

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM
APLICADO AL SISTEMA ADBLUE EN LOS BLUE BIRD EURO4.**

ING. KARINA ALEJANDRA LÓPEZ

ING. IVÁN BARBOSA

ING. DIEGO FERNANDO RUGE

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ

2019

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM
APLICADO AL SISTEMA ADBLUE EN LOS BUE BIRD EURO4.**

ING. KARINA ALEJANDRA LÓPEZ

ING. IVÁN BARBOSA

ING. DIEGO FERNANDO RUGE

**Trabajo desarrollado como opción de grado para obtener el título de Especialistas en
Gerencia de Mantenimiento**

Asesor:

ING. MIGUEL ÁNGEL URIAN

Esp. En Gerencia del Mantenimiento

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ

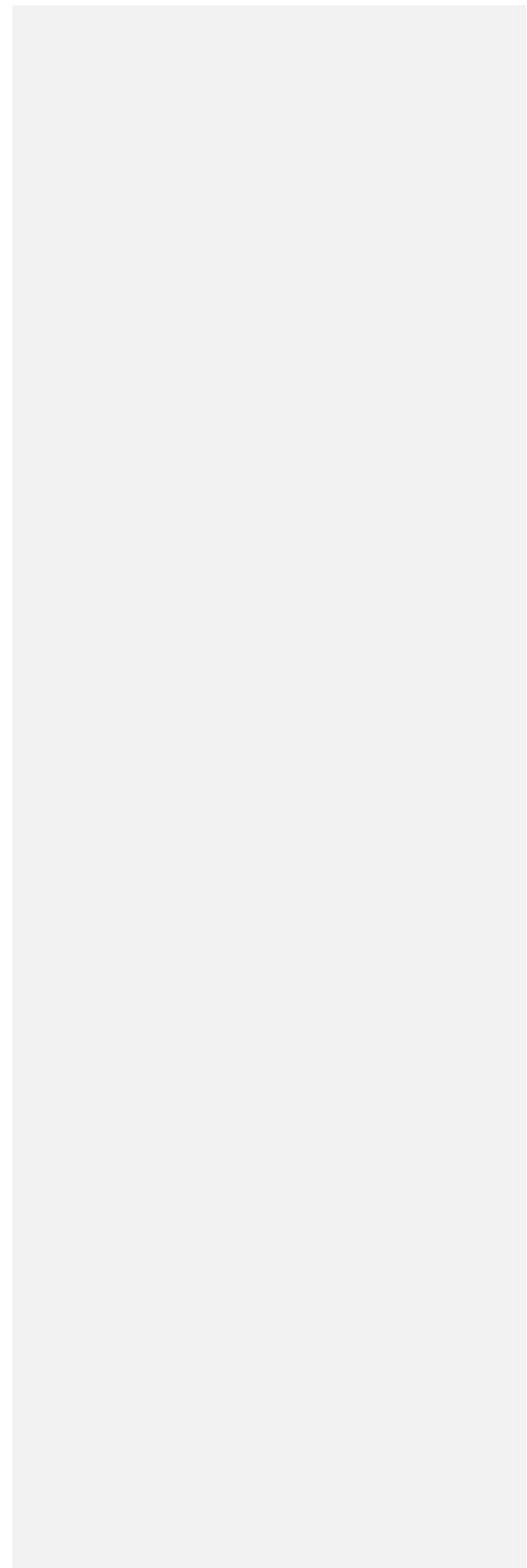
2019

Nota de aceptación:

Ing. Miguel Ángel Urían Tinoco

Esp. En Gerencia de Mantenimiento

Orientador



Introducción

El mantenimiento solía ser una actividad básica dentro de las empresas, una obligación e incluso, en algunas el proceso era omitido. Con el paso del tiempo y el enfoque de las nuevas estrategias de mantenimiento, se empezó a posicionar como uno de los ejes fundamentales, planteando una mejora y aumento de la producción cuantificado en la eficiencia y eficacia del servicio o producto; para lograr el objetivo se requieren una serie de herramientas para que su desarrollo, su administración y aplicación sea posible. Estas herramientas, son el fundamento para fijar los parámetros en la organización y marcar un curso en los programas de mantenimiento.

En resumen, el mantenimiento es un conjunto de actividades que se realizan a equipos, sistemas, con el fin de predecir, prevenir o corregir fallas, logrando que continúen funcionando adecuadamente para prestar el servicio por el cual fueron diseñados. Podemos decir que si se logra llevar el mantenimiento en una justa medida podemos obtener las menores pérdidas en producción por fallas o sobre-mantenimiento.

Resumen

Título: Diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en RCM aplicado al sistema adblue en los Blue Bird euro4.

Autores: Ing. Karina Alejandra López

Ing. Ivan Barbosa

Ing. Diego Fernando Ruge

Palabras clave: rcm, adblue, mantenimiento preventivo.

Contenido:

El siguiente trabajo de grado es un análisis realizado en el sector automotriz, específicamente en Buses del sector público; esta publicado con la intención de proporcionar información respecto al manejo adecuado del mantenimiento, en sistemas Adblue en buses Blue Bird tecnología euro 4 y servir de guía para planear y programar actividades adecuadas basadas en RCM. Enfocados en obtener disponibilidad y confiabilidad disminuyendo el número de varados y buses inoperativos debidos a fallas relacionados con este sistema, adicional garantizar una disminución de emisiones contaminantes al medio ambiente.

Abstract

Title: Design of a preventive maintenance plan based on rcm applied to the adblue system in the blue bird euro4

Authors: Ing. Karina Alejandra López

 Ing. Ivan Yesid Barbosa

 Ing. Diego Fernando Ruge

Key words: rcm, adblue, preventive maintenance.

Content:

The following monograph is an analysis carried out in the automotive sector, specifically in Buses of the public sector; It is published with the intention of providing information regarding the proper management of maintenance, in Adblue systems in Blue Bird technology Euro 4 buses and to serve as a guide to plan and program appropriate RCM-based activities. Focused on obtaining availability and reliability reducing the number of stranded and inoperative buses due to failures related to this system, additional guarantee a reduction of pollutant emissions to the environment.

Glosario

Indicadores: Desde una perspectiva general es importante señalar que es indispensable realizar cuadros que mediante adecuada elección de ratios internos de la función de mantenimiento, completados con cifras de la actividad industrial, permita controlar la eficacia de la función. En cualquier caso los indicadores deben hacerse diferenciar: Al seguimiento presupuesto de los costos, A los parámetros que dan una idea precisa del estado de los equipos (disponibilidad, nivel de calidad, otros). A la actividad y eficacia del personal de mantenimiento, en sus acciones, sobre todas las preventivas y las correctivas, en su facultad para reducir el tiempo de intervención. A los ratios de estructuras, con relación a los activos. Al ratio mantenimiento correctivo- mantenimiento preventivo. Los indicadores deben hacer referencia a los costos directos de mantenimiento como a los costos debidos a la no-disponibilidad de los equipos de producción, cuya responsabilidad encubre al mantenimiento. (Duffuaa, 2002)

Inspección. El proceso de medir, examinar, probar calibrar o detectar de alguna otra forma cualquier desviación con respecto a la desviación. (Duffuaa, 2002)

Especificaciones Técnicas: Conjunto de normas, exigencias y procedimientos que se deben realizar y que son aplicados a la fabricación de equipos.

Disponibilidad: Es la probabilidad de que un activo físico funcione normalmente en cualquier momento del tiempo, cuando se opera bajo condiciones especificada. La compañía maneja el concepto de disponibilidad de flota, y al no soportar esta disponibilidad frente a sus clientes, las consecuencias son económicas.

Confiabilidad: Se dice que la confiabilidad es la probabilidad de que un activo físico se desempeñe satisfactoriamente cumpliendo con su función durante un período de tiempo y bajo

condiciones previamente especificadas, utilizando técnicas, herramientas, métodos que me ayuden a que los elementos y componentes no fallen para alcanzar alta eficiencia. (htt3)

Mantenibilidad: es un concepto el cual me permite determinar la cantidad de esfuerzo físico, económico, etc. Necesario para conservar el funcionamiento en un activo adquirido si es rentable o no para una organización. (htt2)

Mantenimiento: Es un conjunto de acciones, tareas necesarias para mantener cualquier activo físico, y que este continúe haciendo su función para lo que fue adquirido en su contexto operacional. (Rojas)

Mantenimiento Preventivo.: Es un proceso desarrollado y aplicado a un activo físico el cual involucra, tareas, actividades, con el objetivo de mantener y garantizar que el activo continúe realizando su función para el cual fue adquirido, garantizando que la realice en los límites establecidos de funcionamiento, ya sea realizando algunos ajustes, o el cambio de alguno de sus elementos. (Rojas)

Mantenimiento Correctivo: Es un conjunto de actividades que se deben realizar a una activo físico, el cual por consecuencia de alguna falla ha dejado de cumplir con el servicio requerido esperado. Y deja de cumplir con su función principal para el cual fue adquirido. (Rojas)

Mantenimiento Predictivo: Es una serie de tareas, actividades de seguimiento de desgaste y estado de piezas las cuales me permiten anticiparme a una falla, en un elemento que conforma un activo físico, utilizando algunas técnicas que me permitan determinar el punto exacto de cambio. (Rojas)

Ciclo de vida: Son las diferentes etapas por la que pasa cualquier activo físico, el cual empieza con la etapa de instalación, diseño; continua con la etapa de puesta en marcha, la etapa 3 es mantenibilidad del activo, y la última etapa es la de descarte, fin de su vida útil. (Rojas)

Sistema Adblue: En un sistema utilizado en motores diesel para garantizar la depuración de gases contaminantes para proteger el medio ambiente, mediante una disolución de urea. (Fidalgo, 2018)

Urea: es una sustancia química tóxica. La exposición a los cristales de urea puede provocar ardor en la garganta y los pulmones. Por otra parte, la urea es combustible. (Fidalgo, 2018)

Depósito de Urea: Es un recipiente plástico, normalmente de unos 25 litros de capacidad, para 25000 km. (Fidalgo, 2018)

Inyector de urea: Es un dispositivo insertado en el tubo de escape y antes del catalizador, pulveriza la cantidad precisa de urea para que tenga lugar la reacción química. (Fidalgo, 2018)

Unidad de control: Es un componente del procesador (centralita), la cual debe calcular la cantidad de urea necesaria en cada momento para que la reacción sea estequiométrica (es decir, que todas las moléculas reaccionen sin que sobren de una o de otra). Esta centralita, además, deberá informar al conductor sobre la cantidad que queda en el depósito de urea y recomendar el repostaje del aditivo antes de que se agote. (Fidalgo, 2018)

NOX: Símbolo químico el cual nos indica los diferentes compuestos químicos con Nitrógeno, Oxígeno en su combinación. (Fidalgo, 2018)

Orden de trabajo. Es una instrucción por escrito que especifica el trabajo que debe realizarse, incluyendo detalles sobre refacciones, requerimientos de personal, etc. (Moubrey., John, 1997)

Plan De mantenimiento: Conjunto de tareas planeadas, las cuales comprende actividades, recursos y procedimientos necesarios para llevarlo a cabo en un activo físico, en un tiempo determinado el cual debe estar direccionado al costo-beneficio de la organización. (htt3)

Reparación general. Es un examen completo que se debe realizar a una máquina o equipo con la intención de garantizar el restablecimiento del equipo, o una parte importante del mismo, a una condición aceptable. (Duffuaa, 2002)

1. Contenido

2.	Título del Proyecto	14
3.	Problema de investigación	14
3.1	Descripción del problema	14
3.2	Planteamiento del problema	14
3.3	Sistematización del problema	15
4.	Objetivos de la Investigación	16
4.1	Objetivo General.....	16
4.2	Objetivos específicos	16
5.	Justificación y Delimitación De La Investigación	17
5.1	Justificación	17
5.2	Delimitación	18
5.2.1	Razones y criterio basado para realizar el presente estudio	18
5.3	Limitaciones	19
5.3.1	Limitación de tiempo	19
5.3.2	Limitación de presupuesto	19
5.3.3	Limitación geográfica	19
6.	Marco Conceptual	21
6.1	Estado del arte	21
6.1.1	Estado del arte local	21
6.1.2	Estado del arte Nacional.....	23
6.1.3	Estado del arte Internacional	25
6.2	Marco Teórico	27
6.2.1	Mantenimiento Predictivo	28
6.2.2	Mantenimiento Preventivo	30
.....	31
6.2.3	Mantenimiento productivo total (TPM)	31
6.2.3.1	Los objetivos de un TPM.....	32
6.2.4	Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM).....	33
6.2.4.1	Funciones y niveles de desempeño.....	35
6.2.5	Sistema de reducción catalítica selectiva SRC.....	37
6.2.5.1	Sistema de admisión de aire	39
6.3	Marco normativo	48

6.4	Marco histórico.....	49
7.	Marco metodológico	51
7.1	Recolección de la Información.....	51
7.1.1	Tipo de investigación	51
7.1.2	Fuentes de obtención de la información.....	52
7.1.3	Herramientas	53
7.1.4	Metodología de la investigación	53
7.1.5	Recopilación de la información.....	55
7.2	Análisis de la información.....	59
7.2.1	RCM II, Análisis de criticidad	61
7.2.2	RCM II Hoja de información	62
7.2.3	RCM II Hoja de decisión.....	63
7.2.4	Diagrama de decisión.....	63
7.3	Propuesta de solución	64
7.3.1	Hoja de decisión Unidad de Dosificación SRC (Anexo).....	64
8.	Resultados Esperados.....	65
8.1	Plan de Mantenimiento Preventivo.....	67
8.2	Proyección de disponibilidad de flota con RCM II.....	68
9.	Análisis Financiero.....	69
9.1	Retorno sobre la inversión (ROI)	69
9.2	Cálculo sobre el Retorno de la Inversión ROI.....	71
10.	Conclusiones y Recomendaciones	72
10.1	Conclusiones.....	72
10.2	Recomendaciones	73
11.	Bibliografía.....	74

Tablas

TABLA 1. MUESTRA PÉRDIDA DE POTENCIA 2017	56
TABLA 2. GRÁFICA DE VARADOS.	56
TABLA 3. GRÁFICA DE FALLAS	59
TABLA 4. PARETO DE ALIMENTADORES POR SEMANA	60
TABLA 5. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 6. GRÁFICA FALLAS EN SISTEMAS	62
TABLA 7. TOP CRÍTICOS.	61
TABLA 8. DIAGRAMA DE DECISIÓN(NELSON ROJAS)	63
TABLA 9. HOJA DE DECISIÓN UNIDAD DE DOSIFICACIÓN SRC; (NELSON ROJAS)	68
TABLA 10. HOJA DE DECISIÓN RCM II UNIDAD DE DOSIFICACIÓN SCR	65
TABLA 11. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO; (ROJAS)	72

Ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 LEY DE DEGRADACION INVESTIGADA; (HTT4)	31
ILUSTRACIÓN 2. PILARES TPM; (ROJAS)	32
ILUSTRACIÓN 3. VISIÓN DE INTERVALO FIJO EN LAS FALLAS; (MOUBRAY J. , 1991)	35
ILUSTRACIÓN 4. SISTEMA DE REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA SRC; (HTT5)	38
ILUSTRACIÓN 5. CONDUCTO DE ADMISIÓN DE AIRE; (HTT5)	40
ILUSTRACIÓN 6. SISTEMA DE FRENOS DE AIRE; (BLUE BIRD, S.F.)	43

2. Título del Proyecto

Diseño de Plan de Mantenimiento Preventivo basado en RCM aplicado al sistema Adblue en los BLUE BIRD Euro 4.

3. Problema de investigación

3.1 Descripción del problema

El SITP dentro de sus funciones en el transporte masivo de pasajeros atiende rutas alimentadoras que llevan a los usuarios desde y hasta la flota troncal, las interrupciones en la prestación de este servicio pueden generar desde el trasbordo de usuarios hasta el colapso del sistema en un sector específico. Actualmente se cuenta con una flota de 103 buses marca BLUE BIRD, la cual realiza un promedio de 25 servicios diarios por bus. Se evidencia que semanalmente un aproximado de 18 buses presenta novedades por pérdida de función debidas a diferentes causas. La pérdida de potencia en los buses marca BLUE BIRD euro 4, alimentadores de la empresa Consorcio Express S.A.S. es una de las causas más relevantes la cual afecta en un promedio de 2 buses diarios, lo que corresponde a más del 35% de los varados mensualmente.

3.2 Planteamiento del problema

- ¿Cuál es la metodología de mantenimiento más adecuada para solucionar los problemas de potencia en los buses marca BLUE BIRD?

3.3 Sistematización del problema

- ¿Cuál es la mayor afectación en la disponibilidad de los buses marca BLUE BIRD euro4, alimentadores de la empresa Consorcio Express S.A.S.?
- ¿Cómo mejorar el indicador de disponibilidad de los buses marca BLUE BIRD euro4, alimentadores de la empresa Consorcio Express S.A.S.?
- ¿Por qué es importante realizar mantenimiento preventivo basado en RCM?

4. Objetivos de la Investigación

4.1 Objetivo General

- Realizar un plan de Mantenimiento basado en la metodología RCM para el sistema de Adblue de los buses de marca BLUEBIRD Euro 4 pertenecientes a la flota alimentadora del portal 20 de Julio operados por la Empresa Consorcio Express S.A.S.

4.2 Objetivos específicos

- Realizar un análisis de buses alimentadores marca BLUEBIRD afectados por pérdida de potencia relacionada con el sistema de Adblue
- Elaborar el análisis de criticidad al sistema de adblue de los buses alimentadores marca BLUEBIRD.
- Proponer un plan de Mantenimiento óptimo y eficiente basado en los análisis mencionados anteriormente.

5. Justificación y Delimitación De La Investigación

5.1 Justificación

Durante los 5 años del sistema integrado de transporte de la ciudad de Bogotá en su fase 3, la empresa Consorcio Express SAS ha enfocado sus esfuerzos en ser una de las empresas líderes del sistema masivo de pasajeros, en cuanto a calidad de servicio, seguridad, amigable con el medio ambiente y disminución de costos en su operación enfocando sus recursos a la disminución de costos de sus activos. Garantizando la disponibilidad y confiabilidad de los mismos, siendo una empresa auto-sostenible para el beneficio del negocio y partes interesadas. Se ha evidenciado en este tiempo de operación de la compañía que uno de los problemas que genera mayor costo en mantenimiento y grandes pérdidas en cuanto cumplimiento de disponibilidad y confiabilidad de la flota, además de afectar el buen nombre de la compañía. Es la pérdida de potencia de los vehículos marca BLUE BIRD tecnología EURO 4, los cuales desempeñan y centran su operación en patio 20 de Julio cumpliendo con exigentes rutas en el modo alimentación, para el transporte masivo de pasajeros.

Todo esto basado en la recolección y análisis de los datos históricos de mantenimiento, que reflejan el estado actual de la flota. Enfocados en los análisis de las fallas generadas en el sistema de Adblue. Para llegar a determinar acciones correctivas que aumenten la confiabilidad y disminuyan los costos de mantenimiento generados por problemas de potencia en la flota, se requiere enfocar la metodología usada en fundamentos claros que permitan definir cuantitativamente - cualitativamente cada repuesto, servicio, mano de obra y su relación. Para

determinar qué plan de mantenimiento es el más adecuado para cumplir con los objetivos de la compañía y tener la capacidad de dar respuesta a la operación.

5.2 Delimitación

El proyecto se desarrolla en las instalaciones de Consorcio Express S.A.S ubicado en el Barrio 20 de Julio Cra 3 # 17 a Sur 71, empresa del sistema integrado de Bogotá. En un intervalo de tiempo transcurrido entre marzo de 2018 y finales del mes de Junio del años 2018.

5.2.1 Razones y criterio basado para realizar el presente estudio

Económicas: Las paradas inesperadas a causa de fallas, son más costosas, golpean directo la utilidad del negocio, generalmente se acompañan de gastos no estimados y no consecuentes con la operación, ya que la rentabilidad o ingresos de la compañía depende de los kilómetros recorridos. Esto está generando que la compañía no cumpla uno de sus objetivos de ser auto sostenible.

Ambientales: En los buses se puede evitar afectaciones severas del entorno cuando se previene a tiempo y se identifican las fallas probables como; las fugas de líquidos, derrames de hidrocarburos, recalentamiento en motores, cambio de repuestos y generalmente cuando no se disponen de forma adecuada los elementos cambiados o retirados, solamente se concentra en dejar nuevamente el equipo en funcionamiento.

Legales: Generalmente las fallas y falta de disponibilidad que afecten la movilidad en la ciudad implican multas y faltas graves de los términos contractual con Transmilenio, de no ser apeladas a tiempo generan pérdida de recursos económicos.

5.3 Limitaciones

5.3.1 Limitación de tiempo

El desarrollo de este proyecto se efectuará durante 4 meses desde el momento que surgió la idea y se realiza el planteamiento del problema, hasta la propuesta de implementación de un plan de Mantenimiento Preventivo basado en RCM como entrega del proyecto.

5.3.2 Limitación de presupuesto

El desarrollo de la investigación será ejecutada con recursos destinados por la compañía. La aplicación o no aplicación del plan de Mantenimiento Preventivo queda a discreción de la organización CONSORCIO EXPRESS S.A.S.

5.3.3 Limitación geográfica

La empresa prestadora servicio de transporte de pasajeros CONSORCIO EXPRESS S.A.S, cuenta con varios patios de mantenimiento y centro de inicio de operación dentro de la

ciudad de Bogotá D.C. Por la cantidad de rutas que cubre la empresa, este proyecto se realizara en patio 20 de Julio de la compañía.

6. Marco Conceptual

6.1 Estado del arte

Mediante el apoyo de algunas referencias, monografías ,tesis de grado, trabajos de investigación, artículos de investigación de la Universidad Ecci, Universidades locales y del exterior, se busca mejorar el enfoque, enriquecer los conceptos , y tomar ideas que permitan nutrir el trabajo según los principios básicos que se deben tener en cuenta para diseñar un plan de Mantenimiento Preventivo en la Unidad de Adblue de un Bus alimentador marca Blue Bird Euro 4, que opera en la zona 20 de Julio y alrededores en la ciudad de Bogotá.

6.1.1 Estado del arte local

En la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales – ECCI, en el año 2012 ,fue presentada una tesis en la Especialización Gerencia de Mantenimiento para acceder al título especialista, denominado “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para herramientas de corte de mármol” el cual fue realizado por los Ingenieros Rubén Darío Forero López y Gabriel García Cifuentes, en el cual buscaron disminuir las falencias en todos los sectores del área de mantenimiento de los equipos de corte de mármol ,como alternativa de proyección de la empresa, la cual está dirigida para aumentar su productividad y ser competitiva . A partir de lo anterior se puede aplicar los 5 niveles que debe tener un plan de mantenimiento para la presente investigación, lo cual permite garantizar la confiabilidad y disponibilidad de flota alimentadora. Que opera en zona 20 de Julio de la ciudad de Bogotá. (Cifuentes & López, 2012).

En la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales, en el año 2012, se presenta la tesis de grado: “Propuesta de utilización de RCM (Reliability Centred Maintenance) como herramienta para aumentar la confiabilidad y disponibilidad en los buses articulados del sistema transmilenio”; Para acceder al título de especialista en Gerencia de Mantenimiento, trabajo realizado por los Ingenieros José Santos Hernández Prieto y Oscar Molano Ávila, con el objetivo de que contribuya a incrementar los niveles de confiabilidad y disponibilidad de la flota de buses articulados de dos operadores del Sistema Transmilenio, esto debido a las continuas quejas por parte de los usuarios con relación a la baja calidad del servicio y a las condiciones operacionales de los equipos. Proponen una revisión para cada uno de los sistemas y subsistemas del vehículo basados en los lineamientos de la metodología del RCM. (Prieto & Molano, 2012).

En el 2012, la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales presentan la tesis de grado en la especialización en Gerencia de Mantenimiento, para acceder al título especialista titulada: “Propuesta de aplicación de RCM en buses articulado volvo B12M” trabajo realizado por los Ingenieros William Antonio Jaimes Jaimes y Edgar Andrés Bernal Vargas, los cuales presentan una propuesta de un plan de mantenimiento para los Motores Diésel de los vehículos Volvo B12M para la compañía Transmasivo, con el objetivo de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los vehículos dentro la operación de las troncales de Transmilenio. Ellos nombran en uno de sus objetivos, que la compañía Transmasivo tiene como meta a corto plazo adquirir nuevos equipos a los cuales aplicaran esta herramienta de RCM , con el objetivo de definir una buena estructura de mantenimiento, reduciendo los costos de mantenimiento y establecer un presupuesto anual. (Vargas & Jaimes, 2012).

En la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales – ECCI, en el año 2010, presentan un trabajo de tesis en la Especialización Gerencia de Mantenimiento para acceder al

título especialista, “Plan de mantenimiento preventivo para flota de vehículos de la empresa tractocarga” trabajado hecho por los Ingenieros Leída Milena López Flórez y Fidel Alexander Ballesteros Benítez, propuesta con la cual buscan minimizar y disminuir las posibles fallas que presentan actualmente en todos los sectores del área de mantenimiento, las cuales afectan en gran manera la disponibilidad de los vehículos incrementando de gran manera los costos de mantenimiento debido a los retrocesos y tiempos muertos. (Florez & Benitez, 2010).

En la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales-ECCI, en el año 2011 presentan la tesis de grado en la especialización en Gerencia de Mantenimiento, para acceder al título especialista titulada: “Modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (rcm), para una máquina prensa para la fabricación de clavos ” trabajo realizados por los Ingenieros Juan Camilo Pimiento Páez, Jhon Alejandro García, e Iván Fernando Prieto, los cuales presentan una propuesta para una empresa manufacturera, un modelo RCM, para mejorar los indicadores de mantenimiento mediante esta herramienta , que busca la fiabilidad y sostenibilidad del proceso (García, 2011).

6.1.2 Estado del arte Nacional

En la Universidad de Cartagena, en el año 2012, presentan la tesis de grado para la especialización para optar por el título Administrador Industrial, para acceder al título especialista titulada: “Diseño de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast ” trabajo realizados por los Administradores Industriales Jorge Luis Valdés Atencio y Erick Armando San Martín Pacheco, los cuales presentan una propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos de la empresa Remaplast dedicada a la fabricación de

tubos PVC y accesorios ,enfocado a prestar un excelente servicio y producir productos de excelente calidad . A partir de lo anterior se puede aplicar un plan de mantenimiento para la presente investigación, lo cual nos permite garantizar la confiabilidad y disponibilidad de flota alimentadora. Que opera en zona 20 de Julio de la ciudad de Bogotá. (Atencio & Pacheco, 2012).

En la Universidad Industrial de Santander, en el año 2012 presentan la monografía de grado para la especialización para acceder al título Especialista en Gerencia de mantenimiento, titulada: “Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de una empresa petrolera” trabajo realizados por la ing. Adriana María Ruiz Acevedo, La Composición teórica de la monografía inicia con una breve investigación de los antecedentes en la aplicación, operación y participación .Los resultados obtenidos para Hocol luego de la implementación, van desde aumento en la disponibilidad global, disminución de pérdidas y cambio cultural en todo el campo donde se aplicó el proyecto. La cual se podría aplicar para garantizar confiabilidad y disponibilidad de la flota BlueBird que opera en la zona 20 de Julio de la ciudad de Bogotá. (Acevedo, 2012).

En el 2014, la Universidad Autónoma del Caribe presentan la tesis de grado para la especialización para optar por el título de Ingeniero Mecánico, para acceder al título especialista titulada: “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa l&l ” trabajo realizado por Administradores Industriales Camilo Ernesto Buelvas Díaz y Kevin Jair Martínez Figueroa, los cuales presentan una propuesta de un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada de la empresa L&L dedicada al alquiler de maquinaria pesada para la industria garantizando la disponibilidad de los mismos cuando los clientes la requieran. A partir de lo anterior se puede aplicar un plan de mantenimiento para la presente investigación, lo cual

nos permite garantizar la confiabilidad y disponibilidad de flota alimentadora. Que opera en zona 20 de Julio de la ciudad de Bogotá. (Díaz & Figueroa, 2014).

En el 2011, la Universidad Tecnológica de Bolívar presentan la tesis de grado para la especialización para optar por el título de Ingeniero Mecánico, para acceder al título especialista titulada: “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en rcm para los equipos y vehículos de Dinacol s.a. ” trabajo realizados por el señor Marco Antonio Cárdenas Maza, el cual presenta una propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en RCM para equipos y vehículos de la empresa Dinacol S.A. dedicada a ofrecer servicios de ingeniería para el sector marítimo en los diferentes sectores (construcciones, montajes, reparaciones, certificaciones y control de calidad). A partir de lo anterior se puede aplicar un plan de mantenimiento para la presente investigación, lo cual nos permite garantizar la confiabilidad y disponibilidad de flota alimentadora. Que opera en zona 20 de Julio de la ciudad de Bogotá. (Maza, 2011).

6.1.3 Estado del arte Internacional

Los Ingenieros Pedro L. Hernández, Miguel Carro, y Juan Montes De Oca, De la universidad de Cuba, en el año 2007, hicieron un trabajo de Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. El desarrollo del mismo fue ejecutado sobre la base de los datos de fallas y valores económicos. En el trabajo se aplicó la metodología que brinda el diagnóstico integral para la introducción del mantenimiento basado en la condición, la cual fue fundamental en la obtención de la relación fallas y variables. (Hernández, 2007).

Los estudiantes Paúl Marcelo Iglón Buitrón y Diego David Chávez Guerra, en el año 2013 con su tesis “Implementación del servicio de mantenimiento preventivo express para vehículos livianos en el concesionario Hyundai Merquiautol”, Valle de los Chillos, buscan no solo optimizar los procesos de mantenimiento, sino también los procesos administrativos (facturación, recepción, entrega de vehículos, etc), y así obtener un mejor rendimiento en un tiempo menor. Para la realización de esta monografía, sacamos información valiosa de como optimizar también los procesos en la parte administrativa, la cual se tendrá en cuenta para futuros proyectos (Iglón Buitrón, 2014)

En el año 2007, el Ingeniero Álvaro Eduardo Pesantez, De la Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil-Ecuador elaboro una tesis titulada “Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en función de la criticidad de los equipos del proceso productivo de una empresa empacadora de camarón”. Para la obtención del título Ingeniero Industrial. El desarrollo del mismo fue ejecutado a razón de un análisis de la situación actual de la empresa, empezando por conocer su proceso productivo, seguidamente establecer cuál es la etapa de mayor importancia y cuáles son los equipos involucrados y más críticos. (Pesantez, 2007).

En el año 2010 los estudiante Martín Dacosta Burga con su tesis “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción”, Lima, Perú, En esta tesis primero se realizó una adecuada identificación de los problemas que nos dificultan la maximización de la función de los motores a gas de dos tiempos a través del Análisis de modo, fallas, causas y efectos (AMEF). Se puede aplicar la optimización de mantenimiento preventivo, implementación de mantenimiento predictivo para la presente investigación. (Burga M. D., 2010).

En el año 2011 los estudiante Martín Dacosta Burga con su tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento basado en tecnología RCM para el área de servicio de la empresa Cargill de Venezuela S.R.L, planta Catia la mar”, Camurí, Venezuela, En esta tesis El trabajo realizado en la empresa Cargill de Venezuela, planta Catia la Mar tiene como finalidad actualizar y revisar la metodología de Mantenimiento Basado en confiabilidad o RCM por sus siglas en inglés, la cual consiste en llevar a cabo una serie de pasos para crear un plan de mantenimiento confiable que le permita a la empresa aprovechar al máximo los recursos y contar con la máxima disponibilidad de los equipos. Se puede aplicar la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad RCM para la presente investigación. (Burga M. D., 2011)

6.2 Marco Teórico

El presente numeral pretende plasmar los conceptos básicos en los que se enmarca la propuesta, se inicia con la teoría del Mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, Mantenimiento productivo total (TPM), Mantenimiento basado en confiabilidad RCM, Funciones y niveles de desempeño, Fallas funcionales, Modos de fallas, Efectos de las fallas, Consecuencias de las fallas, Sistema de reducción catalítica selectiva SRC, Sistema de admisión de aire, Sistema de combustible, Sistema Neumático, Sistema adblue, Principio de funcionamiento, Dispositivos Auxiliares, Depósito de aditivo, Dosificador, Marco normativo y Marco histórico.

6.2.1 Mantenimiento Predictivo

Este mantenimiento consiste en el seguimiento de variables de funcionamiento, el comportamiento de dichas variables permite establecer mediante el análisis de su comportamiento la proximidad de un fallo, reduciendo la probabilidad de eventos graves. El mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros y asociarlos a la evolución de fallos, para poder determinar el periodo de tiempo, en el que ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así determinar, planificar las posibles intervenciones con suficiente tiempo, para evitar al máximo consecuencias graves que afecten su función principal.

Una de las principales ventajas de la aplicación de esta práctica es que no altera el funcionamiento de la planta, es decir se puede aplicar sobre la marcha. De acuerdo a los recursos dispuestos para su aplicación se puede desarrollar la toma de datos de manera periódica o continua, la mayoría de veces la situación es aplicable teniendo en cuenta el sector económico de la organización, el tamaño de la organización y el nivel de madurez de la gestión del mantenimiento.

Ventajas del mantenimiento Predictivo:

- Reducción del Tiempo medio para reparar MTTR
- Establece la condición del componente en el periodo de seguimiento.
- Mejoramiento de la planeación de los recursos del área.
- Optimización del tiempo de ocupación del personal de mantenimiento.
- Aporta a la conservación de la documentación y el seguimiento del ciclo de vida del activo.

- Mejora el proceso de toma de decisiones sobre la parada de activos o líneas en momentos críticos.
- Orienta la inversión en adquisición o restauración de activos a partir del seguimiento de la condición de los mismos.

La mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera de su fallo antes de que ocurra (Gómez de León, 1998), de ahí se mencionan las técnicas que se utilizan para realizar los mantenimientos predictivos:

- El Análisis de vibraciones, es la técnica estrella dentro del mantenimiento predictivo, considerada por muchos.
- Análisis y pruebas de termografías
- Análisis y prueba de aceites.
- Análisis y pruebas de ultrasonidos.
- Análisis y pruebas de humo de combustión.
- Control de espesor en los equipos estáticos.
- Tintas penetrantes.

Para la falla a estudiar no hemos identificado una técnica de mantenimiento predictivo a utilizar, con la teoría consultada durante el texto se establecerá que filosofía es más conveniente emplear para la empresa a trabajar (Gómez de León, 1998).

6.2.2 Mantenimiento Preventivo

Esta metodología de mantenimiento es una de las más usadas a nivel industrial y se puede decir que es la base para el desarrollo de cualquier programa de mantenimiento, este se puede desarrollar acorde a las indicaciones del fabricante, la experiencia de los técnico, teniendo en cuenta la literatura o la existencia de casos o simplemente usando el comportamiento histórico de la instalación. La periodicidad de la intervención en mantenimiento preventivo se hace teniendo en cuenta las variables de tiempo o ciclos de trabajo, acorde a esto se busca determinar el parámetro o el periodo en el cual el componente puede presentar fallo y se genera una intervención previa ya sea para cambio, lubricación, inspección, limpieza o ajuste, esto lleva a generar la relación:

Detección precoz = Corrección preventiva

La organización dentro del proceso de gestión de mantenimiento debe hacer evidente una política en la cual defina como hacer las siguientes actividades:

- La gestión de documentación técnica.
- Preparación de las intervenciones preventivas.
- Ajuste de los programas de producción y mantenimiento para la intervención de los activos.

Una forma adecuada de establecer la periodicidad del mantenimiento es usar curvas que determinen el comportamiento de los componentes en la ilustración uno se tiene un ejemplo de esto.

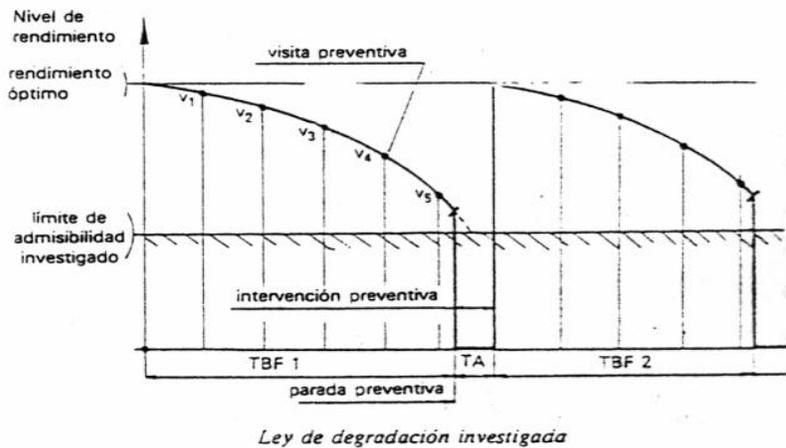


Ilustración 1 Ley de degradación investigada; (htt4)

6.2.3 Mantenimiento productivo total (TPM)

Según conceptos vistos en la clase con el profesor Nelson Rojas, es un tipo de metodología organizacional y gerencial con un involucramiento total de todas las áreas que conforman una organización; con el objetivo principal de incrementar la productividad de la misma., siendo competitiva, exitosa y siempre buscando apertura económica, basándose en unas buenas técnicas de gestión basándose en la metodología Japonesa para optimización del mantenimiento.

Esta metodología se fundamenta en lograr “cero” en los siguientes aspectos:

- Cero Accidentes
- Cero Averías “inesperadas”
- Cero defectos de calidad
- Pilares del TPM

Estas herramientas son las ideales y reales de implementación de la metodología, es decir; una organización que afirme que está desarrollando TPM, en realidad lo que hace es implementar sus pilares. Existen 8 pilares en el TPM los cuales están enfocados en mejorar las áreas o aspectos de una compañía, cada pilar tiene sus etapas de desarrollo las cuales son secuenciales y sistemáticas. (Rojas)

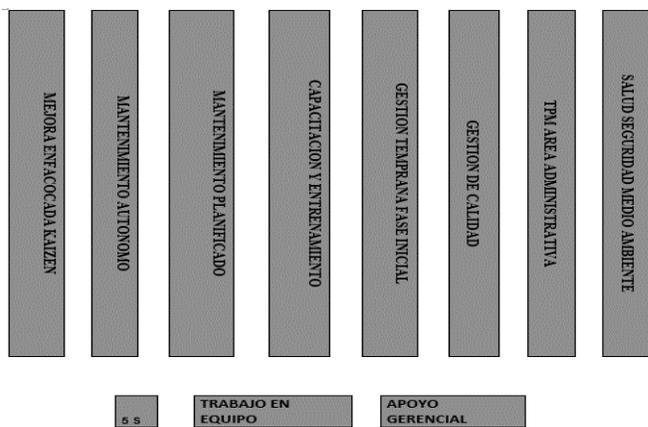


Ilustración 2. Pilares TPM; (Rojas)

6.2.3.1 Los objetivos de un TPM

- Elevar los indicadores de Gestión y gestionar el ciclo de vida del activo.
- Estimar las actividades que garanticen el ciclo de vida del activo, sus sistemas y componentes.
- Involucrar todas las áreas relacionadas con la gestión del equipo.
- Mejorar las condiciones de ambiente laboral dentro de la organización.

- Aportar al cumplimiento de los requerimientos del cliente y a la reducción de los desperdicios dentro de la organización.

6.2.4 Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM)

El ingeniero Mario Troffe en su análisis ISO 14224/ OREDA elaboró la siguiente definición sobre el RCM (Maintenance Centred Realibility): “metodología de análisis sistemática, objetiva y documentada, que puede ser aplicada a cualquier tipo de instalación industrial; útil para el desarrollo u optimización de un plan de mantenimiento. Analiza cada sistema y como estos pueden fallar funcionalmente.” (p.1). El mismo autor también explica que de acuerdo con el impacto en la seguridad, operación y costo, los efectos de cada falla son clasificados.

Por consiguiente, el objetivo principal RCM es garantizar la función que realizan los equipos, más que los equipos mismos, así que los esfuerzos de mantenimiento deben ir dirigidos a garantizar el cumplimiento de la función de los mismos. Es decir, lo que interesa desde el punto de vista productivo es la función desempeñada por la máquina, lo cual implica que el RCM busca optimizar las condiciones de funcionamiento de los equipos para que cumplan con su función, mas no busca que los equipos funcionen como nuevos. También envuelve tener conocimiento de las condiciones que interrumpen su funcionamiento. Por lo tanto, la RCM es una metodología estructurada basada en un árbol de decisiones, el éxito depende en gran parte de la experiencia de sus integrantes como también contar con datos de tasa de fallas y periodos de ocurrencia registrados. La división de sistemas y subsistemas de cada equipo es tan amplia como criterios puedan definir los integrantes del grupo.

De igual manera ocurre con la profundidad de análisis para cada modo de falla- causa de falla; solo limitada por el grado de detalle al cual el grupo oriente el análisis.

La metodología RCM se desarrolla bajo la respuesta a las preguntas generadas por el autor para el activo o sistema bajo seguimiento:

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares deseados de desempeño en el contexto operativo de este bien, sistema, equipo, activo?
2. ¿De qué manera o aspecto el activo no responde al cumplimiento de sus funciones?
3. ¿Que causa ocasiona cada falla funcional?
4. ¿Qué pasa cuando se produce cada falla en particular?
5. ¿De qué modo afecta el impacto de cada falla?
6. ¿Qué actividades, acciones proactivas pueden hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se cuenta con el plan de acción apropiado para cada modo de fallo?

(Troffé, 2013)

6.2.4.1 Funciones y niveles de desempeño

Según (John ,Moubray), previo a la aplicación del proceso, requerido para garantizar el funcionamiento y óptimo desempeño del activo o sistema se deben hacer dos actividades:

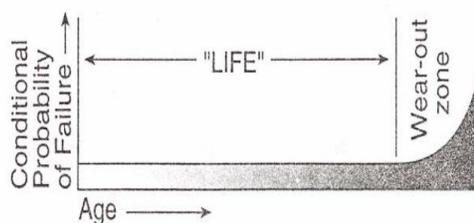


Ilustración 3. Visión de intervalo fijo en las fallas; (Moubray J. , 1991)

- Precisar la función que se requiere del sistema o el componente
- Garantizar que el bien sea capaz de ejecutar la función que se espera que cumpla.

La metodología define como paso inicial cual es la función que el bien está cumpliendo y cuál es el contexto operativo donde la cumple. Teniendo en cuenta lo establecido de manera teórica las funciones pueden ser av.

El primer paso del RCM es definir las funciones de cada bien en su contexto operativo actual del activo como también los estándares deseados de desempeño.

Las funciones que los clientes pretenden que sus bienes desempeñen eficazmente pueden dividirse en dos categorías: Funciones primarias que son las que desarrolla el equipo como fin de su adquisición (transformación, pintura, medición) y secundarias que hacen referencia a valores agregados adicionales del equipo (confort, seguridad, control, entre otras).

Alcanzar los objetivos estratégicos establecidos por la organización involucra el conocimiento de los activos y la adopción de metodologías que al ser aplicadas impulsen la consecución de los mismos, uno de los elementos que aportan en esta actividad es la identificación de los modos de falla, esta identificación está contenida en la metodología AMEF (Análisis de modos y efectos de fallo) la cual será tratada más adelante.

Al establecer los modos de falla, se identifica como falla el componente con lo cual se puede determinar de forma temprana cual es la consecuencia o consecuencias de la falla. Con esta información y de acuerdo a la minuciosidad del análisis se puede aplicar un estudio de criticidad estableciendo la relación de frecuencia por consecuencia de las fallas y determinar cómo en función de esto asignar los recursos disponibles de una manera más adecuada.

El RCM clasifica estas consecuencias en los cuatro grupos siguientes:

- **Consecuencias de fallas ocultas:** Estas fallas ocultas normalmente no causan ni tienen un efecto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples, con consecuencias serias y frecuentemente catastróficas. (La gran mayoría de estos fallos están asociadas con sistemas de protección, los cuales no son libres a fallos).
- **Consecuencias medioambientales y de seguridad:** Estas fallas traen consecuencias graves cuando puede dañar o causar la muerte, también traen consecuencias ambientales cuando se infringen las normas ambientales, corporativas, regionales, nacionales o internacionales.
- **Consecuencias operativas:** Este tipo de fallas traen un efecto de tipo operativo cuando afecta directamente la producción, rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente, costos directos de reparación, costos operativos, afectación en la disponibilidad y confiabilidad del área).

- **Consecuencias no operativas:** Estos modos de falla evidentemente no afectan ni tienen efecto directo en la seguridad, protección de tal manera que solo afecta los costos de reparación de los activos.

6.2.5 Sistema de reducción catalítica selectiva SRC

Los sistemas de Reducción Catalítica Selectiva (SCR) son de diferentes clases y varían teniendo en cuenta la casa matriz, en principio se componen por un depósito de AdBlue, un catalizador SCR, inyectores, un control de dosificación de producto y una disolución de urea al 32,5%, conocida en Europa con el nombre comercial de AdBlue.

AdBlue es un aditivo por lo cual usa un sistema para su funcionamiento, su función consiste en mezclarse con los gases de escape a partir del sistema de pulverización. El AdBlue es inyecta en el tubo de escape a la altura del colector, en este punto el rango de temperaturas es el adecuado para la descomposición del AdBlue (urea) en amoníaco y CO₂, cuando el NO_x reacciona con el amoníaco dentro del catalizador, las moléculas contaminantes de NO_x se convierten en vapor de agua y nitrógeno como se observa en la ilustración 4, ambas sustancias naturales en el medio ambiente con lo cual se logra reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente.

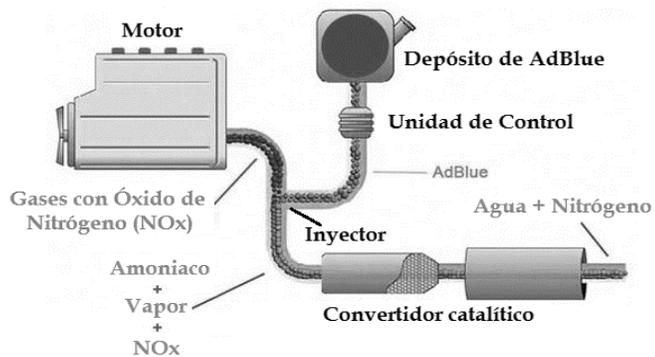


Ilustración 4. Sistema de Reducción Catalítica Selectiva SRC; (htt5)

El sistema SCR es de particular cuidado, el costo de mantenimiento es alto, por esto garantizar su óptimo funcionamiento e intervención es muy relevante dentro de la gestión de mantenimiento para las flotas de vehículos.

Funcionamiento de la tecnología SCR

El propósito del sistema SCR es reducir los niveles de NOx (óxidos de nitrógeno emitidos por el motor) que son dañinos para la salud y el medio ambiente. SCR es la tecnología de post-tratamiento que trata los gases de salida del motor. Pequeñas cantidades de Fluido para sistemas de Escape a Diesel (DEF) son inyectadas al flujo caliente de los gases de escape, donde se vaporiza y se descompone formando amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco (NH₃) es el producto que en conjunto con el sistema catalítico SCR, convierte los óxidos de nitrógeno (NOx) en Nitrógeno (N₂) y agua (H₂O). (Cummins Filtration, 2009)

6.2.5.1 Sistema de admisión de aire

El aire limpio es necesario para la combustión eficiente y el uso normal del motor. La admisión de aire fresco se ubica detrás del panel de acceso derecho al frente del autobús. El aire ingresa a través del conducto examinado al filtro del aire, montado a la derecha del radiador y al cual se puede acceder desde abajo del paragolpes delantero. El aire fresco pasa a través de la red de conductos que se dirigen al filtro de aire, en donde la suciedad, el polvo y otras partículas extrañas transportadas por el aire se encierran en el elemento del filtro de aire seco reemplazable.

El aire del filtro del aire ingresa a un conducto que se dirige a la parte de admisión del turbocompresor del motor, en donde se comprime en la tubería de admisión del enfriador de aire de carga. Comprimir el aire provoca que emita calor. El objetivo del sistema de aire de carga es eliminar este calor antes de que el aire comprimido ingrese al colector de admisión del motor. El enfriador de aire de carga es un componente similar al radiador montado directamente al frente del radiador de refrigerante del motor. A pesar de que los dos radiadores se montan como una unidad, estos son componentes de dos circuitos diferentes y no comparten el aire o el refrigerante.

El aire del ambiente se extrae mediante el ventilador del radiador a través de las aletas de refrigeración de ambos enfriadores. El aire de admisión refrigerado procede del CAC al colector de admisión en donde ingresa a las cámaras de combustión del motor bajo compresión. Esto aumenta el rendimiento del motor y reduce las emisiones debido a la combustión más eficiente del combustible Diesel. (Blue Bird, s.f.)

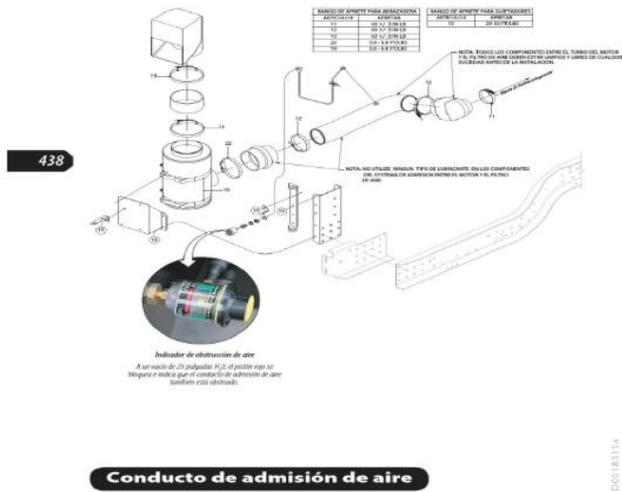


Ilustración 5. Conducto de Admisión de aire; (htt5)

6.2.5.2 Sistema de combustible

El tanque de combustible se monta entre los rieles del chasis y está recubierto para protegerlo de los impactos por un sistema de barreras con paneles de acero y vigas estructurales. El tanque de combustible entre los rieles está ubicado en el saliente trasero posterior al eje trasero. Todos los adaptadores de tuberías, cuellos de llenado y unidades de transmisión están montadas en la parte superior del tanque de combustible.

La filtración de combustible es crítico hoy en día para los motores Diésel modernos, que el combustible esté libre de contaminantes y humedad. El chasis está equipado con dos etapas de filtración de combustible, un filtro primario y uno secundario, cada uno con su propio elemento de reemplazo. El filtro primario está montado por Blue Bird entre el tanque y el motor

coincidiendo con el interior del riel del chasis izquierdo, y brinda la primera etapa de filtración en una escala aproximadamente 10 micrones. La segunda etapa de filtración se brinda mediante un filtro mucho más fino montado en el motor por el fabricante del motor. Un drenaje operado de forma manual se brinda para permitir que la humedad recolectada se expulse. (Blue Bird, s.f.)

6.2.5.3 Sistema Neumático

El sistema de aire proporciona y gestiona la presión de aire que opera principalmente en frenos, además de la suspensión de aire y/o de diversos accesorios de accionamiento neumático (parada, las puertas, la silla del conductor, unidad SCR). Un compresor de aire accionado por el motor montado en el motor funciona siempre que el motor está en marcha. Una presión de aire de aire del sistema, monitores gobernador y desactiva el compresor entre la carga (de bombeo) y descargar (no bombeo) modos para mantener el rango normal de presión de trabajo dentro de los tanques de almacenamiento de alimentación. Como el aire es comprimido, vapor de humedad tiende a condensarse dentro de los tanques de almacenamiento. Cada tanque está provisto de una válvula de drenaje de accionamiento manual montado ya sea en el tanque o de forma remota (de acuerdo a las características opcionales) para permitir la eliminación de la humedad acumulada.

Algunos autobuses están equipados con un secador de aire opcional montado cerca del tanque de suministro para ayudar a la recolección y la expulsión del exceso de humedad. Si es así equipada, aire desde el compresor pasa a través del secador de aire antes de pasar al tanque de suministro.

En los autobuses equipados con freno de aire accionado, la presión del aire del tanque de suministro se distribuye a dos circuitos separados; una alimentación principalmente de frenos traseros (circuito primario) y otros que alimentan principalmente frenos delanteros (circuito

secundario). Cada circuito tiene su propio tanque de almacenamiento dedicado que recibe la presión desde el tanque de suministro a través de una válvula de retención unidireccional. La válvula de pedal de freno (Válvula de pedal de freno de doble Bendix E-8P), controlado por el pedal de freno del conductor, recibe la presión tanto de los circuitos primario y secundario. La válvula de pedal controla directamente la presión y el volumen de aire suministrado a los frenos delanteros. Para los frenos traseros, la válvula de pedal solo proporciona una señal de presión, que acciona la válvula de relé R-12 un componente de los frenos de aire traseras conjunto de válvulas montadas a un travesaño del marco justo delante del eje trasero. La válvula del R-12 recibe la presión y el volumen de aire necesario para operar los frenos traseros directamente desde el tanque principal, y proporciona que el suministro en respuesta a la presión de la señal recibida de la válvula de pedal de freno.

En cada rueda, la presión de aire se suministra a un conjunto de cámara de freno; un compartimiento de aire cerrado que encierra un diafragma. La presión aplicada distribuida en toda la zona de los resultados de diafragma en ventaja mecánica incrementada para conducir una varilla de empuje que acciona los frenos. Los frenos de extremo de rueda pueden ser de tambor/zapato o conjunto de frenos de pinza/disco. A continuación se muestra vista general del sistema neumático de Blue Bird. (Blue Bird, s.f.).

porcentajes de recirculación de gases residuales, mediante la EGR que desnaturaliza los motores, disminuyendo ostensiblemente su rendimiento. Dichos porcentajes llegan a alcanzar el 40-50% en el caso de los vehículos industriales, lo cual equivale a reducir su cilindrada en dicha porcentaje., con el agravante de que sus componentes móviles siguen siendo los de un motor con su cilindrada nominal, a pesar de que esta no sea aprovechada. A consecuencia de ello, su rendimiento mecánico es muy reducido y el consumo de combustible se ve incrementado en gran medida.

Los catalizadores SRC (Selective Catalytic Reduction), cuyas siglas corresponden a catalizadores de reducción selectiva, eliminan gran parte del NOx producidos, permitiendo reducir, ostensiblemente, los porcentajes de recirculación EGR, con ello se mejora el rendimiento del motor, reduciéndose el consumo.

De promedio se obtiene una rebaja en el consumo de combustible del motor, que oscila entre el 5 y el 10%, respecto a un motor similar sin este dispositivo. No obstante la principal mejora consiste en la eliminación de emisiones de NOX. (Blue Bird, s.f.)

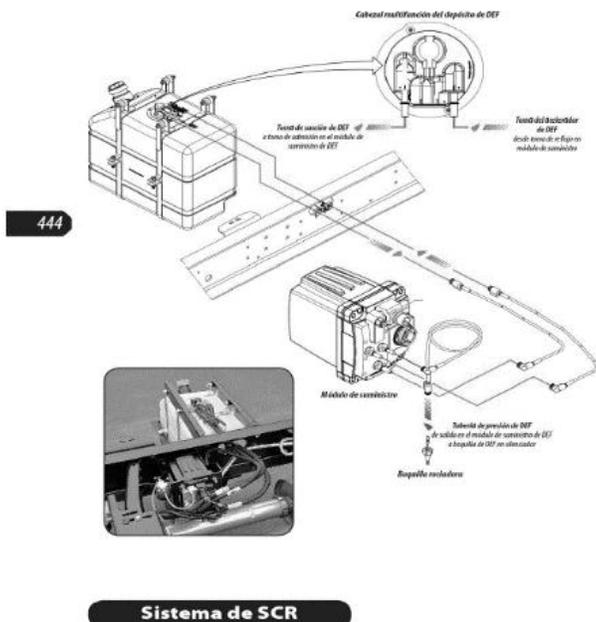


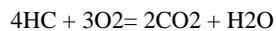
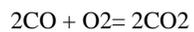
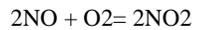
Ilustración 7. Sistema de SCRC Motor Cummins; (Blue Bird, s.f.)

6.2.5.4.1 Principio de funcionamiento

Estos sistemas basan su funcionamiento en la aportación de un aditivo líquido, cuya denominación comercial es Adblue, y está formado por una solución de agua destilada, con un 32.5% de urea. Su composición queda definida en la norma DIN 70070. Cuando el aditivo llega al SRC, experimenta un proceso de hidrólisis, del cual se obtiene dióxido de carbono y amoníaco. Este último elemento reacciona con los NOX, obteniéndose, mediante una reacción química, elementos inocuos como el agua y el nitrógeno. La aportación de la urea se efectúa antes del catalizador SRC, este último después del filtro de partículas.

Fases de la reacción química

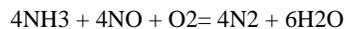
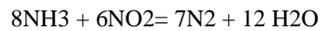
Las reacciones químicas que se efectúan durante el proceso son las siguientes



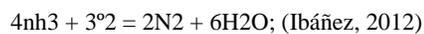
En el SRC, al inyectar la urea, se produce la hidrólisis



La reducción selectiva en el SRC, propiamente dicha:



El proceso finaliza con una oxidación posterior



6.2.5.4.2 Dispositivos Auxiliares

Para efectuar la aportación del aditivo en la línea de escape, en concreto, junto antes del SRC, se precisa una instalación específica, cuyos componentes se resumen a continuación.

(Ibáñez, 2012)

6.2.5.4.3 Depósito de aditivo

Su ubicación depende del vehículo, así como su tamaño. Los camiones disponen de depósito de gran capacidad. En su interior se dispone de un sensor de nivel, que informa al conductor, mediante un testigo en el cuadro de instrumentos, cuando el aditivo está próximo a agotarse. (Ibáñez, 2012).

6.2.5.4.4 Dosificador

Es el elemento encargado de dosificar el aporte de aditivo. La firma BOSCH comercializa un sistema denominado Denoxtronic, que cumple esta función. Los sistemas de primera de generación, al ser empleados tan solo en camiones, aprovechaban la instalación de aire comprimido de los mismos para impulsar el aditivo por la instalación. Los sistemas más recientes, empleados en turismos, disponen de un elemento de bombeo propio, de accionamiento eléctrico, que aporta el aditivo a una presión en torno a los 5 BAR. El control de la dosificación queda a cargo de una centralita específica, conectada en red con la centralita de gestión del motor. A partir del consumo del gasóleo, así como otras algunas variantes como la temperatura del motor, etc., el dosificador establece la cantidad de aditivo apropiado aportado. Debe destacarse que dicho aporte es continuo, en tanto en cuanto se esté aportando gasóleo al motor. Blue bird zf).

En términos generales, la proporción de aditivo aportado viene a ser de un 3-5 % respecto al gasóleo, aportado al motor. Es altamente recomendable utilizar gasóleo de bajo contenido en azufre, para que el elemento interfiera lo menos posible en el proceso. (Sistemas de anticontaminación). (Ibáñez, 2012)

6.3 Marco normativo

- TÉCNICA DE RECOLECCIÓN

, por lo tanto a continuación nombramos las resoluciones que intervienen:

- Resolución número 0378 del 15 de febrero del 2013, resuelve que el mantenimiento de los vehículos será preventivo y correctivo, llevado a cabo por el ingeniero con tarjeta profesional, ya que se tendrá un control por medio de fichas técnicas, donde se llevara un registro de las actividades realizadas, estos documentos deben estar a disposición permanente de las autoridades de inspección, vigilancia y control de su operación. (Transporte, 2013).
- Resolución 1565 del 2014 toda entidad, organización o empresa del sector público o privado que contrate o administre flotas de vehículos automotores, deben realizar un plan estratégico de seguridad vial (exige tener un plan de mantenimiento preventivo). La revisión preventiva debe 39 realizarse por personal idóneo, calificado conforme a lo manifestado en la circular 200942200402791 y la circular 20134200330511, expedidas por la Dirección de Transporte y Tránsito del Ministerio de Transporte en relación con las “revisiones preventivas”. (Transporte, 2014).
- Resolución 0315 del 6 de febrero 2015 artículo 2, revisión y mantenimiento de vehículos. Todas las empresas de transporte de pasajero serán las responsables directamente de realizar sus respectivos mantenimientos. Artículo 3, Mantenimiento de Vehículos. El mantenimiento de los vehículos será preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo constituye la serie de intervenciones y

reparaciones realizadas al vehículo con la finalidad de anticipar fallas o desperfectos. Mantenimiento correctivo es aquel que se ejecuta en cualquier momento al vehículo. (Transporte, 2013).

6.4 Marco histórico

Consortio Express.S.A.S es una empresa relativamente nueva que nace en el año 2011, perfilándose como una de las empresas operadoras en el sistema de transporte masivo de pasajeros en la ciudad de Bogotá.

Misión: Impactar positivamente en la vida de la ciudad, prestando un servicio público de transporte masivo de pasajeros, con excelencia, sostenibilidad e innovación, orientado a satisfacer las necesidades de los usuarios, colaboradores, accionistas y demás grupos de interés. (Consortio Express, 2011).

Visión: A diciembre de 2019, ser la empresa de transporte líder del SITP con el más alto nivel de confiabilidad, seguridad y oportunidad en la prestación del servicio, con eficiencia financiera, un buen desempeño ambiental y siendo socialmente responsables. (Consortio Express, 2011).

Política de gestión integral: En Consortio Express brindamos un servicio de transporte masivo de pasajeros con altos estándares de calidad enfocados a la mejora continua, eficiencia técnica y económica de nuestras actividades y comprometidos con:

- La seguridad y salud de las personas, minimizando y controlando los riesgos prioritarios para prevenir lesiones y enfermedades laborales.

- La prevención de la contaminación y el cuidado del medio ambiente.
- El cumplimiento de las normas y requisitos legales aplicables, contractuales y otros que establezca la organización. (Consortio Express, 2011).

Política de seguridad vial: En Consortio Express brindamos un servicio de transporte masivo de pasajeros eficiente, seguro y oportuno, donde la base fundamental es el respeto por la vida, el crecimiento de la ciudad y el desarrollo del país. Estamos comprometidos con el cumplimiento de la normatividad vigente, la cultura empresarial de prevención vial, los hábitos seguros de conducción, la reducción de la accidentalidad vial y el mejoramiento continuo; involucrando como actores viales nuestros operadores, peatones, ciclistas, motociclistas y pasajeros. (Consortio Express, 2011).

7. Marco metodológico

7.1 Recolección de la Información

7.1.1 Tipo de investigación

De acuerdo y a causa a que el problema de mantenimiento preventivo del sistema de postratamiento de los buses Blue Bird que operan en la zona de 20 de Julio de la empresa Consorcio Express no ha sido estudiado con profundidad y las condiciones existentes no han sido identificadas, iniciamos la investigación con un proceso de estudio, observación y análisis, recopilando los datos necesarios que nos ayuden a determinar las características iniciales , y dirigir nuestro interés al objetivo principal de esta propuesta.

Teniendo en cuenta que el resultado de esta investigación servirá como base, para aplicar las diferentes actividades para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la flota, hemos concluido que este proyecto.

El presente trabajo se desarrolló en base a fuentes de información suministradas por la compañía Consorcio Express en su patio principal en 20 de julio, la cual fue suministrada por el software de mantenimiento SIEF, el cual nos arrojó datos históricos de la falla recurrente en la flota Blue Bird de alimentación por pérdida de potencia del último año ; de igual manera se acudió a la información técnica que se encuentra en los manuales del fabricante, como el manual de mantenimiento partes y componentes específico de la marca Blue Bird.

7.1.2 Fuentes de obtención de la información

7.1.2.1 Fuentes de información primarias

Esta investigación de campo se realizó directamente en el área de mantenimiento de la organización en donde se logró recopilar información muy valiosa por parte del personal de mantenimiento y también acudimos a recopilar información de los conductores, los cuales son las personas que a diario operan los móviles e identifican y reportan las novedades evidenciadas por este tipo de fallo, pérdida de potencia.

Mediante la observación en campo se pretenderá analizar y evidenciar, como es el día a día en la zona de taller, como el personal de mantenimiento desarrolla las actividades en cuanto a modo de falla de pérdida de potencia, y demás fallos de los diferentes sistemas del vehículo, si se tiene un método de trabajo, herramientas adecuadas, un procedimiento de trabajo, condiciones generales de taller.

La herramienta aplicada a este objeto de investigación es la basada en la filosofía RCM la cual nos permite analizar el nivel de criticidad de un equipo, hoja de información del equipo, diagrama de decisiones; con la finalidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las unidades de Adblue instaladas en los vehículos Blue bird Euro 4 de la empresa Consorcio Express S.A.S. basados en esta filosofía. Para el desarrollo de esta monografía se emplearon las siguientes técnicas de recopilación de información.

7.1.2.2 Fuentes de información secundarias

La compilación de la información se basa en datos históricos de los modos de falla por pérdida de potencia, manuales de operación, manuales de mantenimiento con respecto a la potencia del vehículo, tesis de grado basadas en mantenimiento preventivo de equipos industriales. Se analizará la información que está almacenada en la base de datos del último año, referente a la pérdida de potencia y los correctivos realizados por mantenimiento. Esta información nos ayudará a cumplir con los objetivos planteados en esta monografía.

7.1.3 Herramientas

- Entrevistas
- Análisis de causa Raíz
- Análisis de Pareto
- Taxonomía de equipos
- Metodología RCM

7.1.4 Metodología de la investigación

Para el desarrollo del Objetivo número 1 “Realizar análisis de buses alimentadores marca BLUE BIRD afectados por pérdida de potencia relacionada con el sistema de Adblue se realizará taxonomía de activos para identificar, cuantificar y describir los equipos objetivo del

estudio, por medio de los registros encontrados en las bases de datos y en el gestor documental de la compañía.

En el desarrollo del objetivo 2 “Elaborar análisis de criticidad al sistema de adblue de los buses alimentadores marca BLUEBIRD.se realizará con base en datos estadísticos sacados del sistema Sief de mantenimiento en cual permite definir el nivel donde se efectúa el análisis para el caso de esta monografía se realiza sobre 5 sistemas del vehículo, sistema de frenos sistema de motor, sistema eléctrico, sistema Adblue, sistema de carrocería, donde se tiene encuentra la siguiente información:

- Relación de sistemas
- Ubicación (área, geografía, región)
- Registro de fallas funcionales
- Frecuencia de ocurrencia de fallas
- Registros de impactos en la operación
- Impacto ambiental
- Tiempos de reparación
- Impacto del cliente interno

Para el desarrollo del objetivo 3 “Proponer un plan de Mantenimiento óptimo y eficiente basado en los análisis mencionados anteriormente”, se utilizó las herramientas necesarias aprendidas durante la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, la cual para esta monografía se utilizó la metodología basada en RCM, ya que contiene bastantes herramientas de aplicación, las cuales deben ser utilizadas y direccionadas de acuerdo a la necesidad de la

empresa, y garantizar el cumplimiento de las funciones de sus activos y manejar de una manera adecuada las consecuencias de sus fallas.

7.1.5 Recopilación de la información

7.1.5.1 Características de la Empresa

Es una empresa operadora del sistema masivo de pasajeros en la ciudad de Bogotá Transmilenio, la cual tiene como función principal transportar con calidad los usuarios a diferentes puntos de la ciudad, garantizando confiabilidad y disponibilidad de los buses a su cargo.

7.1.5.2 Diálogo directo con el personal de mantenimiento

El dialogo directo con el personal de mantenimiento nos ayudara a determinar los diferentes modos de fallo por pérdida de potencia que se presentan a diario, el cual es el objeto de estudio en esta monografía, los cuales no siempre van relacionados con fallas en el sistema de adblue del vehículo, sino que también ocurren por la falla de otros sistemas del vehículo, como lo son sistema de combustible, sistema de admisión de aire, sistema de transmisión de potencia, sistema neumático los cuales repercuten directamente en la pérdida de potencia causando un efecto negativo en la disponibilidad de los equipos.

A continuación se muestra los datos históricos de la falla por pérdida de potencia en el año 2017:

Etiquetas de fila	BAJA POTENCIA	ALTA TEMPERATURA	DIRECCION	NEUTRALIZADO	FRENOS	Total general
ENERO	34	35	13	3	9	94
FEBRERO	37	29	14	10	7	97
MARZO	66	24	23	10	14	137
ABRIL	35	13	7	9	5	69
MAYO	19	7	2	4	6	38
JUNIO	20	10	2	1	7	40
JULIO	28	5	3	8		44
AGOSTO	25	14	5	4	6	54
SEPTIEMBRE	36	26	11	2	8	83
OCTUBRE	32	14	9	10	2	67
NOVIEMBRE	18	21	5	13	4	61
DICIEMBRE	23	10	7	7	2	49
Total general	373	208	101	81	70	833

Tabla 1. Muestra pérdida de potencia 2017 (Autores)

La anterior tabla muestra los diferentes tipos de fallas en el año 2017, por pérdida de potencia y otras fallas que de una manera causan un efecto negativo en la disponibilidad.

En la tabla 2. Se toman datos de 3 semanas del año 2017 del último mes y se evidencia la alta novedad de baja potencia en los móviles Blue Bird.



Tabla 2. Gráfica de varados. (Autores)

7.1.5.3 Tipo de Equipos

7.1.5.3.1 Taxonomía sistema adblue



Ilustración Taxonomía (Fuente propia)

La empresa Consorcio Express SAS no contiene ningún historial de mantenimiento efectuado a este tipo de equipos, los cuales se corrigen cuando presentaban falla.

Sistema de SCR

Modelo; D3DE, Y3FE

Cantidad: 100 unidades SCR

Modelo: 2013

7.1.5.4 Características de la Unidad SCR

Sistema SCR modelo D3FE, YEFE	
Presión de trabajo	10 Bar
Voltaje de trabajo	12 voltios
sensor de nivel de urea	1
Tubería DEF de presión	5/16"
Tubería DEF de succión	3/8"
Tubería de retorno al tanque	3/8"
sensor nox	200°C
termistor de entrada al catalizador	200°C
Termistor de salida del catalizador	120°C
Enlace de datos con ECM motor	J1939

Tabla 3 (Blue Bird zf)

7.1.5.5 Sistema de SCR partes y componentes

El sistema de Reducción catalítica selectiva (SCR) utiliza líquido de escape diésel (DEF) como un reactivo químico. El DEF se convierte en amoníaco en la corriente del escape. El amoníaco se combina con el dañino NOx para formar nitrógeno inofensivo (N2) y vapor de agua (H2O).

Partes que componen el Sistema Adblue: Este sistema consta de las siguientes componentes, depósito de adblue, cabezal de succión del DEF, línea de suministro de urea, retorno de urea al tanque, boquilla, filtro de aire en línea, tubería de presión DEF, módulo de suministro. Estas partes se ven en la ilustración.

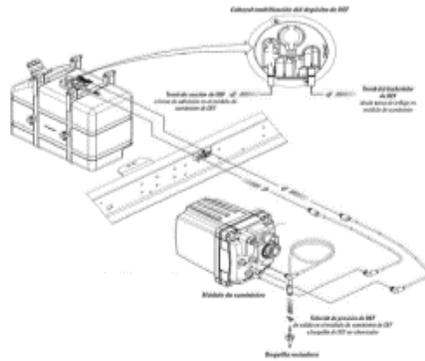


Ilustración 9. Sistema Adblue

7.2 Análisis de la información

Tomamos como fuente de información el formato de disponibilidad de flota suministrado y utilizado por la compañía, el cual nos muestra los datos históricos de fallas asociados por el modo de pérdida de potencia en los buses de alimentación marca Blue Bird de patio 20 de Julio. A continuación se describirán los sistemas que de alguna manera pueden afectar la pérdida de potencia en el vehículo.

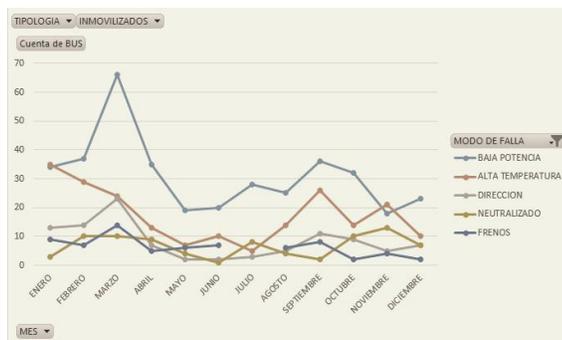


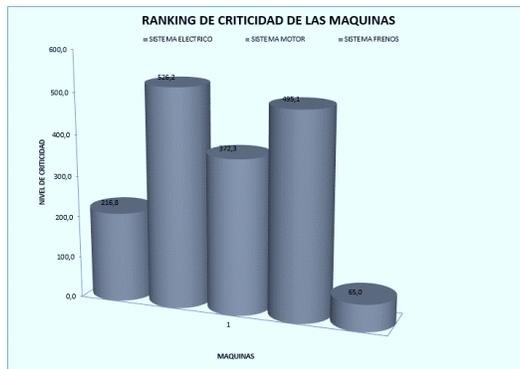
Tabla 4 Gráfica de modo de fallas

En la tabla 4 se muestra los diferentes modos de fallos presentados en el año 2017 de la flota alimentadora de Consorcio Express 20 de Julio.



Tabla 5. Pareto de alimentadores por semana

En el diagrama de Pareto de la tabla 5. Se muestra la tendencia de varados por causa, la cual la pérdida de potencia es la más recurrente la cual nos está afectando la disponibilidad y confiabilidad de la flota.



7.2.1 RCM II, Análisis de criticidad

ASPECTO DE EVALUACION	ENCUESTADO # 1	ENCUESTADO # 2	ENCUESTADO # 3	ENCUESTADO # 4	ENCUESTADO # 5	ENCUESTADO # 6	ENCUESTADO # 7	ENCUESTADO # 8	ENCUESTADO # 9	ENCUESTADO # 10	NUMERO DE FALLAS EN EL ÚLTIMO AÑO	PROMEDIO	CRITICIDAD
SISTEMA ELECTRICO	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)	2	2	2								2,0	216,8
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).	1	1	1								1,0	
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	0,25	0,75	0,25								0,4	
	4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)	5	3	3								3,7	
	5. IMPACTO AMBIENTAL.	5	0	5								3,3	
	6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.	10	25	10								15,0	
	7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CUENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)	5	10	5								6,7	
SISTEMA MOTOR	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)	1	2	4								2,3	526,2
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).	5	5	4								4,7	
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	0,75	0,75	1,00								0,8	
	4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)	10	10	10								10,0	
	5. IMPACTO AMBIENTAL.	5	0	0								1,7	
	6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.	25	25	25								25,0	
	7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CUENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)	5	10	10								8,3	
SISTEMA FRENOS	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)	3	2	3								2,7	372,3
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).	1	1	2								1,3	
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	0,05	0,25	0,50								0,3	
	4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)	3	3	3								3,0	
	5. IMPACTO AMBIENTAL.	5	0	0								1,7	
	6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.	10	25	25								20,0	
	7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CUENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)	5	5	10								6,7	
SISTEMA ADBLUE	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)	3	4	4								3,7	495,1
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).	2	2	2								2,0	
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	0,05	0,50	0,50								0,4	
	4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)	3	5	5								4,3	
	5. IMPACTO AMBIENTAL.	5	0	5								3,3	
	6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.	10	25	10								15,0	
	7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CUENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)	10	10	5								8,3	
SISTEMA CARROCERIA	1. FRECUENCIA DE FALLA. (Todo tipo de Falla)	1	2	2								1,7	65,0
	2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR. (MTTR).	1	1	1								1,0	
	3. IMPACTO SOBRE LA PRODUCCION	0,05	0,00	0,00								0,0	
	4. COSTO DE REPARACION (Millones de Pesos)	3	3	3								3,0	
	5. IMPACTO AMBIENTAL.	5	0	0								1,7	
	6 IMPACTO EN LA SALUD Y SEGURIDAD PERSONAL.	0	5	5								3,3	
	7. IMPACTO EN LA SATISFACCION DEL CUENTE INTERNO (Departamento de la empresa al que se le prestan servicios)	10	10	10								10,0	

Tabla 7. Top Críticos.

En la tabla 7. Se evidencia la tendencia de fallos por sistema, observando que el sistema de motor y sistema de adblue son los más recurrentes y críticos en el día a día en la operación.

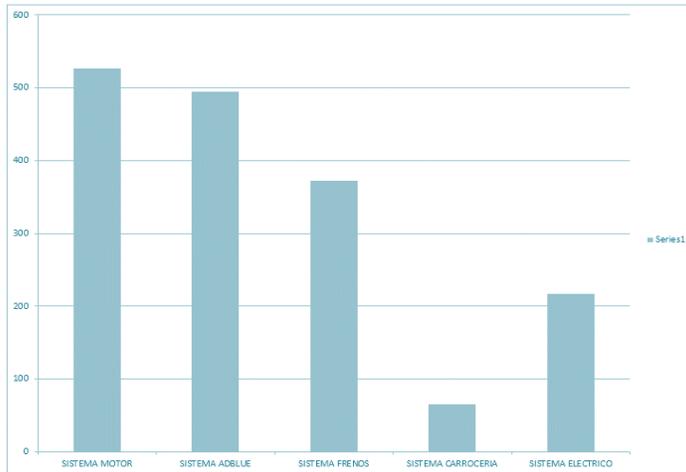


Tabla 8. Gráfica fallos en sistemas

7.2.2 RCM II Hoja de información

En esta hoja de información de RCM II, registramos las 4 primeras preguntas básicas referentes a la pérdida de la función (total o parcial), las causas de las fallas y los modos en que se presenta.

7.2.3 RCM II Hoja de decisión

Las preguntas 5-6-7 indican las consecuencias, acciones proactivas, acciones por omisión, las cuales deben ir escritas en la hoja de decisión de RCM2.

7.2.4 Diagrama de decisión

MODO DE FALLA	CONSECUENCIAS DE FALLA	CONSECUENCIAS DE SALUD, SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	CONSECUENCIAS OPERACIONALES	CONSECUENCIAS NO OPERACIONALES
PREDICTIVOS	El modo de falla es evidente a los operadores	El modo de falla afecta la seguridad, salud, medio ambiente	El modo de falla afecta la operación	
PREVENTIVO (AJUSTES)	Tarea o condición H1	Tarea a condición S1	Tarea o condición O1	Tarea o condición N1
PREVENTIVO (CAMBIOS)	Tarea reacondicionamiento cíclico H2	Reacondicionamiento cíclico S2	Reacondicionamiento cíclico O2	Reacondicionamiento cíclico N2
	Sustitución cíclica H3	Sustitución cíclica S3	Sustitución cíclica O3	Sustitución cíclica N3
	Tarea de búsqueda de falla H4	Combinación de tareas S4	Ningun mantenimiento programado O4	Ningun mantenimiento programado N4
REDISEÑO	El rediseño puede ser obligatorio	El rediseño debe ser obligatorio	El rediseño puede ser recomendable	El rediseño puede ser recomendable

Tabla 9. Diagrama de decisión (Nelson Rojas)

7.3 Propuesta de solución

La propuesta de solución al problema de pérdida de potencia en los Blue Bird Euro 4 de la empresa Consorcio Express en la zona de operación patio 20 de Julio es basado en la metodología RCM II en donde se identificaron problemas potenciales, los modos de fallo y efectos, consecuencias operacionales y costo en reparación para el sistema de pos tratamiento de estas unidades, lo cual la empresa Consorcio Express centra sus recursos para poder mitigar las fallas y garantizar la disponibilidad de la flota en un 98 %.

7.3.1 Hoja de decisión Unidad de Dosificación SRC (Anexo)

2	Dosificar e inyectar urea al sistema de postratamiento con una presión de trabajo de 10 BAR +/- 2 BAR	B	Inyectar urea al sistema de postratamiento menos de 8 BAR	Unidad SCR no funciona	No realiza su función principal	
			C	Inyectar urea al sistema de postratamiento Mayor de 12 BAR	mangueras de aire cristalizadas	llegada de aire a la unidad SRC deficiente
				Aire deficiente	No permite realizar los ciclos de la unidad SCR.	
				La urea se queda en el sistema	Obstrucción interna en la unidad SRC	
				Daño en sellos internos de la unidad SRC	Se debe cambiar la empaquetadura	
		Daño en la válvula de regulación de aire a la SCR		Se debe reparar esta válvula		
		fuga de Adblue	desperdicio de la Urea			
		sensor de Presión de inyección	Daño en el sensor			

Tabla 10. Hoja de decisión Unidad de Dosificación SRC; (Nelson Rojas)

Se analizaron los datos provenientes de la Hoja de información RCM II de la unidad dosificadora SCR la cual nos va proporcionar el Plan de mantenimiento preventivo con las diferentes tareas propuestas y frecuencias a ejecutar para así mitigar la falla en este equipo por pérdida de potencia y garantizar la disponibilidad de los buses de la compañía.

Comentado [CS1]: Aquí al parecer va una imagen o una gráfica (no sé) el caso es que no sale nada. Igualmente en la siguiente página, quisiera saber qué es para poder terminar de darle orden.

HOJA DE DECISION RCM II		ELEMENTO SISTEMA DE ADBLUE										No	Realizado por	Fecha	Hoja	
		COMPONENTE UNIDAD SRC										Ref	Revisado por	Fecha	de	
Referencia de información		Evaluación de las consecuencias						H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"				Frecuencia inicial	A realizar por
F	FF	MF	H	SHE	O	N				H4	H5	S4				
1A		1	X		X		X	X						Verificar el nivel de adblue	a diario	Operador
			X		X									Verificar estado tanque adblue	a diario	Operador
			X		X									Verificar que la tapa de adblue este en su lugar	a diario	Operador
1A		2	X		X				X					Verificar estado de mangueras de entrada aire a la SRC	7000 KM	Tecnico M
			X		X									Verificar carga del sistema neumatico	a diario	Tecnico M
			X		X									verificar nivel de adblue	a diario	Tecnico M
1A		3	X		X		X	X						Verificar con el Insite los codigos de motor	semanal	Tecnico M
							X	X						verificar nivel de adblue	a diario	Tecnico M
							X		X					Revisar filtros de aire	7000 KM	Tecnico M
1A		4	X		X		X	X						Verificar sistema neumatico	a diario	Tecnico M
			X		X		X		X					Verificar sistema de combustible	7000 KM	Tecnico M
			X		X		X	X						Verificar con el Insite los codigos de motor	a diario	Tecnico M
1A		5	X		X									Verificacion de fugas de urea	a diario	Tecnico M
														Verificar estado tanque adblue	a diario	Tecnico M
														verificar estado de mangueras de urea	a diario	Tecnico M
			X	X	X		X		X					sustitucion de mangueras de urea	88000 KM	Tecnico M
1A		6	X		X		X	X						Inspeccion de nivel de aceite, refrigerante motor,adblue	a diario	Tecnico M
			X		X		X		X					Inspeccion tren motriz	a diario	Tecnico M
			X		X		X	X						verificar nivel de aceite transmision y diferencial	a diario	Tecnico M
1A		7	X		X		X	X						Sustitucion de mangueras de urea	88000 KM	Tecnico M
1B		1	X		X									Verificar con el Insite los codigos de motor	a diario	Tecnico M
														Cambio de sensores de temperatura del sistema	200000 KM	Tecnico M
1B		2	X		X		X	X	X					Reparar unidad de SRC	50000 KM	Tecnico M
			X		X		X	X	X					Desmontar catalizador para mantenimiento	250000 KM	Tecnico M

Tabla 11. Hoja de decisión RCM II Unidad de dosificación SCR

Comentado [CS2]: Aquí tampoco sale nada

Comentado [JD3R2]:

Comentado [JD4R2]:

8. Resultados Esperados

Como se ha mencionado durante el desarrollo de este trabajo, la metodología RCM II que utilizamos para esta propuesta, nos proporcionó de manera practica un Plan de Mantenimiento Preventivo para el sistema de pos tratamiento de los Buses Blue Bird con tecnología Euro 4 en donde se identificaron varios modos de falla en este sistema que el fabricante, ni la compañía Consorcio Express habían considerado ya que no se tenía en su

momento un historial de fallas en este tipo de unidades ,ni era considerado como un sistema crítico, pero debido al tipo de entorno , geografía, y condiciones donde estas unidades desempeñan su trabajo, se evidencio que es un sistema que presenta bastantes modos de falla los cuales afectan su función principal, lo cual está generando bastantes pérdidas económicas y afectando considerablemente la disponibilidad de los equipos para operar.

Dando respuesta a uno de los objetivos planteados en esta propuesta de Diseñar un plan de mantenimiento basado en la filosofía RCM II para el sistema de adblue en las unidades de patio 20 de Julio de la Empresa Consorcio Express, teniendo en cuenta como referencia información suministrada por el sistema Sief la cual es almacenada y alimentada por la generación diaria de reportes por pérdida de potencia , las cuales no cuentan con un Plan de mantenimiento Preventivo para este sistema de adblue, el cual afecta considerablemente el indicador de disponibilidad de flota, requerido mensualmente por el ente Gestor ,en este caso Transmilenio.

Para el desarrollo de esta propuesta de Plan de Mantenimiento Preventivo basado en RCMII para el sistema Adblue en los vehículos Blue Bird Euro 4, tomamos como referencia la información suministrada por los operadores, los cuales perciben este tipo de fallos en el día a día de su trabajo. También se consideró información suministrada por manuales de Mantenimiento, técnicos de mantenimiento conocedores del sistema, dando como resultado una serie de actividades y tareas que no fueron consideradas dentro de la operación de Consorcio Express.

Dentro del análisis de la información suministrada, se evidencio que las fallas relacionadas con la pérdida de potencia en los vehículos alimentadores, que es bastante reincidente se debe a la falla en este sistema , lo cual en esta propuesta de Plan de

Mantenimiento Preventivo se genera una gran variedad de tareas y actividades las cuales se deben realizar en conjunto operadores, técnicos y áreas relacionadas para cumplir con el objetivo de cumplir con la disponibilidad de los buses, también se debe capacitar al personal de operación y mantenimiento.

8.1 Plan de Mantenimiento Preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMA ADBLUE PARA LOS BLUE BIRD EURO 4						
ACTIVIDAD	Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por	TIEMPO(Horas)	RECURSO	VALOR
Capadtacion	Capacitacion en sistema de adblue	1 vez al mes	Especialista	1	Portatil,	150000
Capadtacion	Capacitacion de Inspeccion de vehiculo	1 vez al mes	Especialista	1	Portatil,	150000
Inspeccion	Verificar el nivel de adblue	a diario	Operador	0,2	Herramienta basica	52000
Inspeccion	Verificar estado tanque adblue	a diario	Operador	0,2	Herramienta basica	55000
Inspeccion	Verificar que la tapa de adblue este en su lugar	a diario	Operador	0,2	Herramienta basica	53000
Inspeccion	Verificar estado de mangueras de entrada aire a la SRC	7000 KM	Tecnico M	0,6	Probador de fugas	75000
Inspeccion	Verificar carga del sistema neumatico	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	51000
Inspeccion	Verificar con el insite los codigos de motor	semanal	Tecnico M	1	Insite	73000
Inspeccion	Revisar filtros de aire	7000 KM	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	600000
Inspeccion	Verificar sistema neumatico	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	56000
Inspeccion	Verificar sistema de combustible	7000 KM	Tecnico M	1	Manometro	100000
Inspeccion	Verificacion de fugas de urea	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	49500
Inspeccion	verificar estado de mangueras de urea	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	59500
Preventivo	sustitucion de mangueras de urea	88000 KM	Tecnico M	2	Herramienta basica	220000
Inspeccion	Inspeccion de nivel de aceite, refrigerante motor,adblue	a diario	Tecnico M	0,5	Probador de fugas	63500
Inspeccion	Inspeccion tren motriz	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	57500
Inspeccion	verificar nivel de aceite transmision y diferencial	a diario	Tecnico M	0,5	Herramienta basica	58500
Preventivo	Cambio de sensores de temperatura del sistema	200000 KM	Tecnico M	1	llaves-Insite	500000
Preventivo	Reparar unidad de SRC	50000 KM	Tecnico M	4	Copa 30 tor-Insite	655500
Preventivo	Desmontar catalizador para mantenimiento	250000 KM	Tecnico M	5	llaves-Insite	450000
Preventivo	Cambiar inyector de Adblue	150000 KM	Tecnico M	1	llaves-Insite	65000
Inspeccion	Verificar estado mangueras motor	a diario	Operador	0,5	Probador de fugas	50000
Inspeccion	nivel de refrigerante	a diario	Operador	0,2	Medidor	25000
Inspeccion	nivel de aceite	a diario	Operador	0,2	Medidor	25000
Inspeccion	revisar fugas de aceite en sistema neumatico	a diario	Operador	0,5	Manometro	65000
Inspeccion	Revisar testigos de carga de aire en el tablero	a diario	Operador	0,2	Insite	52000
Inspeccion	Revisar tanques de aire	a diario	Tecnico M	0,2	Herramienta basica	53000
Preventivo	Reparacion de compresor y accesorios	150000 KM	Tecnico M	4	Torque-llaves-manometro	370000
Inspeccion	Revisar carga compresor	a diario	Operador	0,5	Herramienta basica	52000
Preventivo	Cambiar mangueras neumaticas unidad SRC	50000 KM	Tecnico M	1	Insite	150000
Inspeccion	Verificar fugas de adblue por mangueras del sistema	a diario	Tecnico M	0,3	Probador de fugas	53000
Preventivo	Cambiar empaquetadura	250000 KM	Tecnico M	3	llaves-Insite	210000
Preventivo	Reparar o cambiar valvula de regulacion	50000 KM	Tecnico M	2	llaves-Insite	220000
Correctivo	Cambiar taro de adblue por rotura	cuando ocurra	Tecnico M	3	Herramienta basica	450000
Preventivo	Cambiar sensor de presion de inyeccion	150000 KM	Tecnico M	2	llaves-Insite	250000
						5619000

Tabla 12 Plan de Mantenimiento Preventivo (Rojas)

Como se presenta en el cuadro anterior, se describe el tipo de actividad a realizar, la tarea propuesta, frecuencia de ejecución de la tarea y quien debe realizar la actividad. El plan de mantenimiento refleja que muchas de las actividades van enfocadas a ejecutar inspecciones por parte de los operadores y técnicos, tareas básicas que la compañía no está realizando en su operación. Pero para que estas tareas de inspección tengan un efecto positivo en la operación se debe capacitar al personal en los temas descritos en el plan de mantenimiento y así generar diagnósticos acertados que nos proporcionen las tareas específicas a realizar para lograr aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la flota por fallas en el sistema de refrigeración, otro de los objetivos planteados dentro del trabajo.

8.2 Proyección de disponibilidad de flota con RCM II

Ejecutado el plan de mantenimiento basado en la metodología de RCM II, se pretende aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la flota de Consorcio Express, se estima que si se aplica el plan de mantenimiento presentado a la compañía se podría aumentar la disponibilidad en 10 %, reduciendo las fallas ocasionadas por problemas de pérdida de potencia, siendo esta la falla con mayor porcentaje dentro del histórico de averías con 30 % en los últimos 3 meses.

Durante el trabajo se refleja gran reincidencia en fallas reportadas por pérdida de potencia ocasionadas por bajo nivel de adblue, testigos de motor, fugas de adblue, falla en el sistema neumático, fugas de aceite, alta temperatura en el motor. Dentro del plan de mantenimiento se contempla como primer paso generar un espacio de capacitación para operadores, técnicos y

personal relacionado con la operación. Por eso se estima que con un personal competente se puede aumentar la disponibilidad de la flota al 2% mencionado al principio del texto.

Se representa gráficamente como disminuyendo el valor de las fallas reportadas por alta Potencia y alta temperatura se llega al aumento de la disponibilidad.

9. Análisis Financiero

Los ingresos operacionales de la empresa son aquellos que se reciben por la prestación de servicio, alquiler de buses y disponibilidad de flota, todo esto se genera cuando se facturan kilómetros recorridos, Transmilenio S.A, paga en promedio \$ 7.866.355,69 por cada bus y pide una disponibilidad del 100% es decir 103 buses, en este momento la compañía tiene una oferta de 95 buses disponibles y con la nueva propuesta se espera proyectarla en 5 buses, es decir hacerlo llegar a 100 buses disponibles, a continuación relacionamos el retorno de la inversión.

9.1 Retorno sobre la inversión (ROI)

Para la mejora del presente proyecto se relacionan los distintos puntos de retorno de inversión y se simplifica en el siguiente esquema:

- Retorno sobre la inversión (ROI) es un estimado del beneficio (el retorno) sobre el dinero gastado la (inversión) en una alternativa en particular, consiste en generar una relación entre el beneficio y la utilidad para estimar el tiempo en que se recupera el capital invertido.

Para el caso estudiado se establece que la inversión son los recursos monetarios necesarios para la implementación del proyecto se proyecta un costo de \$5.619.000 por bus como lo muestra la tabla 12, si se espera llegar a 100 buses en el año el valor de la inversión será de \$561.900.000, por otro lado el modelo actual de mantenimiento genera una utilidad de \$8.465.024.671 como lo indica la tabla 13, se proyecta con la atención a los 100 buses una utilidad de \$ 9.053.518.666 es decir el incremento de la utilidad es de aproximadamente \$588.000.000.

modelo actual

(+) Ingresos operacionales (95 unidades)	\$ 9.311.432.861
(-) costos Directos de mantenimiento	\$ 533.805.000
(-) costos indirectos de mantenimiento	\$ 76.490.818
(-) gastos administrativos	\$ 236.112.372
(=) Total gastos	\$ 846.408.190
(=) Utilidad antes de impuestos	\$ 8.465.024.671

modelo proyectado

(+) Ingresos operacionales (100 unidades)	\$ 9.929.311.778
(-) costos Directos de mantenimiento	\$ 561.900.000
(-) costos indirectos de mantenimiento	\$ 77.780.740
(-) gastos administrativos	\$ 236.112.372
(=) Total gastos	\$ 875.793.112
(=) Utilidad antes de impuestos	\$ 9.053.518.666

Tabla 13 Proyección de la utilidad (Autores)

9.2 Cálculo sobre el Retorno de la Inversión ROI

La fórmula de retorno de la inversión es aplicada teniendo en cuenta que la inversión se espera aplicar una sola vez y la utilidad esperada es el resultado del incremento en la utilidad generado por la aplicación de la metodología propuesta

$$\text{ROI} = (\$588.000.000 - \$561.900.000) / \$ 561900.000 = 0.0464$$

El indicador muestra que se obtiene en el primer periodo una utilidad equivalente al 4.64% de la inversión es decir que la factibilidad económica es afirmativa y adicional a esto se generará un mayor grado de aceptación por parte de los usuarios a la prestación del servicio, reducción de paradas de los servicios y mejor ambiente laboral, lo cual es positivo para la organización.

10. Conclusiones y Recomendaciones

10.1 Conclusiones

Se consolida y analiza toda la información recopilada por la compañía, referente a la disponibilidad de flota exigida, los históricos de fallas y la estadística centrada en buses Blue Bird. Con el fin de tener toda la información posible para estructurar de forma correcta la metodología de RCM II a implementar.

Se concluye que un equipo o sistema tiene diversas funciones que pueden fallar debido a diferentes causas y cada causa puede obedecer a un fenómeno diferente, como desgaste, temperatura, una influencia ambiental, pérdida de integridad o fenómenos repetitivos que llevan a una pérdida del cumplimiento de la función, siendo el RCM II el proceso más integral y completo para analizar estas fallas.

Mediante la utilización en la presente propuesta de mantenimiento preventivo basado en RCM II para el sistema adblue en los buses Blue Bird Euro 4, la filosofía RCM2 es una de las excelentes opciones para abarcar el problema actual de la compañía Consorcio Express, referente a la confiabilidad y disponibilidad de la flota de buses que operan en las zonas aledañas a patio 20 de Julio, ya que se establecieron, definieron una serie de actividades y tareas a partir de la problemática presentada basándonos en la metodología ya descrita, apoyándonos en los conocimientos adquiridos en la Especialización en Gerencia de Mantenimiento y utilizando las herramientas adecuadas para mitigar la falla presentada y mejorar estos indicadores.

La elaboración de esta propuesta permitió evidenciar todas aquellas posibles fallas que se pudieron haber presentado a lo largo de la vida útil del equipo y de otros equipos asociados, los

cuales la detección temprana de estas posibles fallas, nos indica que actividad y con qué periodicidad debemos realizar para alargar la vida de los equipos y cumplir con los requerimientos de mantenimiento para garantizar el cumplimiento de su función.

10.2 Recomendaciones

Se debe considerar entre las actividades de la propuesta de diseño de plan de mantenimiento preventivo basado en RCM II para el sistema adblue de los Blue Bird Euro 4, capacitación para el personal técnico y operativo para poder evitar al máximo los varados en vía, que muchas veces si el operador tiene los conocimientos y la capacidad de evidenciar algunos fallos ,se puede dar manejo a la situación ,así podemos minimizar la pérdida de disponibilidad de flota, pérdida de kilometraje, imagen de la empresa y damos cumplimiento a las tablas asignadas por el ente gestor en este caso Transmilenio. Se recomienda realizar una proyección anual de costos para equipos críticos de la compañía, en este caso para la Unidad de pos tratamiento, también una proyección de reposición, partes e insumos que se requieren para garantizar la ejecución de los mantenimientos preventivos y correctivos al equipo en mención, de tal forma podemos hacer trazabilidad al comportamiento anual del equipo y los costos generados.

11. Bibliografía

(s.f.). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenibilidad>

(s.f.). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenibilidad>

(s.f.). Obtenido de (<http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>, s.f.)

Acevedo, M. R. (2012). MODELO PARA LA IMPLEMENTACION DE MATENIMIENTO PREDICTIVO EN LAS FACILIDADES DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA PETROLERA. Universidad Industrial de Santander.

Acuña, J. A. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica .

Arzuaga. (2011). *MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) EN LA FLOTA DE EQUIPOS DE ORUGA D11N DE LA EMPRESA MINERA DROUMMOND LTDA*. CESAR: UNIVERSIDAD.

Atencio, J. L., & Pacheco, E. A. (2012). DISEÑO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO-PREDICTIVO APLICADO A LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA REMAPLAST. Universidad de Cartagena.

Blue Bird. (s.f.). Obtenido de

<https://bbsweb.bluebird.com/PDF/ServiceManuals/10040713/#p=26>

Bona, J. M. (2002). *La Gestión del Mantenimiento*. Madrid: Fundación Confemetal.

Burga, M. D. (2010). TESIS APLICACION DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A MOTORES A GAS DE DOS TIEMPOS EN POZOS DE ALTA PRODUCCION. Lima, Perú.

Burga, M. D. (2011). TESIS PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN TECNOLOGIA RCM PARA EL AREA DE SERVICIO DE LA EMPRESA CARGILL DE VENEZUELA S.R.L, PLANTA CATIA LA MAR. Venezuela.

Cifuentes, G. G., & López, R. D. (2012). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA HERRAMIENTAS DE CORTE DE MARMOL. Universidad ECCI.

Cummins Filtration. (2009). *Cummins Filtration*. Obtenido de <https://www.cumminsfiltration.com/sites/default/files/MB10033-ES.pdf>

Díaz, C. E., & Figueroa, K. J. (2014). ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA L&L. Universidad Autónoma del Caribe .

Duffuaa, S. (2002). *Sistemas de mantenimiento Planeación y Control*. Segunda edición.

El Bombero 13. (2016). Obtenido de <https://elbomberonumero13.wordpress.com/2016/09/26/el-sistema-adblue-de-depuracion-de-humos-en-nuestros-vehiculos/>

Erney, A. (2014). *SISTEMA DE REFRIGERACION*. Bogotá: Distribuidora Toyota S.A.S.

Espinoza, A. (2007). *Fundamentos del mantenimiento guías económicas técnicas y administrativas*. Mexico: Limusa.

EXPRESS, S. C. (s.f.). *Formatos control interno*. Bogotá.

Fernando, C. V. (2001). *Medición del desempeño: Retorno de Inversión ROI*. CALI: Universidad ICESI.

Fidalgo, R. (13 de agosto de 2018). *Autocasión*. Obtenido de <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/que-es-el-adblue-como-funciona-y-para-que-sirve>

flores. (2012). *TPM en taller automotriz del municipio de Riobamba*. Riobamba: IMR.

Florez, L. M., & Benitez, F. A. (2010). PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA FLOTA DE VEHICULOS DE LA EMPRESA TRACTOCARGA. Universidad ECCI.

García, P. (2011). *modelo centardo en confiabilidad para una maquina prensa fabricacion de clavos*. Bogota: Publicaciones ECCI.

García, S. G. (2010). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*. Madrid: Diaz de Santos.

Gómez de Leon, F. C. (1998). *Tecnología del mantenimiento Industrial*. Murcia : EDITUM.

Hernandez, c. D. (2007). *optimizacion del mantenimiento preventivo utilizando las tecnicas de diagnostico integral*. Cuba, Habana: Universidad.

<http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>. (s.f.). Obtenido de <http://www.solomantenimiento.com/diccionario.htm>

Igllón Buitrón, P. M. (2014). *Implementación del servicio de mantenimiento preventivo express para vehículos livianos enel concesionario Hyundai* . QUITO : UIDE .

ISUZU MOTORS LIMITED. (01 de 08 de 2003). Obtenido de SERVICE MARKETING DEPARTMENT : <http://automotrizenvideo.com/wp-content/uploads/2011/11/MANUAL-ISUZU-4JA1-4JH1.pdf>

Jaimes, v. y. (12). *Propuesta de aplicacion de RCM en buses articulados Volvo B12*. Bogota: publicaciones ecci.

Lopez, B. y. (2010). *PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA FLOTA DE VEHICULOS TRACTO CARGA*. BOGOTA: PUBLICACION ECCI.

martinez, B. &. (2014). *elaboracion de un plan de amntenimiento preventivo para la maquinaria pesas L y L*. Bogota: Universidad .

Maza, M. A. (2011). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN RCM PARA LOS EQUIPOS Y VEHICULOS DE DINACOL S.A.* Universidad Tecnológica de Bolívar .

Mejia, S. y. (2011). *importancia de planear el sistema de mantenimiento preventivo*. lima: ESPOCH.

Moubray, J. (1991). *Reliability-centered maintenance*.

Moubray, J. (2004). *mantenimiento centrado en confiabilidad RCM II*. United King: Industrial Press, 1997.

Moubray., John . (1997). *Business & Economics*. Industrial Press Inc.

Navarro, G. y. (2011). *plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el sistema electrico baja tension que suministra energia a los pozos de la gerencia regional de ecopetrol*. Bogota: Universidad.

Niebel, B. W. (1999). *Ingenieria metodos, tiempos y movimientos* . MEXICO: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR .

- Pesantez, A. E. (2007). ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO EN FUNCION DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE CAMARON. Guayaquil, Ecuador: De la Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- pineda. (2011). *PROPUESTA DE LA METODOLOGIA RCAM, PARA LA CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR COMPENSAR*. Bogota: Publicaciones ECCI.
- Portocarrero, A. &. (2007). *DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BAJO LA FILOSOFIA DEL RCM PARA LA FORMADORA MCKAY EN 21 TENARIS TUBOCARIBE*. Costa caribe: Universidad.
- prieto, H. y. (2012). *RCM como herramienta para aumentar la confiabilidad y disponibilidad en buses articulados*. Bogota: publicacion ecci.
- Prieto, J. S., & Molano, O. (2012). PROPUESTA DE UTILIZACION DE REALIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM) COMO HERRAMIENTA PARA AUMENTAR CONFIABILIDAD/DISPONIBILIDAD EN BUSES ARTICULADOS DEL SISTEMA TRANSMILENIO. Universidad ECCI.
- Rojas, A. c. (s.f.).
- SAE. (07 de ENERO de 1990). *RCM3*. Obtenido de RCM3: <http://rcm3.org/la-norma-sae-ja-1011>
- Sierra, A. (2004). *Como realizar un programa de manteimiento en el area metalmecanica*. Bogota: Universidad.
- Suzuki, T. (1992). *TPM en industrias de proceso*. Tokio: Japan Institute Of Plant Maintenance.

Tavare, L. (2014). *RCM en campo*. Madrid: Reverté.

Transporte, M. d. (2014).

Transporte, M. d. (2013).

Troffé, M. (2013). ANÁLISIS ISO 14224 /OREDA.

Vargas, E. A., & Jaimes, W. A. (2012). PROPUESTA DE APLICACIÓN DE RCM EN BUSES ARTICULADO VOLVO B12M. Universidad ECCL.