15000 y 25000 km que complementen los planes actualmente establecidos, los sistemas críticos con mayor frecuencia de aparición en vía son:

- Sistema de inyección
- Eléctrico
- Refrigeración
- Combustión
- Frenos
- Transmisión
- Carrocería
- Llantas

Figura 13. Propuesta plan de mantenimiento ETIB SAS

<b>Propuesta plan mantenimiento preventivo ETIB SAS</b>			
<b>Frecuencia Km</b>	<b>Item</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tarea</b>
5000	1	Caja de velocidades	revisar y completar nivel de aceite transmision
5000	2	Caja de velocidades	revisar fugas de aceite de transmision
5000	3	Caja de velocidades	limpieza conectores de power pack
5000	4	Cardan	engrasar puntos de lubricacion
5000	5	Combustion	revisar fugas de aceite de motor
5000	6	Combustion	revisión soporte tanque de adblue
5000	7	Diferencial	revisar y completar nivel de aceite diferencial
5000	8	Diferencial	revisar fugas aceite diferencial
5000	9	Direccion	revisar guaya del volante
5000	10	Direccion	inspeccionar componentes de libre movimiento de sistema de dirección
5000	11	Direccion	revisión de terminales de barra transversal de dirección
5000	12	Direccion	revisar y completar nivel de aceite hidraulico
5000	13	Direccion	revisar fugas de aceite hidraulico
5000	14	Direccion	engrasar los puntos de lubricacion del sistema de direccion
5000	15	Electrico	revisar ruteo de arnés
5000	16	Frenos	inspeccionar y ajustar componentes de libre movimiento
5000	17	Frenos	revisar pedal de freno y válvula de pedal de freno
5000	18	Inyeccion	revisar funcionamiento del sistema de aceleración
5000	19	Refrigeracion	revisar y completar nivel de liquido refrigerante
5000	20	Refrigeracion	Evaluacion termografica funcionamiento ralenti motor
5000	21	Suspension	engrasar puntos de lubricacion de suspension
10000	22	Carroceria	revisar y ajustar pasamanos silletería, cinturones de seguridad y habitáculo operador
10000	23	Carroceria	revisar accesorios (extintores)
10000	24	Carroceria	revisar y ajustar retrovisores y vidrios
10000	25	Carroceria	revisar ventanas y claraboyas
10000	26	Carroceria	verificar señalética interna y externa
10000	27	Combustion	cambiar aceite de motor
10000	28	Combustion	cambiar filtro de aceite
10000	29	Combustion	cambiar filtro (s) de combustible
10000	30	Combustion	cambio de filtro de aire interno
10000	31	Combustion	Análisis de aceite de motor, verificar presencia de alimallas, estado aceite, agua y contaminantes

10000	32	Electrico	revisión soporte de baterías
10000	33	Electrico	hacer mantenimiento y rotación de las baterías
10000	34	Electrico	revisar funcionamiento de motor de arranque y alternador
10000	35	Electrico	revisar sistema de encendido del motor
10000	36	Electrico	revisar y ajustar fusileras
10000	37	Electrico	revisar y ajustar funcionamiento tablero de instrumentos y testigos
10000	38	Electrico	limpieza de potenciómetro acelerador
10000	39	Electrico	limpieza central eléctrica - control cambios.
10000	40	Electrico	Escaneo computador principal y sensores vehiculo
10000	41	Inyeccion	Realizar Escaner funcionamiento inyectores y bomba combustible
10000	42	Plataforma discapacitados	limpieza y ajuste general mangueras y valvulas plataforma discapacitados o rampa
10000	43	Plataforma discapacitados	revisar funcionamiento de plataforma elevadora, bloqueo de paso
10000	44	Plataforma discapacitados	lubricar graseras y piezas plataforma
10000	45	Plataforma discapacitados	limpieza con desengrasante y agua a presión
10000	46	Plataforma discapacitados	revisar y ajustar funcionamiento de luces internas y externas
10000	47	Plataforma discapacitados	mantenimiento limpia brisas
10000	48	Plataforma discapacitados	revisar y ajustar timbres y alarmas
10000	49	Plataforma discapacitados	revisar sistema eléctrico de carrocería
15000	50	Llantas	Alineacion vehiculos, inspeccion estado y profundidad llantas
15000	51	Transmision	Analisis de vibraciones eje de transmision, evaluacion juntas
15000	52	Transmision	Cambio de aceite caja de velocidades
15000	53	Transmision	Analisis de aceite, verificar presencia de alimallas, estado aceite y contaminantes
25000	54	Transmision	Prueba de cambios en ruta con pendiente para evaluar efectividad kit de embrague

Fuente. (Autores)

### **6.3.1 Implementación pilar TPM para operadores y mecánicos**

Durante el desarrollo del análisis de causa y efecto para las líneas de buses se observó que muchas de las causas pueden ser propiciadas por fallas en la operación de los vehículos de la flota por lo cual se propone implementar dos de los pilares del TPM para concientizar y capacitar al personal, el pilar número 2 de mantenimiento autónomo y el pilar 7 de capacitación y aprendizaje.

Se espera obtener un grupo de operadores que logre realizar inspecciones completas de sus vehículos una vez reciben los turnos y se proponen a iniciar una ruta, estas inspecciones deben ser técnicas por lo cual se espera que estos conductores sean capaces de identificar los problemas comunes y reportarlos antes de presentar una avería en vía.

La implementación de este plan deberá seguir la siguiente cronología:

- Se presentará la situación inicial con el gerente de la compañía y las estrategias a implementar, es allí en donde se enseñarán las proyecciones del presupuesto y los beneficios del nuevo programa con argumentos y el análisis financiero para motivarlos a invertir. No olvidar presentar como justificación el cálculo de pérdidas de la empresa por paradas de vehículos en ruta y compararlo con la poca inversión que debe realizar en capacitaciones.

- Se iniciará con un proceso de inclusión y sensibilización de los conductores y los líderes de área acerca del conocimiento de los vehículos que operan y las inspecciones que se pueden realizar para lograr mejorar el servicio que están prestando, hay que garantizar que se genere la conciencia que las varadas en vía son dañinas para la compañía, demostrar que aumentando la confiabilidad su entorno laboral mejorará.

- Se propondrá un sistema de bonificación para los conductores con menores novedades en vía e implementación de inspecciones en los vehículos, la mejora de las remuneraciones puede ser un motivante crucial para el personal.

- Proponer el cronograma de capacitaciones trimestral para los operadores en donde se incluyan los siguientes temas: Conocimientos básicos de mecánica diesel, motores de combustión, suspensiones, inspecciones mecánicas, operación de vehículos pesados, estado de llantas y sensores y testigos de vehículos.

- Presentar un programa de capacitaciones para los mecánicos y jefes de área en las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo a implementar en la propuesta de mantenimiento presentada.

- Establecer pruebas técnicas y exámenes para cada uno de los conductores mínimo semestral de los conocimientos adquiridos en las capacitaciones y pruebas de ruta en cada uno de los vehículos, estas pruebas de ruta deben ser con personal de incógnito en las rutas para evaluar realmente su operación en el diario vivir.

## **7 Impactos esperados**

De acuerdo a las propuestas de planes de mantenimiento generadas en el desarrollo de esta investigación se espera obtener una disminución de buses varados en vía que permitan aumentar la disponibilidad y mejorar el servicio a los usuarios.

Se espera que los indicadores de disponibilidad de flota mejoren al menos en un 10% lo cual repercute directamente en los ingresos de la compañía, al tener mayor flota

disponible permite tener disponibilidad para aumentar los buses que se encuentran prestando el servicio a la ciudadanía y así mejorar los ingresos para la empresa.

El ahorro en gastos operativos para una empresa es un factor importante a tener en cuenta para la gerencia por lo cual esta investigación procura lograr una disminución en los varados en vía que causas mayores gastos debido a uso de grúas e inspecciones de mecánicos en ruta reduciendo los costos de mantenimiento correctivo y lograr una reinversión en nuevas propuestas de mantenimiento preventivo.

Uno de los objetivos es lograr un ahorro en los tiempos de mantenimientos de la flota evitando reproceso por un mal procedimiento de los que intervienen en la ejecución de las actividades del mantenimiento, que pueden aumentar los mantenimientos correctivos en ruta de los buses, mejorando esto, se aumentará la confiabilidad de los buses que se encuentran operando y los usuarios utilizarán mayormente el servicio que se les presta, mejorando la imagen de la compañía.

Se propone obtener un grupo de mantenimiento mejor capacitado y más eficiente, con la implementación de capacitaciones en los sistemas y líneas de buses más profundas y constantes, se espera que el personal obtenga habilidades en la utilización de herramientas especializadas que mejoren la eficiencia en los procesos y la calidad de las reparaciones.

Obtener un grupo de operadores integrales para la flota de buses que sean capaces de identificar fallas en los vehículos y posibles tendencias, personal con criterios técnicos y habilidades de conducción que garanticen una correcta operatividad.

## **8 Análisis financiero**

De acuerdo a las posibles soluciones planteadas para el problema encontrado en la compañía ETIB SAS se presenta un análisis financiero de las inversiones que se van a realizar con relación a las posibles disminuciones de los sobre costos de mantenimiento.

Dentro de los problemas de sobrecostos de la empresa ETIB SAS se encuentran los gastos extra por uso de grúas para la movilización a taller de los vehículos con novedades, desplazamiento de técnicos para hacer la inspección de los vehículos y los costos asociados por pérdida de facturación debido a la pérdida de la ruta y el servicio que se encontraban haciendo.

Las inversiones a realizar se constituyen de las capacitaciones al personal, implementación de las nuevas rutinas de mantenimiento, las técnicas de mantenimiento a implementar y los equipos por adquirir. El costo de técnicos y servicios de las implementaciones de nuevas rutinas será despreciado debido a que las nuevas propuestas serán realizadas durante las ya habituales revisiones de cambio de aceite y no implican una mayor duración significativa.

En las siguientes figuras se encuentran los gastos asociados a las implementaciones y los gastos asociados a varadas en ruta.

Figura 14. Propuesta inversión plan de mantenimiento propuesto

COSTO DE INVERSION	
Costo inversion Equipo termografia	\$ 10,000,000
Costo inversion escaner motor e inyeccion motores Diesel	\$ 32,000,000
Costo inversion analizador de vibraciones ejes	\$ 40,000,000
Equipo de alineacion	\$ 100,000,000
Inversion papeleria	\$ 1,800,000
Inversion en capacitacion	\$ 25,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 208,800,000</b>

Fuente. (Autores)

En la siguiente se evidencian los gastos adicionales anuales que asumirá la compañía con la implementación del nuevo plan de inspección de mantenimiento

Figura 15. Propuesta costos anuales adicionales plan de mantenimiento propuesto

CO= COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN	
Mecanicos alineadores	\$ 100,800,000
Actualizacion equipos	\$ 12,000,000
Capacitaciones actualizacion de equipos	\$ 9,000,000
Analisis muestras de aceite-Proporciones proveedor	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 121,800,000</b>

Fuente. (Autores)

Para realizar el análisis de los posibles ahorros en mantenimiento correctivo que la empresa lograría obtener con la implementación del plan se tuvieron en cuenta los siguientes supuestos:

- Se espera aumentar la disponibilidad de buses críticos en 10%
- Basados en la información entregada por la compañía un servicio de grúa tiene un promedio de costo de \$200.000, estos servicios varían según el tamaño del bus y según base de datos se presentan 152 servicios en promedio de los buses críticos al mes.
- Según la información de la empresa una inspección vial cuesta \$50.000.
- Según el análisis de la base de datos entregada por Etib SAS se tiene un promedio de 631 buses de los modelos críticos varados en vía al mes que incurren en gastos de pérdida de ejecución de servicios equivalentes a \$180.000.

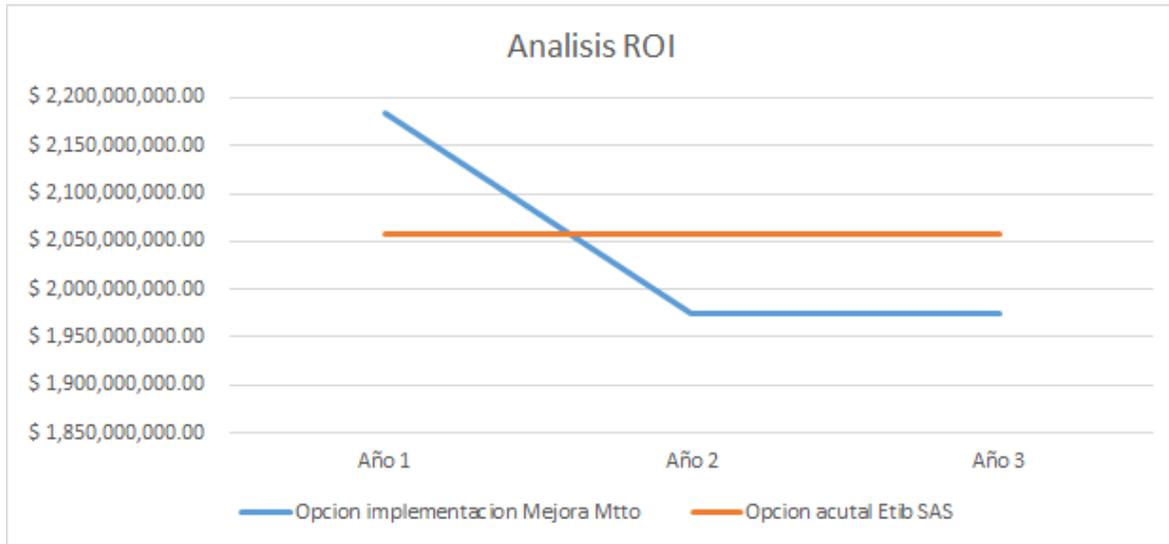
Figura 16. Gastos asociados a mantenimiento correctivo ETIB SAS

<b>CM= PSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	
Costo anual servicios de grua	\$ 316,800,000
Costo tecnico de ruta	\$ 378,600,000
Costo debido perdida de servicio	\$ 1,362,960,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,058,360,000</b>

Fuente. (Autores)

Para realizar la evaluación de la inversión se tuvieron en cuenta los valores obtenidos de gastos por años y se llevó a cabo una evaluación en el tiempo para verificar si era posible obtener utilidades de la inversión a realizar que fuera atractiva para la compañía.

Figura 17. Análisis ROI implementación plan de mantenimiento ETIB SAS



Fuente. (Autores)

Luego de realizar un análisis ROI en el tiempo se observa que disminuyendo la cantidad de varados anuales de los equipos críticos al menos en un 10 % se obtendría un retorno de inversión e inicio de mayores ganancias en el transcurso del segundo año luego de su implementación.

## 9 Conclusiones y recomendaciones

### 9.1 Conclusiones

El cambio de la cultura empresarial es un gran reto, modificar la forma de pensar de las personas cuando consideran que como están realizando las actividades está bien o que los cambios generan más trabajo, es complicado, es por lo que se deben argumentar muy bien los nuevos programas y hacerles ver las ventajas para observar un cambio.

La adquisición de nuevos conocimientos es uno de los factores claves para lograr mejores resultados, cuando el director en cabeza adquiere nuevos conocimientos para desarrollar mejores estrategias se avanza más rápido y si él logra que todo su personal se capacite de manera proactiva se empiezan a generar mejores opciones.

Los recursos humanos son la base para realizar cualquier operación o cambio en una empresa, se presentan herramientas como los software y nuevas técnicas para mantenimiento como mejoramiento de la operación pero es el recurso humano el que se encarga de programar y ejecutar las acciones de corrección de fallas, son ellos principalmente los encargados de percibir el estado de los equipos y detectar otras posibles fallas que quizá con la ayuda de las herramientas avanzadas van a ser más sencillas de percibir y solucionar.

Uno de los retos más grandes en la planeación de mantenimientos es lograr implementar rutinas que coordinen con los tiempos de operación de los equipos, el caso de ETIB SAS tiene una amplia restricción porque se debe cumplir con la disponibilidad y evitar afectaciones de los servicios que trabajan alrededor de las 18 horas día, se programó para aprovechar los tiempos muertos de los vehículos y aumentar la productividad y eficiencia.

## **9.2 Recomendaciones**

El plan de mantenimiento preventivo a implementar hace necesario inversiones grandes de dinero para su operación, pero es importante informarle a la gerencia que se obtienen ventajas a corto plazo en la operación de los equipos,

lograra retribuir este dinero aumentando la confiabilidad y productividad de los equipos de la empresa, generando mejoras en los procesos y programas de calidad.

Se recomienda realizar la implementación de este plan presentado debido a que como se observa se obtendrán mayores beneficios anuales a la compañía y una disminución en su cantidad de varados en vía, de igual forma se espera que luego de implementarlo se invierta en la mejora del plan para obtener cada vez mejores resultados que aumenten en más del 10% la disponibilidad de los vehículos.

## 10 Bibliografía

Castillo, R. A. P., & Zapata, A. F. A. (n.d.). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO DE BOGOTÁ. 16.

Hidalgo, W. S. E., & García, H. G. T. (n.d.). PROPUESTA PARA LA CREACIÓN DE UN ÁRBOL DE EQUIPOS DE LA FLOTA VEHICULAR DE UN CONCESIONARIO PERTENECIENTE AL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE BOGOTÁ. 85.

Camargo, J. S. D., & López, E. A. L. (2015). ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL PLAN DE CAPACITACIÓN EN LAS FALLAS DE LA FLOTA DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS VOLVO B215-RH. 101.

Gaitán, A. O. C., & Rubio, E. L. L. (2015). DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE LAS 5 M PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS. 141.

Noguera, C. A. S., & Duarte, K. F. M. (2016). Gestión de activos para determinar el tpef (tiempo promedio entre fallas) de una flota de buses. Caso: empresa masivo capital, s.a.s. 58.

Jiménez, I. A. S. (2014). Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales. 116.

Martins, R. A. (n.d.). Planning maintenance in bus operating companies. 83.

Elhuseyni, M. (n.d.). Preventive and corrective maintenance scheduling for vehicles at a single dead-end track under service level agreement. 136.

Shakti, sustainable energy foundation. Improving bus Fuel Efficiency through fleet inspection and maintenance practices. 42.

Alsobhi, M. (n.d.). Fleet Performance Monitoring System Using The Internet of Things (Business Model). 99.

Vera, B. R., Gisella, C., Cárdenas, B. Z., López, M. M., & Julio, H. (n.d.). INGENIERO INDUSTRIAL. 167.

García Garrido, S. (s. F.). Organización y gestión integral de mantenimiento (1.<sup>a</sup>ed.). <https://www.editdiazdesantos.com/libros/garcia-garrido-santiago-organizacion-y-gestion-integral-de-mantenimiento-L03005481601.html>

María de Bena, J. (1999). Gastos de mantenimiento. Guía para el responsable de la conservación de locales e instalaciones. Criterios para la subcontratación. Madrid : Fundación Confemetal.

Muñoz Campos, V. (2015). Gestión, control y calidad en el servicio de transporte de viajeros por carretera. Editorial Elearning, S.L.

Fernández Gómez. (2016). Introducción a la gestión de flotas de vehículos. Advanced fleet management consulting.

Bauset, S. B., González, P. C. O., Martínez, V. M., & Martínez, B. T. (2002). *El mantenimiento de las flotas de transporte*. 6.

Shiway, A. (7 de septiembre de 2020). Diagrama de pareto. Mantenimiento IV. Recuperado de <http://mtto4.blogspot.com/2011/10/diagrama-de-pareto.html>.

Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento (1.aed.)*. Madrid.

Santos, C. G. (2011). *Mantenimiento Productivo Total. Una Visión Global*. Canarias-España.

[www.etib.com.co](http://www.etib.com.co). (Noviembre de 2020).

MASSO, J. S. (2006). IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA LINEA DE BOLSAS Y ROLLOS IMPRESOS SEALED AIR CALI. Santiago de Cali, Colombia.