

Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público

Caso de estudio “Autobús Zonal Clase I”

Rafael Antonio Cárdenas Malagón

Andrés Leonardo Bocanegra Ramírez

Sergio Eduardo Moreno Ramírez

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI Bogotá D.C.

Marzo 2019

Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público

Caso de estudio “Autobús Zonal Clase I”

Trabajo de grado para aspirar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Rafael Antonio Cárdenas Malagón

Andrés Leonardo Bocanegra Ramírez

Sergio Eduardo Moreno Ramírez

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Urián

Esp. en Gerencia de Mantenimiento

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Dirección de Posgrados

Universidad ECCI Bogotá D.C.

Marzo 2019

Contenido

Palabras claves:.....	9
1 Título de la investigación	11
2 Problema de investigación	12
2.1 Descripción del problema	12
2.2 Planteamiento del problema.....	13
2.3 Sistematización del problema	13
3 Objetivos de la Investigación	13
3.1 Objetivo general.....	13
3.2 Objetivos específicos	14
4 Justificación y delimitación.....	14
4.1 Justificación	14
4.2 Delimitación.....	16
4.3 Limitaciones.....	16

5	Marco conceptual	17
5.1	Estado del arte.....	17
5.1.1	Estado del arte Nacional	17
5.1.2	Estado del Arte Internacional	22
5.2	Marco Teórico.....	27
5.2.1	Mantenimiento.....	29
5.2.2	Mantenimiento preventivo.....	29
5.2.3	Mantenimiento correctivo.....	31
5.2.4	Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM	32
5.2.5	Análisis modo de efecto de falla AMEF	32
5.2.6	Mantenimiento de flotas de transporte	34
5.3	Marco normativo/legal.....	38
6	Marco metodológico	39
6.1	Recolección de la información	39

6.1.1	Tipo de investigación	39
6.1.2	Fuentes de obtención de la información	40
6.1.3	Herramientas.....	40
6.1.4	Metodología.....	41
6.1.5	Información recopilada.....	42
6.2	Análisis de la información	46
6.3	Propuesta de solución	48
7	Impactos esperados/generados	52
8	Análisis financiero.....	53
9	Conclusiones y recomendaciones.....	55
9.1	Conclusiones	55
9.2	Recomendaciones	56
10	Bibliografía.....	56

Lista de tablas

Tabla 1 Regulaciones relacionadas con medio ambiente y partes de posconsumo del sector automotriz.....	39
Tabla 2 Rutinas de mantenimiento por kilometraje (Este es mi Bus, 2017)	43
Tabla 3 Estadísticas buses varados de una empresa del SITP (Este es mi Bus, 2018).....	45
Tabla 4 Criticidad de fallas año 2018 (Este es mi Bus, 2018).....	45
Tabla 5 AMEF, Basado en las fallas Críticas del año 2018	47
Tabla 6 Formato de control de mantenimiento diario (Este es mi Bus, 2019).....	49
Tabla 7 Formato de control diario electricidad (Este es mi Bus, 2019)	50
Tabla 8 Formato de inspección diaria de carrocería (Este es mi Bus 2019)	51
Tabla 9 Formato de control mensual RTM y MANTENIMIENTO PREVENTIVO (Este es mi Bus, 2019)	52
Tabla 10 Análisis de resultados y tendencia, plan de mejoramiento. (Este es mi Bus, 2019)	53
Tabla 11 Formato de control de CPK (Este es mi Bus, 2019).....	53
Tabla 12 Cálculos ROI a 2018	54

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Minibusea NPR Reward EV (CHEVROLET, 2019) 11

Ilustración 2 Vehículo del SITP accidentado. (El espectador, 2016)..... 12

Lista de Gráficas

Gráfica 1 Costo total servicio (Este es mi Bus, 2018)..... 44

Gráfica 2 Costo total movimientos (Este es mi Bus, 2018) 44

Gráfica 3 Productividad 10 primeros meses año 2018 (Este es mi Bus, 2018)..... 46

Resumen

En este trabajo de investigación se propone una mejora al plan de mantenimiento de una flota de buses del Servicio Integrado de Transporte Masivo, basados en un procedimiento de RCM, donde a través de un AMEF se evidenciaron las fallas más críticas de los elementos y sistemas de los buses del segmento Clase I en la ciudad de Bogotá, específicamente los buses Clase I con capacidad de 20 a 30 pasajeros con radio de acción urbano, que actualmente presentan fallas funcionales que generan retornos a los talleres por varadas y mantenimientos correctivos que generan incremento en los costos de mantenimiento y a los índices de insatisfacción en los clientes.

Abstract

The present research work it's propose a better an improvement maintenance plan for the bus fleet of the integrated public transport system, based in a RCM process, where through of an AMEF system it's evidence more critical failures in the systems elements of Class I buses segment in Bogotá's City, specifically Class I Buses with 20 -30 passengers capacity with Urban Action ratio, these buses currently present functional failures generating returns to the dealer for corrective maintenance and frequently breakdown, increasing maintenance costs and dissatisfaction customers indicators.

Palabras claves:

TM: Transporte Masivo

SITP: Servicio Integrado de Transporte Publico

Mantenimiento: Cualquier actividad destinada a tener una unidad funcional activa, o para restaurar está a un estado en el cual puede desarrollar su función requerida. (ICONTEC, 1997)

RCM: Mantenimiento centrado en confiabilidad, procedimiento de mejora en mantenimiento de máquinas, equipos o procesos sistemáticos.

AMEF: Análisis de Modo Efecto de Falla, proceso de análisis que busca encontrar la causa raíz de uno o varios problemas o fallas en el funcionamiento de un equipo, proceso o sistema.

Emisiones Evaporativas: Emisiones generadas por un motor de combustión interna bien sea por combustible Gasóleo o Diesel.

DPV: Distancia Promedio de varadas

Introducción

EL transporte público de pasajeros en Colombia y especialmente en la ciudad de Bogotá, ha pasado por varias etapas o eras si así lo que queremos ver, desde su creación a finales del siglo XIX hasta la fecha. Este servicio en sus inicios fue administrado por la alcaldía de Bogotá y hacia 1950 después del Bogotazo paso a ser administrado por particulares quienes no pudieron soportar la demanda del servicio, lo que obligó al Distrito a tomar la prestación del servicio con los ya conocidos TROLYBUSES que operaban eléctricamente.

Pero debido a las malas administraciones, falta de repuestos, mantenimiento y desconocimiento de la tecnología se fueron volviendo obsoletos y una gran carga para la administración local que volvió nuevamente a ceder la prestación del servicio público a grupos particulares hacia los años 80 a empresas privadas que se encargaron de suministrar buses y administración general incluyendo nómina y mantenimiento de cada uno de los buses.

Debido al crecimiento poblacional el Fondo Monetario Internacional en un informe del año 1984, sugirió que debido a la importancia e impacto que generaba el transporte público de pasajeros en la sociedad y en especial en aquellas urbes que superaban en millón de personas, debido al tiempo que generaban los desplazamientos entre ciudad a causa de la falta de vehículos de transporte y vías, se debían implementar Sistemas de Transporte Masivos que aliviaran estas condiciones. Allí el Gobierno nacional adopta las recomendaciones y comienza con la implementación inicialmente en la ciudad de Bogotá y posteriormente en otras ciudades del País.

No obstante, el Transporte masivo público de pasajeros en la ciudad de Bogotá, ha estado en continuas crisis generadas por la falta de mantenimiento que generan varadas frecuentes de los buses, buses obsoletos e incumplimiento en la renovación de las flotas de buses que hace que la confiabilidad del sistema sea totalmente negativa y costosa por los sobrecostos que se generan por las razones anteriores además por la no construcción de nuevas vías para el sistema de TM.

1 Título de la investigación

Propuesta de mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público del SITP, Caso de estudio "Autobús Clase I"



Ilustración 1 Minibusea NPR Reward EV (CHEVROLET, 2019)

2 Problema de investigación

2.1 Descripción del problema

Las diferentes empresas del servicio público de la ciudad de Bogotá D.C., presentan fallas en la prestación del servicio donde se atribuye una de las principales causas al mal estado de los Autobuses, objeto de este trabajo de investigación que se aducen a la no realización de un plan de mantenimientos adecuado, acorde a las especificaciones técnicas de cada marca, línea e incluso al tipo de servicio que se puede considerar “severo”, y a los elevados costos por las operaciones correctivas; pero lo que es más preocupante la falta de mantenimiento y obsolescencia de muchas de las flotas (Autobús con más de 12 años de servicio).



Ilustración 2 Vehículo del SÍTP accidentado. (El espectador, 2016)

En el caso de uno de los patios del sistema ubicado en calle 80, la Distancia Promedio entre Varados (en adelante DPV) de los autobuses, es menor a la meta planteada en los indicadores de gestión que está estipulada en 4.500 Km.

2.2 Planteamiento del problema

¿Cuáles son las causales del no cumplimiento del indicador DPV para los autobuses de servicio público Clase I, Objeto de esta investigación?

2.3 Sistematización del problema

¿Cuáles son los planes de mantenimiento vigentes para la flota de Autobuses de servicio público Clase Tipo I?

¿Son los planes de mantenimiento acordes con lo estipulado por el fabricante de los diferentes sistemas mecánicos de vehículo y prestación del servicio?

¿Qué posibles cambios o modificaciones se puede implementar en un plan de mantenimiento acorde con el tipo de vehículo, que permitan aumentar la confiabilidad?

3 Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo general

Proponer una mejora al plan de mantenimiento de una flota de autobuses de servicio público, segmentado en la Clase I.

3.2 Objetivos específicos[E1]

- Identificar y analizar el plan de mantenimiento vigente para una flota de autobuses para el segmento Clase I.
- Proponer un plan modelo de mantenimiento para los autobuses de servicio público objeto de este trabajo, que permita mejor desempeño, confiabilidad y disponibilidad de los autobuses durante su ciclo de vida útil.
- Proponer las metodologías y rutinas de mantenimiento preventivo que garanticen mejorar la confiabilidad de los buses vinculados a una flota de servicio público durante la vida útil de los mismos.

4 Justificación y delimitación

4.1 Justificación

Para ciudades con más de un millón de habitantes, el transporte público de pasajeros es muy importante para las entidades que regulan en esta materia en cada país, ya que la no prestación de servicio conlleva a pérdidas de tiempo durante los largos desplazamientos, sobrecostos en transporte para los usuarios y para los operadores de los autobuses por mantenimientos correctivos.

Los autobuses de Transporte Masivo (en adelante TM) y Servicio Integrado de Transporte Público para algunos países, no es medio principal de transporte ya que cuentan con otros

servicios como el metro o el tren de cercanías, caso España, Francia y a nivel de Colombia en ciudades como Medellín que cuenta con metro, cablemetro y tranvía que utilizan los autobuses de este segmento Clase I como sistema de interconexión.

En Bogotá el impacto del mal servicio de TM por fallas mecánicas, disponibilidad y cultura es fuerte ya que es el medio principal de movilización entre los habitantes de Bogotá, quienes tienen que perder mucho tiempo en recorridos largos por la falta de continuidad en la creación de nuevas vías, renovación e ingreso de autobuses nuevos al sistema de Transporte Público.

De acuerdo a lo anterior^[P2], este trabajo se centrará principalmente en el DPV ya que es uno de los factores que más afecta el servicio por la falta de disponibilidad de los autobuses, el número de accidentes y el incremento de costos por concepto de mantenimientos correctivos a cargo de los operadores y de los usuarios^[P3], a quienes^[P4] de alguna manera^[P5], se les^[P6] transmiten estos costos y quienes además se ven afectados al tener que tomar otro transporte cuando se vara un vehículo de este sistema de transporte, todo esto sumado a la pérdida de tiempo durante esas inmovilizaciones.

Como parte importante de este trabajo se analizará el plan de mantenimiento actual de la flota de autobuses Clase I, y se hará la oferta de un plan de Mantenimientos Centrado en Confiabilidad (en adelante RCM).

En^[P7] relación con el medio ambiente, el cumplimiento de las normas y las buenas prácticas para la disminución de los índices de contaminación al medio ambiente generados por el elevado nivel de emisiones de gases de la combustión del motor (Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial, 2013).

4.2 Delimitación[E8]

Se realiza el estudio a una flota de autobuses de una de las empresas prestadoras del servicio de transporte público de pasajeros ubicada en la calle 80.

4.3 Limitaciones[E9]

Se evidenciarán y relacionarán el cumplimiento de las normas vigentes medioambientales durante el proceso de mantenimiento sin entrar en el detalle de la aplicación y cumplimiento de las normas por no ser el objeto de estudio de este trabajo.

En cuanto al tema jurídico, el uso del nombre de la empresa, solo se ha mencionado que es una empresa de transporte público de la calle 80.

Aunque los integrantes laboran en empresas diferentes y en horarios diferentes, las tareas de investigación se realizarán en grupo o individualmente, donde cada uno aportará la información necesaria durante el desarrollo del trabajo en los tiempos pertinentes y suficientes para la evolución y cumplimiento de las metas establecidas hasta la culminación del trabajo.

Los costos que se generen durante este proyecto tales como: transporte, fotocopias, servicio de Internet, entrevistas y demás serán asumidos por el grupo.

5 Marco conceptual

5.1 Estado del arte

Los continuos reportes de los diferentes medios de comunicación relacionados con la mala prestación de servicio, las frecuentes varadas que se presentan en los autobuses del Sistema de Transporte Masivo y del Sistema Integrado de Transporte Público objeto del estudio de este trabajo, nos llevan a mirar los antecedentes a nivel nacional e internacional para poder conocer el tema en general y entender el porqué de las DPV tan altas en relación con el kilometraje promedio esperado antes de las DPV.

5.1.1 Estado del arte Nacional

En el año 2009 los estudiantes Bejarano García Manuela y Basabe Díaz Fabián de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá Colombia, en la tesis de grado titulado “*Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la cantera Salitre Blanco de Aguilar construcciones S.A.*”^[P10]. Se realiza un estudio de reducción de costos tanto de mantenimiento preventivo como correctivo^[P11], basándose en tiempos de cada proceso y volumen de producción, esto fue realizado para una empresa encargada de extraer material para construcción como grava y roca. Se evidencia en los resultados que las personas se oponen y rechazan el cambio, se observa que las soluciones se basan en incentivar al trabajador, valor, lealtad, transferencia de iniciativa y poder, flexibilidad, perspectiva global, entre otras. (Fabian, 2009). Como aporte a la investigación se puede decir que reducir costos no se basa solo en cambios del mantenimiento de forma física, sino que también se puede cambiar la forma de hacerlo, la

forma en que se está trabajando, tener una comunicación asertiva y motivar al personal no solo de forma financiera, sino que darle un valor agregado por cada empleado.

En el año 2009 los estudiantes Jorge Luis Valdés Atencio y Erick Armando San Martín Pacheco de la Universidad de Cartagena Colombia, en la tesis de grado “*Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*”^[P12]. Se realiza un estudio para la implementación de un plan de mantenimiento de una empresa encargada de la fabricación de tubería y accesorios en PVC, en esta empresa el sistema de mantenimiento se realiza solo al enfoque de mantenimiento correctivo, de esta manera en el momento de una falla, puede ocurrir una parada de equipo que afecta la producción y planificación. De acuerdo a un estudio sobre el plan de mantenimiento actual de la empresa^[P13], se establece un plan de mantenimiento basado en los manuales de los equipos y proveedores de repuestos, se realiza la implementación de un stock de repuestos, se elaboran documentos para realizar el seguimiento y diligenciamiento de las actividades realizadas por el área de mantenimiento, se determinaron las personas encargadas de estos procesos, disminuyendo drásticamente las paradas inminentes y aumentando la productividad. (Pacheco, 2009). Vemos que en esta investigación comenzaron de cero un mantenimiento preventivo a los activos de esta empresa, podemos ver que no importa el estado del mantenimiento actual de una empresa si se quiere tener mejores resultados, aumentar la disponibilidad y por ende aumentar la productividad del negocio.

En el año 2012 la estudiante Lizeth Nathaly Monroy Méndez de la Universidad Francisco José De Caldas Bogotá Colombia, en su tesis de grado titulada “*Diseño de un plan de mejora del mantenimiento correctivo y actualización del mantenimiento preventivo en*

Multidimensionales S.A.^[P14]". las frecuentes varadas de los equipos evidenciaron falencias en el área de mantenimiento, hace falta stock de repuestos necesarios para las intervenciones, además de unas falencias en comunicación interna en el momento de intervenir las maquinas. De acuerdo con la recopilación de información y las inspecciones realizadas, se definió las personas encargadas de los mantenimientos por actividades, se realizaron e implementaron formatos para inspecciones periódicas, todo esto para tener datos puntuales para tomar decisiones. (Mendez, 2012). El aporte que hace a esta investigación es que se puede empezar un estudio de una manera muy fácil, identificando las fallas, asignando tareas, implementado formatos de inspecciones periódicas. De esta manera se pueden ver cambios en cuanto a las varadas y al estado del equipo, ya que al identificar anomalías se pueden prevenir varadas y programar el debido mantenimiento.

En el año 2013 el estudiante Juan David Montes Villada de la Universidad Tecnológica de Pereira Colombia, en su tesis de grado titulado "*Diseño de un plan de mantenimiento para la flota articulada de Integra S.A. usando algunas herramientas del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM*^[P15])". De acuerdo a un análisis de modo y efecto de falla (AMEF), se realizó una lista de requerimientos en las actividades de mantenimiento, se identifica la criticidad de componentes y las posibles fallas identificadas de la flota, realizando un paso a paso de cada una de las actividades del mantenimiento y la herramienta requerida. Se realizó una reestructuración de cada una de las actividades del mantenimiento, siendo de esta forma más asertivos y aumentando la confiabilidad. (Villada, 2013). El aporte que genera a este trabajo de investigación es que podemos realizar el cambio de un mantenimiento existente pero poco eficaz a un mantenimiento más asertivo y que genere una confiabilidad mayor de los equipos.

En el año 2014 los estudiantes Ronald De Jesús Guevara Mendoza y Peter Alberto Osorio Izaquita de la Universidad Autónoma Del Caribe Barranquilla Colombia, en la tesis de grado titulada “*Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de servicio de transporte interdepartamentales*”^[P16]”. Encontraron debilidades en los planes de mantenimiento y baja fiabilidad de la flota de buses, lo que generaba inmovilización de los buses y sobrecostos por mantenimientos correctivos. Con lo anterior se busca elaborar un plan de mantenimiento preventivo en esta empresa transportadora aumentando la rentabilidad y ser más competitiva; mediante la realización de una encuesta se observas que tiene un 60% de eficiencia y rendimiento. Para la mejora de disponibilidad y confiabilidad de los equipos se realiza cronogramas de actividades de mantenimiento para las diferentes marcas de Autobús según lo requieran, siendo flexibles si el vehículo se encuentra en ruta y se cumple el kilometraje, sin descuidar la entrada a taller. En el año 2013 los costos de mantenimiento fueron de \$9.875.586.000, mientras que en el año 2014 donde fue implementado el plan de mantenimiento fue de \$7.202.586.00, y se espera que el año 2015 siga disminuyendo. (Izaquita, 2014). El aporte que realiza este trabajo a la investigación es que se trabaja las marcas de los Autobús de forma independiente, teniendo en cuenta la frecuencia de falla y el manual de los Autobús, realizando un cronograma de actividades sin que afecte la flexibilidad para entrada a taller si se encuentra en ruta.

En el año 2014 los estudiantes Leonardo Javier Alfredo Aguilar Guzmán y Hender Armando Rodríguez Borja de la Universidad Libre De Colombia Bogotá, en la tesis de grado titulada “*Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3*”^[P17]”. Se presentan fallas frecuentes en los equipos de producción que paran la producción, parte de estas fallas se debe por la falta de capacitación

para el manejo, cuidado y mantenimiento de los equipos. Se realiza un estudio en la empresa Gaseosas Colombianas Sur, ya se presenta problemas de producción en la línea no.3 de la empresa donde tiene de 60% al 70% de tiempo de parada de esta línea, [P18] mediante un diagrama de Pareto se identificó un 27.88% de las fallas ocurren en esta línea, debido a la edad de los equipos, un stock reducido y falencias en capacitación. En la implementación se asignó un mayor presupuesto, el uso de registro de actividades en programa SAP, se realizó cambios en el mantenimiento teniendo en cuenta equipos críticos mediante modos y efectos de falla, disminuyendo las paradas y aumentando la confiabilidad de los equipos. (Borja, 2014). Podemos observar que no solo se encarga el área de mantenimiento, debe tener apoyos internos como la parte financiera, ya que, si debemos hacer cambios drásticos en el mantenimiento, muy posiblemente necesitara buenos recursos, además si estamos hablando de equipos con cierta antigüedad.

En el año 2018 el estudiante Rodríguez Niño Jorge Luis de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá Colombia, en su tesis de grado “*Elaboración de una propuesta de plan de mantenimiento basado en confiabilidad para la flota de Autobús de la empresa Tranzit SAS perteneciente al SITP*”. Se estudia las fallas de los Autobús del patio Uval de la empresa de transporte Tranzit en el periodo de un año, para establecer tareas de mantenimiento con el fin de aumentar la calidad, disponibilidad, confiabilidad y la vida útil de los equipos. Con la elaboración de un AMEF se identificó la criticidad de fallas de los equipos y se consultaron los manuales de las marcas de los Autobuses, realizando así la propuesta de mantenimiento requerida para estos Autobús [P19]. Durante un año en la implementación de este plan de mantenimiento han tenido 73% de disponibilidad y 80% de confiabilidad. (Rodríguez, 2018). Es un aporte importante a este trabajo, ya que estamos

hablando sobre el sistema SITP de Bogotá, se observó que, al realizar una modificación al plan de mantenimiento para aumentar confiabilidad y disponibilidad de los equipos, se llegó al objetivo esperado aumentando estos indicadores, siendo más competitivos en el mercado.

5.1.2 Estado del Arte Internacional

Estado del arte internacional En el año 2010 el estudiante Juan Carlos Valdivieso Torres de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Ecuador en la tesis de grado “*Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas S.A.*”. La empresa no cuenta con un departamento mantenimiento ni personal asignado, el mantenimiento se realiza de manera correctiva en un 90%, lo que afecta la disponibilidad de los equipos por las frecuentes y varadas y largos periodos de inmovilización. Se estudia el mantenimiento existente en esta empresa que tiene maquinaria para la fabricación de plásticos en diversos procesos, trabajando los 365 días del año con doble turno al día. En el estudio se determinó que el stock para las maquinas no era costoso, se dictamina el mantenimiento mediante el ciclo de vida de componentes mecánicos y eléctricos, de esta forma se programan los mantenimientos sin afectar directamente la producción. (Torres, 2010). El aporte a esta investigación es que al realizar cambios correctos y dar a conocer el beneficio de estos, le sirve a la empresa para ser más competitivos y satisfacer el cliente.

En el año 2011 la estudiante Maricela de Lourdes Garcés Guerrero de la Escuela superior politécnica de Chimborazo Ecuador en su tesis de grado titulado “*Optimización del mantenimiento preventivo en función del costo en la empresa Bioalimentar CIA. LTDA*”. Se basa en la optimización del mantenimiento disminuyendo los costos totales de mantenimiento en una empresa de alimentos, en la que sus equipos críticos son un molino,

una peletizadora y una mezcladora. La empresa invierte bastante en el mantenimiento ya que se hace de forma limitada y en su mayoría es de manera correctiva. Se determinó equipos críticos para controlar el mantenimiento más recurrente de cada uno, y volverlo mantenimiento preventivo, contribuyendo la reducción de costos totales en 7.3 % en el año 2009 al 2010; Aumentó la disponibilidad en 2% y 4% la eficiencia. (Guerrero M. d., 2011). Este trabajo aporta a la presente investigación, que al realizar unos ajustes en el mantenimiento de los equipos de una empresa sin importar su servicio o producto se puede reducir los costos, aumentar la disponibilidad y la eficiencia, lo cual es parte de los objetivos en este caso, por ende, podemos observar que la mejora es evidente y que este trabajo tiene un futuro prometedor si se realizan los cambios y ajustes adecuados al mantenimiento de los Autobús a evaluar.

En el año 2012 el estudiante Jerson Jair Riera Chávez de la escuela Politécnica del Ejército Sangolquí Ecuador en la tesis de grado *“Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador KUBIEK SA, en la planta Esthela”*. Se analiza el estado del mantenimiento de equipos para la fabricación de estructuras metálicas para construcción y metalmecánica, donde no existe un plan de mantenimiento que les garantice la disponibilidad y fiabilidad de los equipos. En un proceso de estudio e implementación en un transcurso de dos años los resultados son favorables; ya que la productividad aumento el 20% y se disminuye el tiempo de entrega de 5 a 3.5 días. (Chávez, 2012). El aporte a la investigación es que en el planteamiento de un sistema o forma de mantenimiento se puede utilizar herramientas tecnológicas que faciliten la programación, ejecución y seguimiento del mantenimiento en una empresa.

En el año 2015 El estudiante Carlos Omar Aguirre Mora de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil Ecuador en la tesis de grado “*Análisis de costos del servicio de mantenimiento para camiones de carga pesada y diseño de estrategias de Postventa caso AUTEK SA*”. En una empresa comercializadora de Autobús se realiza un estudio dirigiendo su enfoque en la competitividad del servicio con respecto a sus competidores, realizando algunas encuestas a 120 de sus clientes. Dando unos resultados de un servicio Postventa de 1.5% frente a 5.5% de sus competidores en el mercado. Ya que fue una investigación de carácter cualitativo se obtiene la opinión de los clientes, los cuales en su mayoría usan el mantenimiento directo con el distribuidor, se debe tener estrategias de enganche con el cliente y hacer que continúe comprando sus camiones. (Mora, 2015). El aporte obtenido por esta tesis es que debemos tener muy en cuenta la opinión de los clientes y ver qué tan competitiva es la empresa con respecto a la competencia, que podemos ofrecer, mejorar y que nos caracteriza para mantener la fidelidad de los clientes.

En el año 2015 los estudiantes Zamora Moscoso Fritz y Zenteno Yanac Cynthia Alejandra de la Universidad Ricardo Palma de Lima Perú, en la tesis de grado “*Propuesta para reducir los costos de mantenimiento preventivo de una empresa de transportes de mercancías en general*”. Se determinó que en la empresa EUFRI SAC, dedicada al transporte de mercancías en general, el estado actual del mantenimiento que tienen esta tercerizado[P23], por ende, se quiere implementar un plan de mantenimiento para que se realice por personal propio. Con la implementación se reduce los procesos de mantenimiento de 9 a 4 horas, se logró mayor disponibilidad y se eliminó las demoras, finalmente tuvo una reducción de costos de mantenimiento de 67200 soles hay una reducción al año de 198560 soles. (Alejandra, 2015). El aporte de este trabajo a esta investigación es que podemos cambiar esos mantenimientos

que están tercerizados a manejarlos personalmente, como estrategia de reducción de costos, que nos lleva a mejorar como empresa.

En el año 2016 el estudiante Jorge Luis Gonzales Guzmán de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Perú en su tesis de grado “*Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer SAC*”. Se trata en la propuesta de cambiar el mantenimiento correctivo por preventivo, ya que esto implica paradas excesivas, incumplimientos con la demanda. Debe ser un mantenimiento programado de manera que pueda garantizar confiabilidad, seguridad en el funcionamiento y aumento de capacidad. Las máquinas críticas de este caso es un molino y una amasadora que se son utilizados en la elaboración de ladrillos. En la implementación de esta propuesta se ha disminuido en un 80% de paradas en la línea de producción, se determinaron las actividades de mantenimiento para llegar a un aumento de producción del 12%. (Guzmán, propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer SAC, 2016). El aporte de esta tesis a la investigación es que el cambio de un mantenimiento correctivo a un preventivo disminuye las paradas y aumenta la productividad, de esta forma la empresa aumenta su rentabilidad.

En el año 2016 los estudiantes Castañeda Muñoz Jackson Steward y Gonzales Mino Karim Sarita de la Universidad Señor de Sipán Pimentel Perú en la tesis de grado “*Plan de mejora para reducir los costos en la gestión de mantenimiento de la empresa transportes Chiclayo SA*”. En la empresa se observó el estado del mantenimiento, el cual no tenía plan de mantenimiento, es decir que los Autobús de transporte de pasajeros hasta que estos no se vararan no se les realizaba alguna intervención de forma programada ni preventiva, por ende,

se realiza la implementación de mantenimiento autónomo, programado y preventivo para atacar directamente los costos elevados por las varadas y el mantenimiento correctivo. En un comparativo en el momento de la implementación, se ve claramente el cambio de los costos de mantenimiento. Ya que en los últimos cuatro meses [P24], el costo menor de mantenimiento en un mes fue de 247.621 soles, en cambio en los tres meses siguientes a la implementación, su valor más elevado por mes fue de 209.497 soles y los costos totales disminuyeron en un 50%. (Karim, 2016). El aporte a esta investigación es la obtención de resultados favorables después de implementar un plan de mantenimiento que corrige las intervenciones correctivas a una flota de Autobús.

En el año 2016 el estudiante Pedro Oswaldo Carbajal Tacanga de la Universidad Nacional de Trujillo Perú en su tesis de grado "*Implementación de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes El Dorado SAC*". El estudiante expone que el mantenimiento preventivo a adoptar se basa desde una inspección del operario antes de salir, ya que es oportuno y necesario, evitando las inmovilizaciones imprevistas, detectando la falla antes que el vehículo de carga pesada salga a realizar su trayecto. Además de llevar una ficha de control donde se maneja los mantenimientos realizados, permite hacer una inspección, control y reporte de actividades de los mantenimientos periódicos y los mantenimientos por kilometraje. (Tacanga, 2016).

El aporte a la investigación sería no solo basarse en el mantenimiento preventivo, sino que también, así como esta empresa puede capacitar a los conductores para realizar la inspección de los Autobús antes de salir a ruta para evitar varadas. Además, que la propuesta de las

fichas de seguimiento es muy aceptable, ya que se lleva un control de las inspecciones y demás intervenciones que se hagan ya sea de forma periódica o por kilometraje.

5.2 Marco Teórico

El transporte público de pasajeros en la ciudad de Bogotá^[P25], ha sido bastante difícil y complicado desde principios de los años noventa^[P26], cuando el servicio de transporte público paso en su totalidad a ser operado por empresas particulares que al no cumplir con la renovación de Autobús, no realizar mantenimientos preventivos y esto sumado al crecimiento poblacional de la ciudad, llevaron al deterioro en la calidad de prestación del servicio e inseguridad. Por esta razón a través del Gobierno Nacional se implementaron en las principales ciudades de Colombia los Sistemas de Transporte Masivos de Pasajeros TM, partiendo claro esta como primera fase la ciudad de Bogotá.

Desde el año 2000 se implementó el TM en la ciudad de Bogotá, y en el año 2010 se complementó con el Sistema Integrado de Transporte Publico, para darle a los usuarios del transporte público mejor servicio, menos tiempos de desplazamiento, organización al sistema y un desarrollo económico de la ciudad.

Estas iniciativas se han visto interrumpidas, incompletas y afectadas por factores como los siguientes:

Flotas de autobuses obsoletos. Desde inicios de la implementación del sistema integrado de transporte público, se vincularon Autobuses viejos que ya venían operando y que se encontraban en mal estado. A este tipo de Autobuses se le realizaron una serie de

reparaciones que permitieron mejorar su aspecto físico con el fin de prestar el servicio por poco tiempo, tiempo que se ha alargado hasta por más de 12 años después de la implementación.

Los autobuses varados. El deterioro y la falta de mantenimiento conllevan a que los equipos no estén disponibles, generando pérdidas de tiempo para los usuarios, congestión en las vías y altos costos de mantenimiento correctivo.

Mantenimientos inadecuados o no realización de mantenimientos. Este factor ha generado un número bastante grande de accidentes que vinculan lesiones personales, muertes y daños materiales bastante significantes.

Contaminación. Con Autobús pasados en años de servicio, sus motores se encuentran en mal estado, consumen aceite, consumen grandes cantidades de combustible y lo que genera más impacto y es más importante, emiten grandes cantidades de gases contaminantes al medio ambiente, lo que conlleva a la mala calidad del aire y el incremento de enfermedades respiratorias a la ciudadanía.

Este tipo de factores más las continuas protestas de usuarios y trabajadores han llevado a que cada día se deteriore más la imagen y la prestación del servicio, teniendo que llevar al cierre de varios operadores y a la intervención de la Alcaldía de Bogotá, quien espera a mediados de este año 2019, renovar en gran parte el parque automotor de los Autobús de TM, para poder brindar un servicio de calidad al usuario y más amigable con el medio ambiente.

5.2.1 Generalidades de Mantenimiento

5.2.1.1 Mantenimiento

Mantenimiento se puede definir como el conjunto de acciones que se realizan con el objetivo de mantener o restaurar un artículo al estado en que pueda llevar a cabo una función requerida, es la combinación de un conjunto de actividades técnicas y de gestión destinadas a mantener o realizar una restauración de un elemento a un estado funcional. (Asociación española para la calidad, 2018).

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC define mantenimiento como: Cualquier actividad destinada a tener una unidad funcional activa, o para restaurar esta a un estado en el cual puede desarrollar su función requerida. (ICONTEC, 1997).

5.2.1.2 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo estudia la variable física del desgaste, o estado de una máquina; basándose en la medición, seguimiento y monitoreo de condiciones y parámetros operativos de una instalación o activo. De esta manera se pueden definir valores de prealerta, algunos de los métodos usados son:

Análisis de vibraciones, Termografías, boroscopias, análisis de aceites, análisis de ultrasonido, análisis de humos de combustión, y control de espesores. (Renovetec, 2013).

Es muy conocido este tipo de mantenimiento en las flotas de vehículos, en especial el análisis de aceites, ya que es usado tanto para analizar el estado de desgaste de un motor, también es

usado para ver qué tan rápido pierde propiedades el aceite usado en los activo, ya que se puede prolongar su cambio, dependiendo de este estudio, esto con el fin de reducir costos, ya que al aumentar el tiempo del cambio, menos cambios de aceite tendrá que hacer, menos aceite que comprar y menos mano de obra que facturar.

Algunos más de estos análisis se realizan sin detener los equipos, dando a conocer el estado actual, donde se puede identificar futuras fallas, y si son equipos paralelos se podrá realizar actividades mediante horas de trabajo, kilometraje recorrido según uno o más equipos que trabajan en condiciones y características similares. Adelantarse a la falla es el fin de este tipo de mantenimiento, fomentando campañas y actividades en el plan de mantenimiento para reducir paradas.

5.2.1.3 Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene como finalidad mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando intervenciones a sus puntos vulnerables de forma oportuna, se hace de modo sistemático, ya que se hace sin que el vehículo presente algún problema. (Renovetec, 2013). Son las intervenciones que se realizan para mantener el equipo en buenas condiciones y se realiza aun así el activo no haya presentado alguna novedad.

En un plan de mantenimiento, se realizan actividades de manera preventiva, esto como un primer paso en caso de implementación de un plan, ya que es la base del mismo, ya sea que sea mediante el seguimiento de un manual de fabricante o un listado de actividades genérico o multimarca.

En muchas ocasiones el mantenimiento preventivo no desplaza por completo el correctivo, debido a que algunas de las acciones correctivas son inevitables de prevenir, ya que los equipos pueden ser impredecibles con el tiempo, y con el deterioro los activos pueden fallar por causas no registradas, y van aumentando estas acciones correctivas hasta el punto de no ser sostenible un equipo.

5.2.1.4 Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de actividades destinadas a corregir los defectos presentes en los equipos en el momento en que estos fallan. (Renovetec, 2013). Se evidencia las actividades para colocar la máquina de nuevo en funcionamiento, esto implica tiempo de varada y se debe tener en cuenta repuestos de cambio para agilizar este proceso.

En las empresas carentes de un plan de mantenimiento, es ligado enteramente a realizar acciones correctivas, y no en todos los casos se realizan por parte de la empresa, sino por un ente externo. Ya que el pensamiento es utilizar los activos hasta el punto en que presenten fallas o dejen de funcionar, para luego evaluar si reparar o desechar.

Aunque en muchos de los casos los planes de mantenimiento no pueden disminuir al 0% las actividades correctivas, ya que estas fallas no son recurrentes o se presentan cuando la máquina está en un deterioro considerable, donde es más costoso mantener el equipo que comprar uno nuevo.

5.2.1.5 Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM

Es el mantenimiento centrado en confiabilidad, es el mantenimiento centrado en disminuir los tiempos de varada de un equipo, instalación, planta entre otros; también se encarga de aumentar la disponibilidad y disminuir costos de mantenimiento. Se basa en la detección de fallas potenciales de un equipo, saber que lo provoca y determinar cómo prevenirlo. (Renovetec, 2013). Es una herramienta del mantenimiento donde se puede identificar los puntos críticos, para mejorarlos y aumentar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos.

5.2.2 Análisis modo de efecto de falla AMEF

Análisis de modo y efecto de falla, es un método para identificar problemas potenciales de un sistema, con el fin de priorizarlos, asignar recursos, prevenir, supervisar y dar respuesta a estas falencias. (Lopez, Bryan Salazar, 2016). Mediante esta herramienta podemos identificar las fallas, la criticidad que tendría esta falla y como poder prevenirla, estableciéndola como mantenimiento preventivo.

Esta herramienta suministrada por el método de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), en la cual podemos identificar las fallas más críticas de uno o varios activos de características similares. Realizando un seguimiento a las fallas y su recurrencia, ya que a medida de ser más recurrente la falla aumenta el tiempo en que la maquina no es productiva o permanece varada, de esta forma se convierte en la falla crítica del equipo, en seguida seguirán las de menor tiempo hasta tener las menos relevantes. Se encarga de identificar la recurrencia y tiempo más alto acumulado por causa de la falla.

5.2.3 Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento se conoce como el conjunto de tareas que se realizan de manera preventiva en una instalación, empresa, flota, activos, en general cumpliendo con objetivos de disponibilidad, confiabilidad, costos, y la más importante aumentar lo máximo la vida útil de los activos.

Generalmente observamos tres formas de hacer el plan de mantenimiento y que hay empresas que pasan de una forma a la otra mediante el transcurso del tiempo. Ya que una forma para comenzar el mantenimiento es basada en las recomendaciones del fabricante, siguiéndolo las indicaciones de manuales suministrados por el distribuidor y/o fabricante. La segunda forma de hacerlo es mediante protocolos generales, los cuales aplican para la misma tipología de activo, ya que en la misma clasificación son similares los quipos y componentes; y la tercera forma de realizar es mediante un análisis de fallas potenciales, es la forma de mantenimiento fomentado por la empresa, basándose en la ocurrencia de fallas, creando el conjunto de actividades acordes a la tipología del negocio y la demanda que requieren sus clientes (Renovetec, 2013).

Se implementa el plan de mantenimiento en una empresa para reducción de costos, para aumentar la productividad y disminuir los tiempos de varada de equipos. Ya que realizan el mantenimiento de manera interna en lo posible, previniendo las varadas de sus activos, de esta forma garantizar el mayor tiempo óptimo de los equipos.

5.2.4 Mantenimiento de flotas de transporte

Actualmente el mantenimiento de flotas se ha centrado en reducción de mantenimientos correctivos, optimizar el preventivo e impulsar el predictivo. Para el viajero debe ser una experiencia cómoda, segura, de calidad y cumplimiento.

El mantenimiento de estos autobuses debe reflejarse con disponibilidad, confiabilidad, disminuir las varadas, optimizar recursos y reducir costos. Además, se tiene que tener claro que al tener una flota que ya cumple su vida útil se debe renovar, actualizar la tecnología que se adquiere, uso de tecnología e informática para llevar a cabo el plan de mantenimiento. (Santiago ballester, 2002). Se observa que son muchos aspectos los que están relacionados con el mantenimiento de una flota de transporte, desde la comodidad y satisfacción del viajero, como el cumplimiento y disponibilidad de los equipos, pensando además en la reducción de costos reduciendo de la mejor manera el mantenimiento correctivo.

5.2.5 Tipología de la flota

El uso específico del Autobús tipo Clase I, también llamado buseta, es para el transporte público de pasajeros en zonas urbanas, su longitud total esta entre 7 m y 10 m; con una capacidad entre 20 a 30 pasajeros (sesvi colombia, 2016).

FICHA TECNICA CHEVROLET - NPR	
Motor tipo diesel	Marca ISUZU 4HG1T longitudinal 4 en línea 4.570 cc.
Transmisión	Manual tipo ISUZU MXA6S
Sistema de combustible	Inyección directa
Potencia	119 HP 2850 RPM
Torque	240 lbs-pie a 1800 rpm (325.60 N-m a 1800 RPM)
Revoluciones máximas	2.850 RPM
Revoluciones de compresión	19:1
Peso bruto vehicular	7.500 kg.
Capacidad de carga	5.295 kg.
Frenos	Aire, delanteros y traseros

Ilustración 3 Ficha técnica Chevrolet NPR (servibus, s.f.).

En la ilustración 3, se muestra la ficha técnica de un autobús Chevrolet NPR, el cual hace parte de la flota de estos activos de la empresa en estudio.

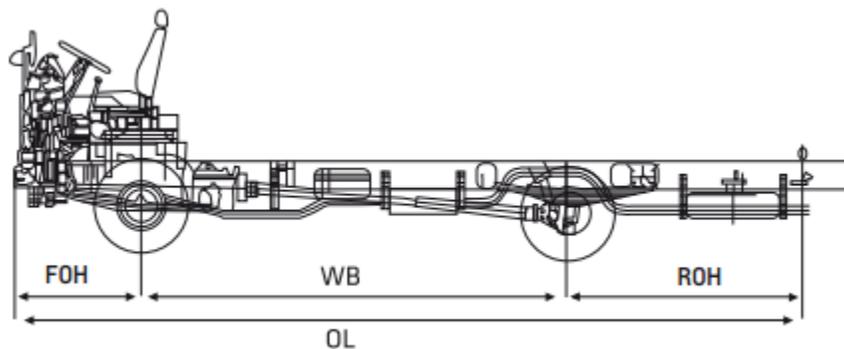


Ilustración 4 dimensión Chevrolet NPR (CHEVROLET, 2019).

En la ilustración 4, observamos la dimensión del autobús donde OL es de 5.985 m con carrocería, claro está que los modelos anteriores la longitud total era mayor, ahora es considerado microbús en su actual longitud.

5.2.5.1 *Sistemas del autobús:*

A continuación, se relacionan los sistemas de un autobús, los cuales se tienen en cuenta en el plan de mantenimiento de la flota en general.

5.2.5.1.1 Sistema de suspensión

Se encarga de la absorción de irregularidades del camino, brindando confort en la carrocería del vehículo. El sistema de suspensión de un autobús NPR es de mediante ballestas, acompañado por amortiguadores y barras estabilizadoras.

5.2.5.1.2 Sistema de dirección

Se encarga de guiar el autobús, permite dirigir la ruta que toma, permitiendo el giro de las ruedas de forma angular. El sistema tiene una caja de dirección asistida de forma hidráulica.

5.2.5.1.3 Sistema de frenos

Este sistema brindar seguridad a los ocupantes, ya que se encarga de frenar y reducir la velocidad del autobús. En la primera generación de autobuses, se tenía freno de tambor delantero y trasero, en la actualidad tiene freno tambor trasero y de disco delantero, en las dos versiones, hidráulico y neumático.

5.2.5.1.4 Sistema de inyección

Se encarga de suministrar al motor la mezcla eficiente de aire y combustible, mediante una bomba de inyección, inyectores, toberas, se realiza la adición de combustible a los cilindros del motor, que previamente comprime el aire en la cámara de combustión elevando la temperatura de tal modo que, al inyectar el combustible, este se enciende de forma inmediata.

5.2.5.1.5 Sistema de transmisión de potencia

Este sistema tiene la función de transmitir el movimiento generado por el motor hasta el eje trasero del autobús, mediante un embrague, una transmisión de velocidades, un cardan, una diferencial, los ejes de rueda y finalmente la rueda, propulsando el vehículo, permitiendo su desplazamiento.

5.2.5.2 *Fallas críticas.*

No existe una ficha de fallas críticas, pero en la experiencia y la consulta se observa muy seguido las siguientes:

-Control de cambios.

-Vehículo no enciende.

-Graduación de frenos

Embrague.

-Bloqueo de puertas.

5.3 Marco normativo/legal

Se verificará el cumplimiento de las normas ambientales establecidas por el Ministerio de Ambiente^[P27], Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) que establecen el manejo de los residuos peligrosos como: baterías usadas, llantas usadas, aceites y refrigerantes usados entre otros,^[P28] el seguimiento y control del nivel de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente

En relación con el trabajo de tesis se cumplirá con las normas y políticas establecidas por la Universidad ECCI para este tipo de documentos y haciendo el paso a paso establecido por las normas APA sexta edición.

NORMA	NUMERAL	OBSERVACIONES
Resolución 1111 de 2018	Artículo tercero, tabla 6, 7 y Artículo cuarto, 21	<i>La Res. 1111 del 02 de septiembre de 2018 modifica parcialmente la Res. 910 de 2008 y adiciona los artículos y tablas con los parámetros establecidos por la Agencia de protección Ambiental de Estados Unidos EPA y la Unión Europea.</i>

Resolución n 1188 de 2003	Capítulo I, Artículo 1° y 2°	<i>Esta Resolución establece las normas y procedimientos necesarios para la gestión, manejo y administración de aceites en la Ciudad de Bogotá.</i>
Resolución n 361 de 2011	Artículo I, tabla 1	<i>Almacenamiento y disposición final de baterías usadas de automóviles y residuos peligrosos</i>
Resolución n 1326 de 2017	Capítulo I, Artículo 1°	<i>Se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y de Gestión Ambiental para las llantas usadas y se adoptan otras disposiciones vinculadas.</i>

Tabla 1 Regulaciones relacionadas con medio ambiente y partes de posconsumo del sector automotriz.

6 Marco metodológico

6.1 Recolección de la información

6.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación usado es mixto ya que se usan elementos cualitativos y cuantitativos, para analizarlos e identificar los problemas presentes en el mantenimiento ejecutado en los Autobuses de una flota de Autobuses. Al tener claras las falencias del mantenimiento de acuerdo con la criticidad de las fallas presentadas

en los informes y documentación registrada sobre las varadas de estos equipos, se procede a buscar métodos, técnicas y alternativas de solución para modificar el mantenimiento actual para que de esta forma se pueda llegar a los objetivos planteados mejorando la disponibilidad de los equipos, aumentar la confiabilidad y la distancia promedio entre fallas.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

Consolidado de varadas en el mes, señalando las fallas ocurridas e incidencia o porcentaje de participación y frecuencia, Plan de mantenimiento ejecutado en las unidades Clase I, de la una empresa de transporte público objeto de este trabajo, Costos de mantenimiento flota de Autobús segmento Clase I.

6.1.2.2 Fuentes secundarias

Como fuentes de información metodológica, histórica y secuencial se tomarán tesis de grado de nivel nacional e internacional, así como normas técnicas y artículos científicos, libros y paginas especializadas en mantenimiento.

6.1.3 Herramientas

Se realiza un AMEF con las fallas detectadas, las cuales son críticas y recurrentes.

Informes de varadas.

Planilla de control diario: mecánica, electricidad, carrocería

Listas de chequeo

6.1.4 Metodología

Para el desarrollo del primer objetivo “Analizar el plan de mantenimiento para la flota de los 80 autobuses usados hasta el momento”, donde por medio de un AMEF se busca evidenciar [P29] las fallas recurrentes en el consolidado de varadas de los equipos de la empresa, que afectan la productividad por la inmovilización de los equipos, generando adicionalmente costos adicionales como el traslado en grúa que impactan de manera directa la parte financiera de la empresa.

Para el desarrollo del segundo objetivo “Establecer las posibles metodologías a usar para la reestructuración del plan de mantenimiento de los autobuses”. Se realiza un análisis a los datos obtenidos mediante el consolidado de varadas, informes y registro documental del tema, sabiendo que no se ha cumplido la meta de superar los 4500 km en distancia promedio entre fallas de cada autobús. De esta forma podemos identificar los componentes o sistemas críticos de los equipos de una flota de autobuses, mediante la ejecución de un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF), donde se identifican las fallas más críticas.

Al identificar la criticidad de las fallas de los activos se puede identificar claramente las falencias del plan de mantenimiento, ya que algunos aspectos encontrados no están estipulados de manera directa en el mantenimiento realizado a los equipos.

Para el desarrollo del tercer objetivo “Proponer un Plan modelo de mantenimiento para los autobuses de servicio público objeto de este trabajo, que permita mejor desempeño, confiabilidad y disponibilidad”. Se realiza la corrección y adición de actividades de mantenimiento para ejecutarlas de forma preventiva para disminuir las fallas, aumentando la disponibilidad, confiabilidad de los equipos y prolongar la distancia promedio entre fallas, cumpliendo y superando la meta de 4500 km entre falla.

6.1.5 Información recopilada

A continuación, se mostrará parte del plan de mantenimiento actual y sus resultados, en los cuales se podrá identificar las fallas críticas, los costos de este mantenimiento y el rendimiento de los activos.

Se ha tomado el plan un mantenimiento que aplica para todas las marcas y tipologías de Autobuses de una empresa, este plan incluye las actividades de mantenimiento por rutinas estipuladas por kilometraje, que son cada 5000 Km, donde los múltiplos de 10 son de mayor impacto.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MICROBUSES - BUSETAS - BUSES MULTIMARCA 2018	
ACTIVIDADES MECÁNICA 10.000 KM.	
Código SIEF	Descripción
	Presurizar e inspeccionar el sistema de refrigeración para garantizar la estanqueidad del mismo y corrección de fugas. (con presurizador). Apriete las abrazaderas en general / Revisar el Ventilador, Enfocador del Sistema de Refrigeración e Intercooler y limpieza de radiadores
	Revisar, verificar torque y ajustar sistemas de suspensión y dirección. Revisión holgura terminales de dirección (Rotulas) y brazo transversal y estado de amortiguadores, brazos de reacción, ballestas y barra estabilizadora. Revisar fugas del sistema hidráulico de la dirección.
	Cambio aceite motor / Tomar muestra de aceite motor para análisis de laboratorio
	Cambio filtros aceite motor / Marcar los filtros con el km, fecha de instalación y N° bus.
	Cambio filtro de combustible / Marcar los filtros con el km, fecha de instalación y N° bus.
	Cambio filtro separador de combustible / Marcar los filtros con el km, fecha de instalación y N° bus.
	Inspeccionar recorrido y juego libre del pedal de freno
	Revisar Sistema de Frenos de aire (mangueras, válvulas, líneas neumáticas, cámaras, bandas). Lubricación de los frenos de aire tipo leva y ajuste de los mismos. - Revisar Sistema de Frenos hidraulicos (mangueras, bandas, cilindros, bomba principal y servo) / Graduar frenos
	Revisar estado del Filtro de Aire (ajuste de abrazaderas, realizar inspección y limpieza radiador intercooler)
	Inspección de las líneas de combustible - revisar líneas combustible, soportes y comprobar ruteo mangueras. Cambiar mangueras de ser necesario.
	Engrasar chasis, suspensión, transmisión, cardán sistema de dirección y frenos.
	Verificación estanqueidad del sistema de aire. / Verificar fugas en tuberías, conexiones, funcionamiento Compresor de Aire y mangueras. Verificar carcasa compresor. Si aplica
	Revisión e inspección aceite hidráulico - sistema de embrague
	Revisar y limpiar desfogues (motor, caja velocidades, caja dirección, ejes, y combustible).

Tabla 2 Rutinas de mantenimiento por kilometraje

Directamente relacionado con el plan de mantenimiento observamos los costos, los cuales se dividen en costo total de servicio y costo total de movimientos. El primero hace referencia a los costos generados por operaciones de terceros como: vidrios, identificación, revisiones técnico-mecánicas y otras como se muestra en la gráfica 3. Donde se evidencia que está desfasado del presupuesto en más de \$ 6'000.000 y el costo total de movimientos como mantenimientos que incluye los costos de servicio y mantenimientos ver grafica 4. Donde los costos totales de mantenimiento se encuentran desfasados del presupuesto en casi \$ 300'000.000.



Gráfica 1 Costo total servicio de una empresa de transporte público



Gráfica 2 Costo total movimientos en una empresa de transporte público

En el informe de varados de los meses de octubre y noviembre del año 2018, donde se identifica el incumplimiento de las metas establecidas para este indicador y que se puede observar en la tabla 3. En los dos meses están por encima de la meta 127 vehículos varados

COMPROMISO VARADOS OCTUBRE					
CONCESIÓN	VARADOS SEP	15% DISMINUCIÓN	MAXIMO DE VARADOS	Varadas 31/10/2018	% Ejecución
ZONAL 80	484	73	411	499	121%
ZONAL TZ	349	52	297	334	113%
ALIMENTACIÓN 80	6	1	5	5	98%
ALIMENTACIÓN TZ	8	1	7	8	118%
TOTAL EEMB	847	127	720	846	118%

COMPROMISO VARADOS NOVIEMBRE					
CONCESIÓN	VARADOS SEP	15% DISMINUCIÓN	MAXIMO DE VARADOS	Varadas 12/11/2018	% Ejecución
ZONAL 80	484	73	411	200	49%
ZONAL TZ	349	52	297	130	44%
ALIMENTACIÓN 80	6	1	5	1	20%
ALIMENTACIÓN TZ	8	1	7	-	0%
TOTAL EEMB	847	127	720	331	46%

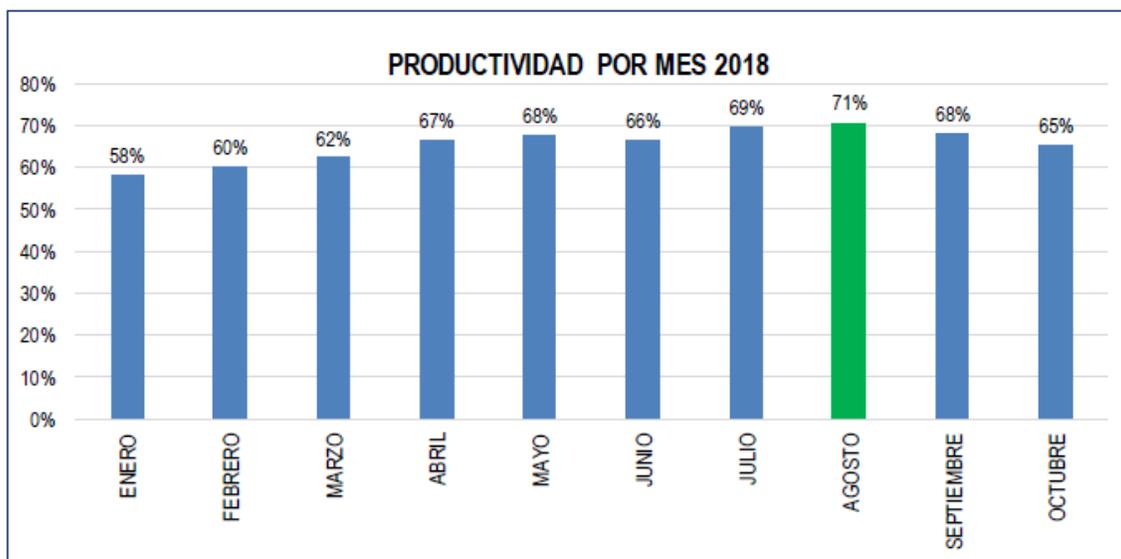
Tabla 3 Estadísticas buses varados de una empresa de transporte público.

La afectación de un vehículo varado, los elevados costos de mantenimiento correctivo y la administración sin control hace que la operación no alcance niveles de productividad satisfactorios afectando el servicio transporte público de pasajeros y transmitiendo los sobrecostos a los mismos usuarios del sistema. La siguiente tabla evidencia los elementos y sistemas más críticos de falla que inmovilizan los vehículos como lo muestra la tabla 4:

ELEMENTO NOVEDAD	VECES	% PARTICIPACIÓN
Control de cambios	920	10,32%
Baterías	452	5,07%
Graduar frenos	382	4,28%
Embrague (Disco-Prensa-Balinera)	365	4,09%
Puerta de servicio N°1 (Hoja a y b)	314	3,52%
Puerta de servicio N°2 (Hoja a y b)	275	3,08%

Tabla 4 Criticidad de fallas año 2018

La DPV afecta significativamente la productividad de la flota hasta en un 40%, incrementando los costos en mantenimiento correctivo, servicio de grúa, servicios de terceros etc., reduciendo los ingresos de la compañía por inmovilización de vehículos, multas y no facturación por recorrido. La productividad la podemos observar en la gráfica 5, donde se muestran los 10 primeros meses del año 2018, alcanzando un tope máximo de 71% en el mes de agosto y un mínimo de 58% en el mes de enero.



Gráfica 3 Productividad 10 primeros meses año 2018

6.2 Análisis de la información

De acuerdo con la información anteriormente expuesta, se puede evidenciar un desfase en el presupuesto y los costos de mantenimiento, una productividad en un margen del 58% al 71%, el cual no ha sido satisfactorio para los ingresos de la empresa, se evidencia un incumplimiento en la reducción de varados en los informes anteriormente vistos y un alto índice de varadas por inmovilización que generan sobrecostos en el mantenimiento.

De acuerdo con los datos e información recopilada, se realizó un análisis de modo y efecto de falla (AMEF), de esta manera se puede identificar las fallas más críticas.

AMEF											
Falla	Compóneute	Descripcion	Modo potencial de falla	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	Controles actuales de prevencion	Controles actuales de deteccion	Deteccion	NPR
control cambios	Guaya	seleccionar velocidad	Ruptura	No selecciona la velocidad	5	por desgaste	8	no hay	Visual	8	320
			Estiramiento	No selecciona la velocidad	5	Mala calidad	7	no hay	Visual	7	245
	Buje de palanca	Permite el movimiento de la palanca	Desgaste	No selecciona la velocidad	5	por desgaste	7	no hay	Visual	8	280
			Ruptura	Se sale la palanca	6	Mala calidad	6	no hay	Visual	7	252
	Base	Guiar la guaya	Fisura	No selecciona la velocidad	6	Mala calidad	7	no hay	Visual	8	336
			Desgaste	No mantiene la velocidad	6	por desgaste	6	no hay	Visual	7	252
Se apaga y no prende	Bateria	Acumular energia electrica	Desgaste	No arranca el motor	5	por desgaste	7	mantenimiento baterias	Multimetro	5	175
			Derretimiento en postes y bornes	No suministra energia al arranque	6	Falta de mantenimiento	6	no hay	Visual	7	252
	Arranque	Impulsa el motor de combustion	Desgaste bendix y escobillas	No arranca el motor	5	Mala calidad	6	Mantenimiento externo	Visual	8	240
			Bobina quemada	No gira el arranque	6	por desgaste	5	no hay	Multimetro	5	150
	Alternador	Generador de energia electrica	Bobina quemada	No genera energia	4	por desgaste	6	Mantenimiento externo	Multimetro	5	120
			Regulador quemado	Genera energia sin control	4	por desgaste	5	no hay	Multimetro	5	100
	Filtracion	Eliminar impuresas en aire y combustible	Obstruccion filtro de combustible	No hay suficiente paso de combustible al motor	3	Mantenimiento inadecuado	5	no hay	Visual	8	120
			Obstruccion filtro de aire	No hay suficiente paso de aire al motor	3	Falta de mantenimiento	5	Limpieza	Visual	8	120
frenos	Bandas y pastillas	Material de friccion	Desgaste	No hace contacto	9	Falta de mantenimiento	2	Inspeccion	Visual	8	144
			Altas temperaturas	Cristalizacion del material	8	Uso excesivo del freno	3	Inspeccion	Visual	7	168
	raches	Accionar leva de la rueda	Desgaste de graduacion	No se puede graduar el sistema	4	Mantenimiento inadecuado	3	Inspeccion	Visual	7	84
			Deterioro	No se puede graduar	4	Falta de mantenimiento	2	Inspeccion	Visual	8	64
	Campanas y discos	recibir el material de friccion para ser frenado	Altas temperaturas	Cristalizacion del material	8	Uso excesivo del freno	2	Inspeccion	Visual	8	128
			Desgaste	No hace contacto	9	Falta de mantenimiento	3	Inspeccion	calibrador	5	135
	Bomba	Suministra el paso del fluido	Desgaste de sellos	Fuga de fluido	8	Falta de mantenimiento	3	Inspeccion	Visual	8	192
			Fisuras	Fuga de fluido	8	Mala calidad	2	Inspeccion	Visual	7	112
	cilindros y levas	Se encargan de empujar el material de friccion	Desgaste	No acciona el material de friccion	9	Falta de mantenimiento	2	Inspeccion	Visual	8	144
			Fisuras	Contacto insuficiente del material de friccion	8	Mala calidad	2	Inspeccion	Visual	7	112
	mangueras y tuberias	Son las lineas que transmiten el fluido	Desgaste	Fuga de fluido	8	Falta de mantenimiento	2	Inspeccion	Visual	7	112
			Fisuras	Fuga de fluido	9	Mala calidad	2	Inspeccion	Visual	8	144
	suavizador	Suaviza el pedal de freno al accionarlo	Diaphragma roto	No suaviza el pedal	4	por desgaste	3	no hay	Visual	8	96
			Desgaste de sellos	No suaviza el pedal	3	por desgaste	2	no hay	Visual	8	48
Camara	impulsa el rache	Diaphragma roto	El bus queda frenado	4	por desgaste	2	no hay	baja presion	4	32	
		Daño del resorte	Frenado insuficiente	8	por desgaste	3	no hay	Visual	8	192	
Embrague	Disco, prensa y valinera	Acoplar y desacoplar el motor con la transmision	Desgaste	No hay transmision de movimiento	6	por desgaste	4	Inspeccion	Visual	8	192
			Mala graduacion	Desgaste excesivo	4	Mantenimiento inadecuado	3	no hay	Visual	7	84
	Bomba principal	Suministra la presion del fluido	Desgaste de sellos	Fuga de fluido	4	por desgaste	4	no hay	Visual	8	128
			Fisuras	Fuga de fluido	4	por desgaste	3	no hay	Visual	7	84
Bomba auxiliar	Se encarga de abrir y cerrar la prensa	Desgaste de sellos	No acciona la prensa	6	por desgaste	3	no hay	Visual	8	144	
		Fisuras	Fuga de fluido	4	por desgaste	3	no hay	Visual	7	84	
Puertas de acceso	Boster neumatico	Abrir y cerrar el arbol	Desgaste	No acciona la puerta	6	por desgaste	4	no hay	Visual	8	192
			Fisuras	Fuga de fluido	5	Sobrecarga del sistema	3	Inspeccion	baja presion	4	60
	Arbol	Sostener, abrir y cerrar puerta	Ruptura	No acciona la puerta	6	Solidadura rota	2	Inspeccion	Visual	8	96
			Desgaste	Cerrado inadecuado	3	por desgaste	4	no hay	Visual	7	84
	Electrovalvula	Dar paso al aire comprimido al boster	Presencia de agua	No acciona el boster	6	Falta de mantenimiento	4	no hay	Visual	8	192
			Desgaste de sellos	Fuga de fluido	5	por desgaste	3	Inspeccion	baja presion	4	60
	Sensibilizadora	Evitar atrapamiento de los usuarios	Circuito quemado	No evita el atrapamiento	8	Falta de mantenimiento	2	no hay	Visual	8	128
			Desgaste de sellos	Fuga de fluido	6	por desgaste	3	Inspeccion	baja presion	4	72

Tabla 5 AMEF, Basado en las fallas Críticas del año 2018

Con el AMEF realizado a la operación de la flota de buses de transporte público en mención, se identifica que en el mantenimiento actual no se realiza la revisión de la mayoría de estos componentes críticos, lo cual está generando varadas, aumentando los costos de mantenimiento correctivo y la fiabilidad de la flota de autobuses.

Fallas criticas identificadas:

1. Control cambios.
2. Vehículo no enciende.
3. Graduación frenos.
4. Embrague.
5. Bloqueo puertas.

Siendo 1 la falla más crítica, disminuyendo su grado de frecuencia hasta la falla número 5, en las cuales control cambios y sistema de puertas no están presentes en el plan de mantenimiento actual.

Para trabajar en un plan de mantenimiento basado en RCM, se deben corregir las falencias del plan de mantenimiento actual, incluyendo actividades de mantenimiento preventivo a los componentes identificados en el análisis anterior.

6.3 Propuesta de solución

Realizar una modificación al plan de mantenimiento actual basado en RCM, que incluya la revisión del sistema control cambios, sistemas y elementos de puertas, embrague y baterías ya que son las fallas más críticas y causales del no cumplimiento establecido para el índice

DPV que más afectan la operación y velar por el correcto cumplimiento de las inspecciones según los formatos de alistamiento mecánica, carrocería / electricidad y de control diario. Estos formatos son propuestos para llevar una información diaria del estado actual de la flota, e identificación de fallas antes de iniciar el rodaje de los activos.

A continuación, se relacionan y describen los formatos que se propone implementar y que vinculan las fallas críticas. Estas operaciones se incluyen dentro del plan de mantenimiento preventivo:

- En el formato de control de mantenimiento diario se relacionan las fallas críticas vinculadas a la parte mecánica como sistema de embrague, sistema de frenos y sistema de control de cambios, ver Tabla 6.

FORMATO ALISTAMIENTO DE FLOTA																	
			Colpa/TM/BTE				Versión 2				Fecha: marzo						
NOMBRE TÉCNICO: CARLOS BUELLO				SUPERVISOR: ANDRÉS BOCAMORA				FECHA: 15-MARZO-2019									
AJULAR POR (APERTURA OT): FABIAN ANDRES ERAZO VARGAS																	
ITEM	N° BUS	OT	REVISAR AMORTIGUADORES		FUGA DE COMBUSTIBLE		FUGA DE ACEITE		FUGA DE AIRE		REVISAR CONTROL DE CAMBIOS		REVISAR ENBRAGUE		REVISAR CRUCETAS CARDAN		OBSERVACIONES
			Bien	Concgo	Bien	Concgo	Bien	Concgo	Bien	Concgo	Bien	Concgo	Bien	Concgo	Bien	Concgo	
1	T2-118	10407															
2	T2-117	10408															
3	T2-118	10409															
4	245-0081	10410															
5	245-0082	10411															
6	245-0084	10412															
7	245-2023	10413															
8	245-2020	10414															
9	245-2031	10415															
10	245-4123	10416															
11	245-4124	10417															
12	245-4125	10418															
13	245-7015	10419															
14	245-7016	10420															
15	245-7020	10421															
16																	

Tabla 6 Formato de control de mantenimiento diario

- El formato de control diario de electricidad se implementa como contramedida a las operaciones básicas realizadas durante el plan de mantenimiento preventivo, para mitigar el impacto que generan las fallas eléctricas, ya que estas no solo influyen en la DVP, sino que son un factor de alto riesgo en seguridad ya que un corto circuito o una falla eléctrica puede llegar a generar desde el bloqueo de una puerta hasta un incendio, causando lesiones personales a uno o más usuarios. ver Tabla 7.
- La revisión y mantenimiento de baterías se debe incluir dentro de los planes de mantenimiento.

FORMATO ALISTAMIENTO DE FLOTA																					
Código: FOM-07-01										Versión: 1					Fecha: 15 MARZO 2010						
NOMBRE TÉCNICO: NIBON ORJUELA					SUPERVISOR: ANDRÉS SOCARRASA					FEELIAR FOR (PUERTAS DE) FABRA ANDRÉS ERASO VARGAS											
ITEM	N° BUS	OT	FUNCIONAMIENTO LIMPIABRASA		FIDC		REVISIÓN GENERAL DE LARGOS		REVISIÓN GENERAL DE PUERTAS		TUBERÍAS		PLATAFORMA		REVISAR TESTIGOS		REVISAR BICO		FUNCIONAMIENTO DE VENTILADORES		OBSERVACIONES
			Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	Bus	Carga	
1	12-116	224037																			
2	12-117	224038																			
3	12-118	224039																			
4	245-006	224040																			
5	245-003	224041																			
6	245-004	224042																			
7	245-202	224043																			
8	245-203	224044																			
9	245-201	224045																			
10	245-413	224046																			
11	245-412	224047																			
12	245-411	224048																			
13	245-705	224049																			
14	245-704	224050																			
15	245-900	224051																			
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
TÉCNICO			Firma			SUPERVISOR QUE VERIFICA					Firma y Sello			AJUDAR FOM, DEPTA-OT					Firma y Sello		

Tabla 7 Formato de control diario electricidad

- Otro factor que incide negativamente en el servicio y en los índices de cumplimiento de metas son las fallas en elementos o sistemas de carrocería como son desajuste de

puertas, fugas de aire por los sistemas neumáticos de puertas, brazos de espejos sueltos y sistemas de plataforma para discapacitados para algunos vehículos. El detalle del formato se puede ver en la tabla 8.

FORMATO ALISTAMIENTO DE FLOTA																							
SUPERVISOR: ANDRÉS RODRÍGUEZ										FECHA: 16. MARZO 2019													
NOMBRE TÉCNICO: YESID AYALA										AUTOLAVAS POR (MOTOR/BAJO C/): FRENOS (BAJO C/): PASADIZOS (BAJO C/):													
CEN	N° DE VEH	C/	ESPEJOS Y BRAZOS ESPEJOS		SISTEMAS DE SEGURIDAD Y RETENCIÓN DE PASAJEROS		SISTEMAS DE AERODINAMIA (DE FRENOS)		FUGAS DE AIRE		CLARABOYAS		POLICARBONATO		BELLAS USUARIOS		BELLAS OPERADOR		TUBOS PASAJEROS		TUBO VALVADO		OBSERVACIONES
			Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	Des	Carga	
1	12-115	20407																					
2	12-117	20408																					
3	12-118	20409																					
4	240-000	20410																					
5	240-000	20411																					
6	240-000	20412																					
7	240-000	20413																					
8	240-000	20414																					
9	240-000	20415																					
10	240-410	20416																					
11	240-410	20417																					
12	240-410	20418																					
13	240-700	20419																					
14	240-700	20420																					
15	240-700	20421																					
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							

Tabla 8 Formato de inspección diaria de carrocería

➤ Revisiones técnico-mecánicas

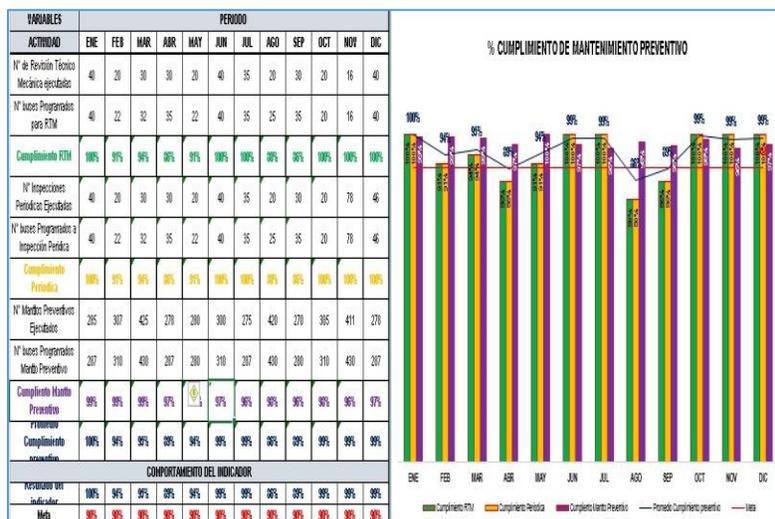


Tabla 9 Formato de control mensual RTM y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Como propuesta cumplir con las Revisiones Técnico Mecánicas en adelante RTM, inspecciones periódicas y mantenimientos preventivos de acuerdo con la tabla 9, basados en periodos mensuales, con números de revisiones distribuidas para que los costos mensuales sean similares mes a mes.

7 Impactos esperados/generados

Con la implementación de los ajustes al plan de mantenimiento y al uso diario de los formatos de alistamiento anteriormente mencionados, se pretende disminuir los costos totales de mantenimiento mediante la reducción de costos indirectos relacionados con las inmovilizaciones de los activos.

Disminuir en un 15% el número de varados cada trimestre del año en curso, mediante la implementación de los cambios propuestos en este trabajo.

Aumentar la distancia promedio de varada que sea mayor al de la meta fijada por la empresa que es de 4500 km.

Brindar capacitación al personal relacionado con las operaciones de mantenimiento, sobre el nuevo plan de mantenimiento y de las operaciones vinculadas que aumentarán la DPV y la fiabilidad de la flota de buses, para dar cumplimiento al 100% del plan de mantenimiento propuesto.

Implementar la planilla de análisis de resultados y tendencia para controlar el cumplimiento de las metas establecidas por la alta Gerencia de acuerdo con la tabla siguiente:

PERIODO EVALUADO	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y TENDENCIA (Describir qué dice el indicador, cumple o no cumple la meta, por qué se presenta el resultado y cuál es el impacto de este resultado para la compañía)	ACCIÓN CORRECTIVA, PREVENTIVA O DE MEJORA			OBSERVACIONES (Describe brevemente el estado de la ACPol)
		SI	NO	CONSECUTIVO	
NOVIEMBRE					
DICIEMBRE					

PLAN DE MEJORAMIENTO			
ACTIVIDAD (Describir la actividad que se requiere realizar para cumplir con el objetivo del indicador, relacionando qué, como y cuándo)	PROCESO O PERSONA RESPONSABLE	FECHA OBJETIVO	SEGUIMIENTO / FECHA / RESPONSABLE (Resultado)

Tabla 10 Análisis de resultados y tendencia, plan de mejoramiento.

8 Análisis financiero

PROCESO		OBJETIVO / DEFINICIÓN	
MANTENIMIENTO		MEDIR EL COSTO POR KILOMETRO DE LA FLOTA POR OPERACIÓN (REPUESTOS Y SERVICIOS)	
NOMBRE DEL INDICADOR	INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR	INDICE	
COSTO POR KILOMETRO CPK	COSTOS SERVICIOS MAS LOS REPUESTOS DIVIDIDO EL KILOMETRAJE RECORRIDO	(COSTO SALIDAS DE ALMACEN + COSTO SERVICIOS CONTRATADOS) / KILOMETROS RECORRIDOS	
PERIODICIDAD DE MEDICIÓN	FUENTES DE INFORMACIÓN	META	RESPONSABLE
MENSUAL	SIEF COMPRAS - SIEF (KILOMETRAJE RECORRIDO)	LINEA BAÑAL	JEFE PCM
PERSONAS QUE DEBEN CONOCER EL RESULTADO		GERENCIA- DIRECTOR MANTENIMIENTO- SUPERVISORES - ANALISTAS	
PERIODO EVALUADO		2018	

VARIABLES	PERIODO											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CPK CALLE 80 ZN											\$ 467	\$ 507
CPK CALLE 80 AL											\$ 1.112	\$ 1.040
CPK TINTAL ZN									\$ 586	\$ 580	\$ 505	\$ 585
CPK TINTAL AL	\$ 869	\$ 870	\$ 860	\$ 855	\$ 865	\$ 835	\$ 850	\$ 825	\$ 815	\$ 809	\$ 804	\$ 641
TOTAL CPK	\$ 695	\$ 689	\$ 620	\$ 586	\$ 566	\$ 572	\$ 590	\$ 597	\$ 568	\$ 585	\$ 566	\$ 601
COMPORTAMIENTO DEL INDICADOR												
TOTAL CPK	\$ 695	\$ 689	\$ 620	\$ 586	\$ 566	\$ 572	\$ 590	\$ 597	\$ 568	\$ 585	\$ 566	\$ 601
Meta												

Tabla 11 Formato de control de CPK

Como se evidencia en la tabla 11, el análisis financiero busca llegar a identificar el costo promedio por kilómetro de recorrido y disminuir proporcionalmente con la DPV.

La DPV incrementa el costo promedio por kilometraje de recorrido debido a los altos costos de servicio de grúa, tiempo de inmovilización y los costos totales de reparación entre mano de obra, repuestos, insumos y terceros.

Una forma muy práctica de analizar y reducir costos es en cuanto a las RTM ya que se hacen mensuales con diferencia en cantidades, aumentando el costo por mes en el presupuestó. Se analizó el costo financiero siendo viable programando anualmente las RTM para así tener cantidades iguales y presupuestó igual mes a mes.

Como cálculo general se realiza el ROI actual de la compañía, se realizó sobre la flota de buses propuesta de 88 vehículos a valor presente y arrojó resultados positivos a diciembre de 2018.

VALOR INICIAL EQUIPO / INVERSION	\$ 17.626.725.000,00	RETORNO DE LA INVERSION	\$ 0,58
INGRESOS MENSUALESX UNIDAD	\$ 27.878.400.000,00		

Tabla 12 Cálculos ROI a 2018

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

La propuesta de mejora del plan de mantenimiento se enfoca en incluir dentro del plan de mantenimiento mecánico de cada 5000 km la revisión y corrección de los sistemas que se han sido seleccionados como los que más impacto tienen en el DPV, buscando de esta manera reducir hasta en un 50 % el índice DPV, mes a mes.

La empresa en estudio cuenta con varios planes de mantenimiento como son de Mecánica por Kilometraje, diario de electricidad, diario de carrocería, y alistamiento diario donde se revisan todos los sistemas, pero hasta donde se puede evidenciar no hay corrección de las fallas dentro de cada proceso.

Elaborar procedimientos detallados de operaciones y capacitar al personal de cada una de las secciones vinculadas a la operación de mantenimiento y armar equipos de trabajo idóneos para asignar cada una de las labores correspondientes por equipo. Mediante el conocimiento de los procesos, el diligenciamiento de los formatos y el seguimiento, estandarizar los procedimientos para cada revisión; con el cumplimiento de los procesos y con una mano de obra calificada se garantiza la eficiencia y la productividad de los buses a la vez que favorece en los indicadores de gestión de la empresa.

La implementación de un plan de mantenimiento y un procedimiento basado en RCM aumenta la confiabilidad de la flota de buses objeto de este trabajo de investigación reduciendo los costos de operación y de mantenimiento.

9.2 Recomendaciones

Implementar el nuevo plan de mantenimiento propuesto en este trabajo de investigación, para mejorar la confiabilidad de la flota.

Los planes de mantenimiento deben ir acompañados de unos procedimientos previamente establecidos y debidamente soportados, para transmitir al personal vinculado a la operación de mantenimiento y servicio mediante jornadas periódicas de capacitación y actualización.

Hacer seguimientos diarios, semanales y mensuales y analizar los indicadores para poder tomar decisiones oportunamente en favor del éxito de la operación y dar cumplimiento con las nuevas metas establecidas por la Gerencia y la efectividad hacia el cliente.

10 Bibliografía

Alejandra, Z. M. (2015). *Propuesta para reducir los costos de mantenimiento preventivo de una empresa de transportes de mercancías en general*. Lima - Perú.

Asociación española para la calidad. (2018). *Asociación española para la calidad aec.es*.

Recuperado el 11 de 03 de 2019, de Asociación española para la calidad aec.es:

<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/mantenimiento>

Borja, L. J. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosa NO.3*. Bogotá.

C&M Cal y Mayor y Asociados. (2010). *Análisis Costo Beneficio_Corredor de Transporte Público Universidad Tecnológico Fuentes Mares Para la Ciudad de Chihuahua*. Chihuahua: Secretaría de Comunicaciones y Transporte.

Casadiego, K. L. (2002). *Diagnóstico y mejora del programa de mantenimiento preventivo aplicado en el departamento de mantenimiento de la empresa de Servicio de Transporte Público METROCAR S.A*. Cartagena, D.T. Y C.

Chávez, J. J. (2012). *“Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para la empresa cubiertas del Ecuador KUBIEK SA, en la planta Esthela”*. Ecuador.

CHEVROLET . (19 de 03 de 2019). *busesycamioneschevrolet*. Obtenido de busesycamioneschevrolet: <https://www.busesycamioneschevrolet.com.co/>

El espectador. (06 de 10 de 2016). *El espectador.com*. Obtenido de El espectador.com: <http://www.entornointeligente.com>

Fabian, B. G. (2009). *Estudio del impacto generado sobre la cadena de valor a partir del diseño de una propuesta para la gestión del mantenimiento preventivo en la cantera Salitre Blanco de Aguilar CONstrucciones S.A.* Bogotá.

Guerrero, M. d. (2011). *Optimización del mantenimiento preventivo en función del costo en la empresa Bioalimentar Cia Ltda.* Chimborazo - Ecuador.

Guerrero, M. d. (2011). *Optimización del mantenimiento preventivo en función del costo en la empresa Bioalimentar CIA. LTDA.* Chimborazo - Ecuador.

Guzmán, J. L. (2016). *“propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer SAC”.* Perú.

Guzmán, J. L. (2016). *propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer SAC.* Perú.

ICONTEC. (1997). *SISTEMAS DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.*

VOCABULARIO. CONFIABILIDAD, MANTENIMIENTO Y DISPONIBILIDAD.

Bogotá: ICONTEC.

Izaquita, R. d. (2014). *Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para una empresa prestadora de Servicio de Transporte Interdepartamental.* Barranquilla.

Karim, C. M. (2016). *“Plan de mejora para reducir los costos en la gestión de mantenimiento de la empresa transportes Chiclayo SA”.* Perú.

Libreros, J. A. (2012). *Modelo de Indicadores de Mantenimiento y Gestión Para Empresas de Transporte*. Bucaramanga.

Lopez, Bryan Salazar. (2016). *Ingeniería industrial online*. Recuperado el 11 de 03 de 2019, de Ingeniería industrial online:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/>

Mendez, L. N. (2012). *Diseño de un plan de mejora de Mantenimeinto correctivo y actualización del mantenimiento preventivo en MULTIDIMENSIONALES S.A.* Bogotá.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial. (2013). *Resolución 1111*. Bogotá.

Mora, C. O. (2015). *Analisis de costos de servicio de mantenimiento para camiones de carga pesada y diseño de Posventa Caso Autec S.A.* Guayaquil - Ecuador.

Pacheco, J. L. (2009). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo-Predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*. Cartagena.

Renovetec. (2013). *ingenieria del mantenimiento.com*. Recuperado el 11 de 03 de 2019, de ingenieria del mantenimiento.com:
<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

Rodríguez, J. L. (2018). *Elaboración de una propuesta de plan de Mantenimiento Basado en Confiabilidad para la Flota de Vehículos de la Empresa TRANZIT S.A.S. Perteneciente al SITP*. Bogotá.

Rojas, N. D. (2011). *Apuntes de clase de mantenimiento*. Bogotá: ECCL.

Santiago ballester, P. O. (12 de 2002). *Técnica industrial*. Recuperado el 18 de 03 de 2019, de Técnica industrial: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-2047-el-mantenimiento-flotas-transporte.aspx>

servibus. (s.f.). *servibus*. Recuperado el 04 de mayo de 2019, de servibus: <https://servibus.co/>

sesvi colombia. (02 de septiembre de 2016). *revista auto crash*. Recuperado el 04 de mayo de 2019, de revista auto crash: www.revistaautocrash.com

Sitp. (19 de 03 de 2019). *www.sitp.com*. Obtenido de www.sitp.com: [http](http://www.sitp.com)

Tacanga, P. O. (2016). *Im plemtnación de un plan de Mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la empresa de transportes el Dorado S.A.C*. Trujillo - Perú.

Torres, J. C. (2010). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Extruplas SA*. Cuenca - Ecuador.

Vega, J. B. (2018). *Propuesta de un plan de Mantenimiento para aplicar a la flota de vehículos de la Universidad Autonoma del Caribe*. Barranquilla.

- Villada, J. D. (2013). *Diseño de un plan de mantenimiento pra la flota articulada de Integra S.A. usando unas herramientas dl mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM*. Pereira.
- WSP, B. M. (2009). *Estrategía Integral de Comunicaciones como apoyo central a la gestión de los proyectos*. Quito.
- Yefer Asprilla Lara, E. R. (2012). La implementación del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de Bogotá y sus retos en el futuro. *REvista Tecnogestión*, 26-40.