

**GESTIÓN DE ACTIVOS PARA DETERMINAR EL TPEF (TIEMPO PROMEDIO
ENTRE FALLAS) DE UNA FLOTA DE BUSES. CASO: EMPRESA MASIVO
CAPITAL, S.A.S**

**CESAR AUGUSTO SANDINO NOGUERA
KEVIN FARID MORENO DUARTE**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÀ D.C.
2016**

**GESTIÓN DE ACTIVOS PARA DETERMINAR EL TPEF (TIEMPO PROMEDIO
ENTRE FALLAS) DE UNA FLOTA DE BUSES. CASO: EMPRESA MASIVO
CAPITAL, S.A.S**

**CESAR AUGUSTO SANDINO NOGUERA
KEVIN FARID MORENO DUARTE**

**Monografía como opción de grado para optar al título de Especialistas en
Gerencia de Mantenimiento**

**DIRECTORA:
DRA. MARIA GABRIELA MAGO RAMOS**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTA D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO.

FIRMA DEL JURADO.

BOGOTÁ, AGOSTO DE 2016

ACTA DE OPCIÓN DE GRADO

**FORMATO DE CESION DE DERECHOS PATRIMONIALES DE LA UNIVERSIDAD
ECCI**

DEDICATORIAS

Este trabajo es dedicado principalmente a Dios, quien me ha dado la fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer. De igual forma, a mis Padres, a quienes les debo toda mi vida, les agradezco el cariño y su comprensión, quienes me han sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino. A mis maestros, gracias por su tiempo, apoyo y sabiduría que me han ido transmitiendo en el desarrollo de mi formación académica, en especial a la Dra. María Gabriela Mago Ramos, por haberme guiado con el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

Kevin Moreno

Dedico esta monografía producto de mi arduo trabajo y dedicación a DIOS por que quien siempre habito en mi corazón en momentos de incertidumbre y angustia para reconfortarme y ayudarme a continuar, a cada uno de los seres humanos que en el transcurso de mi vida contribuyeron con mi formación profesional y personal.

A mi madre quien siempre trato de hacer de mí un hombre integral responsable y honesto. A mi padre que siempre me inculcó las cualidades necesarias para ser un profesional admirable

Cesar Sandino

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad, la sabiduría y perseverancia de culminar mi especialización. Además agradezco a mis padres quienes me han ayudado con la colaboración económica, ya que sin su ayuda no se hubiese podido terminar este reto. También agradezco a mi familia, amigos, compañeros y todos aquellos que de alguna u otra forma contribuyeron a mi proceso para lograr obtener este importante logro para mi vida.

Kevin Moreno

Expreso mis agradecimientos a:

DIOS, porque si el nada hubiese sido posible, al recorrer este camino.

La universidad ECCI, por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan noble comunidad educativa y forjarme como profesional.

La asesora Dra. María Gabriela Mago Ramos, por impartir sus conocimientos, sus valiosas orientaciones, su apoyo incondicional y por ser ejemplo como una gran profesional.

A mis padres que nunca dejaron de creer en mí, y me apoyaron en el transcurrir de toda mi carrera como ingeniero mecánico especialista en gerencia y mantenimiento.

Cesar Sandino

CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS.....	10
LISTA DE GRÁFICAS	11
INTRODUCCIÓN	12
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
GLOSARIO.....	16
1. TÍTULO DEL PROYECTO	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	19
2.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA.....	19
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
4. JUSTIFICACION Y DELIMITACIONES DELA INVESTIGACION.....	21
4.1 JUSTIFICACION.....	21
4.2 DELIMITACIONES.....	22
5. MARCO REFERENCIAL	23
5.1 MARCO TEORICO.....	23
5.1.1 MANTENIMIENTO.....	23
5.1.2 DISPONIBILIDAD	24
5.1.3 MANTENIBILIDAD.....	26
5.1.4 SOFTWARE SPSS	27
5.1.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	27
5.2 ESTADO DEL ARTE	28
5.2.1 ESTADO DEL LOCAL	28
5.2.1 ESTADO DEL ARTE NACIONAL	30
5.2.3 ESTADO DEL ARTE INTERNACIONAL.....	31
6. TIPO DE INVESTIGACION	33
6.1 ESTUDIO DE CASO	34

7. MARCO METODOLOGICO.....	35
7.1 RECOLECCION DE INFORMACION	35
7.3 PROPUESTA DE SOLUCION	44
7.4 ENTREGA DE RESULTADOS.....	47
8 FUENTES DE OBTENCION DE LA INFORMACION	48
8.1 FUENTE PRIMARIA.....	48
8.2 FUENTE SECUNDARIA.....	49
9 ANALISIS FINANCIERO.....	50
9.3 CALCULO DEL ROI.....	52
10 TALENTO HUMANO	54
11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
12 BLIOGRAFIA.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Investigación.....	31
Tabla 2: Resultados estadísticos por Mes.....	36
Tabla 3: Resultados estadísticos por Sistema.....	37
Tabla 4: Resultados estadísticos del sistema Dirección.....	38
Tabla 5: Resultados estadísticos del sistema Frenos.....	39
Tabla 6: Resultados estadísticos del sistema Caja de Velocidades.....	40
Tabla 7: Resultados estadísticos del sistema Motor.....	41
Tabla 8: Hoja de Información RCM II.....	43
Tabla 9: Hoja de decisión RCM II.....	44
Tabla 10. Muestra de equipos.....	46
Tabla 11. Costos Implementación.....	48
Tabla 12. Pérdidas por varado en vía.....	50
Tabla 13. Relaciones generales: pérdidas.....	50

LISTA DE GRÁFICAS

Grafica 1: Lista de chequeo	34
Gráfica 2: Resultados estadísticos por Mes.....	36
Gráfica 3: Resultados estadísticos por Sistema	37
Gráfica 4: Resultados estadísticos por sistema Dirección.....	38
Gráfica 5: Resultados estadísticos por sistema Frenos.....	39
Gráfica 6: Resultados estadísticos por sistema Caja de Velocidades.....	40
Gráfica 6: Resultados estadísticos por sistema Motor.....	41

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realiza con el objetivo de presentar la metodología de Gestión de Activos, para determinar el tiempo promedio entre fallas (TPEF) de una flota de vehículos, para lo cual se inicia con la etapa del estudio preliminar para mejorar la problemática evidenciada de acuerdo a la disponibilidad y el rendimiento del activo dentro de la organización, por tal motivo, es necesario revisar el entorno global empresarial, con el propósito de recolectar datos que permitan diseñar un plan estratégico para implementar y dar solución a determinadas deficiencias de los procesos.

Por lo tanto, la gestión de activos es el proceso a través del cual se puede agregar valor ya sea económico o de confiabilidad a los activos de la compañía, igualmente, permitirá tomar decisiones oportunas para optimizar el proceso en general de la flota vehicular, mejorando su desempeño mediante este estudio; por consiguiente, se relacionará la frecuencia de fallas, estudiando los sistemas en los cuales el nivel de riesgo es más prominente; de tal manera que, esta metodología dará una nueva perspectiva eficaz y eficiente ante cualquier eventualidad, lo cual se traduce en resultados óptimos de mayor rentabilidad, permitiendo además solidez en el área de mantenimiento.

De acuerdo a lo indicado anteriormente para el desarrollo de dicho planteamiento se ha llevado a cabo la investigación de acuerdo a lo siguiente:

En la primera parte se plantea la pregunta de investigación, la sistematización, el objetivo general, los objetivos específicos y las delimitaciones de la investigación los cuales están enfocados en la industria del transporte.

En la segunda parte, se encuentra el marco teórico y el estado del arte, donde se profundizó en teorías relacionadas, búsqueda de información de trabajos anteriores que dieran cuenta de las oportunidades de mejora, además de evidencias de

disponibilidad o TPEF, estableciendo cada una de las actividades que hacen parte del proceso, para mantener un estándar en las tareas de mantenimiento propuestas.

Para concluir, en la tercera parte; se encontrará el desarrollo de la investigación, el cual contiene: la recopilación de la información y el análisis que se realizó con ayuda de la implementación de un programa estadístico, el software SPSS®, así mismo, se mencionan los temas correspondientes a la capacitación del personal para el desarrollo de la investigación, además del análisis financiero, entre otros.

Además se evidencian los beneficios que se lograrían de acuerdo a lo expuesto en el estudio de casos e igualmente; las conclusiones y recomendaciones obtenidas del mismo.

RESUMEN

TITULO: GESTIÓN DE ACTIVOS PARA DETERMINAR EL TPEF (TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS) DE UNA FLOTA DE BUSES. CASO: EMPRESA MASIVO CAPITAL, S.A.S

AUTORES: CESAR AUGUSTO SANDINO NOGUERA, KEVIN FARID MORENO DUARTE

DESCRIPCIÓN: El presente trabajo de investigación contempla una propuesta correspondiente al estudio de confiabilidad o TPEF (tiempo promedio entre fallas) en una flota de buses de la empresa Masivo Capital S.A.S. Proyecto, que contribuyó en el aumento de la productividad de los activos para esta compañía.

El proyecto inicia con una presentación detallada del Estudio de la problemática de TPEF, revisando el entorno empresarial para haber podido diseñar un plan de soluciones para estas problemáticas con el fin de mejorar la operación, la calidad del servicio y seguridad vial, está enfocado en el estudio de la gestión de los activos, para llevar a cabo planes de mantenimiento preventivos y predictivos en la empresa, determinando variables que afectaban directamente el funcionamiento de los vehículos realizando análisis de fallas en tiempos determinados, para así establecer cuáles eran las fallas más comunes que se presentaron y de esta forma poder actuar en pro de mitigación de las mismas.

De acuerdo a los resultados del estudio, una de las fallas más frecuentes identificadas estaba asociada a los frenos, para esta falla se implementó con la ayuda del RCM un plan de mantenimiento enfocado directamente al sistema neumático que alimenta los frenos de los vehículos.

PALABRAS CLAVES: GESTIÓN DE ACTIVOS, CONFIABILIDAD, TPEF, MANTENIMIENTO, DIAGNOSTICOS.

ABSTRACT

TITLE: Asset Management TIME TO DETERMINE ATBF (Average time between failures) of A BUS FLEET. **CASE:** MASIVO CAPITAL Company, S.A.S

AUTHORS: César Augusto Sandino Noguera, Kevin Farid Moreno Duarte

DESCRIPTION:

The present research work includes a proposal for the study of reliability or ATBF (Average time between failures) on a fleet of buses of the massive Capital S.A.S Company, that contributed in increasing the productivity of assets for this company.

The project begins with a detailed presentation of the study of the problems of ATBF, reviewing the business environment to be able to design a plan of solutions to these problems in order to improve the operation, quality of service and road safety.

The Project is focused in the study of assets Management, for thus to carry to out them plans of maintenance preventive and predictive in the company, to be able to determine the variable that affected directly the operation of the vehicles was necessary an analysis of fault at set times to establish what were the most common failures that were presented and in this way to act towards mitigation of them.

According to the results of the study an of them failures more frequently identified was associated to them brakes, for this fault was implemented with the help of the RCM maintenance plans focused directly on the pneumatic system that feeds the brakes of vehicles.

KEYWORDS: ASSET MANAGEMENT, RELIABILITY, ATBF, MAINTENANCE, DIAGNOSIS

GLOSARIO

CONFIABILIDAD: es la capacidad que posee un activo o componente para realizar una función o trabajo requerido bajo unas condiciones determinadas en un intervalo de tiempo dado. (Garcia Garrido, 2009)

DIAGNOSTICO: proceso analítico que después de un estudio determinado busca dar resultados concretos, evaluando y determinado dicho diagnóstico para solucionar el problema manifestado (Issue, SAE JA1012: A guide to Reliability Centred Maintenance (RCM) Standard., 2002)

DISPONIBILIDAD: es lo más importante al momento de realizar los mantenimientos, es asegurarse que los activos no fallen y se ve representado en la calidad de la operación, y la cantidad de actividades que se pueden hacer sin pérdida de tiempo por programación de mantenimiento. (Holden, 2011)

FALLA: es una condición no deseada que hace que el elemento estructural o una estructura no desempeñen una función para la cual fueron diseñados. (Mantenimientopetroquímica, 2015)

FALLA CRÍTICA: es estado de un activo cuya consecuencia es indeseable para la aplicación de mantenimiento preventivo y predictivo los cuales evitan que la falla ocurra. (IBM, 2010)

FALLA INTOLERABLE: es un estado de un activo cuya consecuencia no puede ser aceptada desde el punto de vista financiero. (IBM, 2010)

MANTENIMIENTO: Podemos definir mantenimiento como el conjunto de técnicas enfocadas a la conservación de activos o equipos en servicio buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento (buscar su buen funcionamiento durante el mayor tiempo posible) (Garcia Garrido, 2009)

R C M (Reliability Centered Maintenance): Sub “Es un método organizado, lógico y documentado, para construir o modificar un plan de mantenimiento, conservando un balance óptimo entre su costo y la confiabilidad del servicio” (Ortiz, 2000)

TAREAS DE MANTENIMIENTO RENTABLE: son aquellas tareas que técnicamente son las más adecuadas para evitar las causas de falla, y sus costos siempre serán inferiores al de las consecuencias que se busca evitar (Holden, 2011)

1. TÍTULO DEL PROYECTO

Gestión de Activos enfocada hacia la determinación de la Confiabilidad o TPEF (tiempo promedio entre fallas) de una flota de buses. Caso: empresa Masivo Capital S.A.S

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La compañía Masivo Capital S.A.S es una empresa que ha modificado su línea de operación, tratando de sistematizar sus activos aumentando la disponibilidad, logrando evitar los cuellos de botella que se presentan en la operación; de tal forma que, la investigación se realiza enfocada en la determinación del grado de confiabilidad o tiempo promedio entre fallas, con el fin de mejorar la operación, la calidad del servicio y seguridad vial. Teniendo en cuenta que en esta empresa se desarrolla una línea de operación sectorizada, es decir, en cada área se realizan diferentes labores, entre las cuales se pueden mencionar: operaciones, almacén o inventario, mantenimiento y áreas administrativas en general.

En ese orden de ideas, es indispensable para la compañía realizar un control interno correspondiente a la confiabilidad de la información, permitiendo de este modo trazabilidad de los datos recolectados correspondientes a procesos como: rutinas de revisión o inspección estricta, un check list (lista de chequeo) por parte del conductor, stock de repuestos y un mantenimiento preventivo o predictivo; existiendo estadísticas internas dentro de la compañía que muestran falencia de dichos procedimientos.

Cuando no hay cumplimiento con los procedimientos de inspección de la flota de buses, por ejemplo los check list, revisiones preventivas, y mantenimientos correctivos por falta de repuestos, se genera un desplome del servicio por la cantidad de buses varados, afectando la calidad estas condiciones desfavorables que se ven reflejadas en la cantidad de quejas presentadas por los usuarios del sistema. También se pueden notar las falencias debido a la baja productividad que se ha estado presentado en los últimos meses (desde el momento en que se realizó la medición para esta investigación hasta el mes de julio del 2015), debido a la pérdida de recorridos de servicio debido a cantidad de buses varados en las troncales, y en ocasiones otros que ni siquiera logran salir del patio incumpliendo contratos establecidos con la empresa Transmilenio generando una serie de multas que afectan directamente a la Empresa Masivo Capital S.A.S

2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a lo anterior surge la siguiente pregunta: ¿Cómo el TPEF (tiempo promedio entre fallas) que es un indicador de confiabilidad, puede mejorar las rutinas y frecuencias de inspección de una flota de buses, apoyando la gestión de activos y los mantenimientos requeridos?

2.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

El TPEF (TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS) influye de una forma directa en la gestión de mantenimiento de una empresa, porque al realizar un ajuste en los tiempos de rutinas y frecuencias de inspección del área de mantenimiento permiten mejorar la disponibilidad de los activos, aumentar la rentabilidad del mismo, así como también el tiempo de servicio, ayuda en la consolidación del presupuesto para el área de mantenimiento, reduciendo la probabilidad de fallas y finalmente, aumentando la calidad del servicio en pro de la entera satisfacción de los clientes.

- ¿Cómo la evaluación de los componentes críticos permiten conocer sobre el rendimiento y la disponibilidad de un activo de acuerdo a la determinación del TPEF?
- ¿Qué ventajas proporciona el estudio del tiempo promedio entre fallas mediante una herramienta software de mantenimiento o CMMS?
- ¿Qué tipo de acciones contribuyen a la disminución en las deficiencias más representativas de los TPEF?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la confiabilidad o TPEF (tiempo promedio entre fallas) de una flota de buses, aplicando un programa estadístico utilizando el software SPSS[®] para evaluar condiciones que afecten la gestión de mantenimiento.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar los componentes que pueden afectar la disponibilidad y el rendimiento del activo determinando el TPEF.
- Aplicar una herramienta de software de mantenimiento o CMMS para desarrollar el estudio del tiempo promedio entre fallas utilizando el SPSS (Software Package Science Social) con la finalidad de establecer causas probables asociadas a las mismas.
- Desarrollar acciones que permitan disminuir las deficiencias detectadas en los TPEF más representativos a fin de mejorar la gestión de mantenimiento..

4. JUSTIFICACION Y DELIMITACIONES DELA INVESTIGACION

4.1 JUSTIFICACION

Este proyecto tiene como finalidad estudiar el entorno global del transporte, siendo este uno de los negocios más rentables en Colombia; en un artículo de la revista dinero se menciona que este sector mueve más de \$70.000 millones de pesos diariamente, lo cual resulta un panorama atractivo para los inversionistas de este sector. De acuerdo a lo anterior, es importante que todos los activos estén disponibles para desarrollar la labor para la cual fueron adquiridos, y se obtenga; el mayor beneficio con la disponibilidad de la flota vehicular que garantice la rentabilidad para la compañía. (Dinero.com, 2010)

Otra de las razones fundamentales por la cuales es oportuno llevar a cabo dicha investigación, es el hecho de que la implementación de check list y rutinas de inspección permiten un análisis previo del estado real del vehículo en cuanto a las deficiencias que pueden llegar a presentarse, provocando gran incertidumbre en la seguridad del usuario y ocasionado además, riesgos legales que afectan la imagen de la empresa, por lo que es relevante hacer énfasis en unas cifras de accidentalidad presentadas por el diario el tiempo, en las cuales se indican que el diez por ciento (10%) de los accidentes son causados por el mal funcionamiento de un mecanismo importante del vehículo, mientras que el ochenta y cinco por ciento (85%), hace referencia a errores graves de quienes se encargan de mantenerlo y conducirlo. (EL TIEMPO, 2010)

De acuerdo a lo indicado anteriormente, se hace necesario medir la confiabilidad de los vehículos a fin de conocer cuál es la situación real de los mismos, aplicando Indicadores de mantenimiento que se complementen con programas o software estadísticos, a fin de determinar cuáles causas probables están asociadas a las fallas encontradas y de esta forma, mejorar la utilidad real del activo.

En el mismo orden de ideas, otra de las razones de mayor importancia por las cuales se realiza este estudio, es la necesidad de realizar seguimiento de las actividades y procesos del área de mantenimiento, a fin de identificar el tiempo estimado del trabajo, fallas asociadas, etc. Con estos conceptos se pueden realizar planes preventivos, igualmente se hace indispensable la distribución de registros de información en los diferentes estados del vehículo por parte del operador, estando esta condición seriamente comprometida con la veracidad y trazabilidad de los datos, con lo cual se apoya de manera importante la gestión de mantenimiento.

El campo de acción en el cual se desarrollará esta investigación, es el ámbito del transporte, encauzado hacia el área de mantenimiento con el fin de determinar los factores del TPEF. Con el propósito de trabajar en la detección y prevención para

tomar acciones que permitan el buen funcionamiento de la flota de vehículos optimizando tiempos muertos y evitando pérdidas de capital.

La empresa ofrece servicio a todo tipo de pasajero, no tiene prioridad con determinado cliente ya que es de un bien común, obteniendo como resultado la satisfacción de estos en la prestación de servicio.

4.2 DELIMITACIONES

ESPACIO (GEOGRÁFICO)

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, en los patios de la empresa Masivo Capital, S.A.S.

TIEMPO

Este proyecto fue desarrollado desde el mes de Julio 2015 hasta el mes de Julio del 2016. . Estará centrado en necesidades específicas.

CONTENIDO

Los que elaboramos este proyecto de investigación somos clientes internos de los colaboradores que pertenecen al área operativa de la empresa, estamos encargados de ejecutar el mantenimiento de los vehículos, por ende debemos contar con la información oportuna, que indique el desarrollo de las actividades y procesos. Asimismo, el grupo de trabajo está conformado además, por el asistente de información, inspector de vehículos, técnicos mecánicos y auxiliar de almacén.

El campo de acción en el cual se desarrolla el proyecto es el de transporte, orientado en el ámbito de mantenimiento en el cual se aspira determinar el indicador de confiabilidad el cual es TPEF (tiempo promedio entre fallas).

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEORICO

Las Teorías de Mantenimiento basadas en Confiabilidad, Mantenibilidad o Disponibilidad, permiten el diseño de estrategias donde se implementen programas de mantenimiento en plantas industriales o empresas de servicio, que mejoren los procesos y aumenten la vida útil de los equipos. En los sectores industriales por ejemplo, la organización de mantenimiento localiza un conjunto de recursos y una demanda de servicios de suma importancia, siendo necesario el diseño de planes de acción, que garanticen la continuidad bajo los parámetros establecidos por los fabricantes. Una de las condiciones necesarias para la operación de estos sistemas, requiere determinar la Confiabilidad o tiempo promedio entre fallas (TPEF o MTEF), de los equipos que forman parte de los sistemas industriales. (Mendoza, 2007)

5.1.1 MANTENIMIENTO

Podemos definir mantenimiento como el conjunto de técnicas enfocadas a la conservación de activos o equipos en servicio buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento (buscar su buen funcionamiento durante el mayor tiempo posible) (García Garrido, 2009)

El objetivo fundamental del mantenimiento no es reparar las fallas o averías que surjan en los equipos de una forma urgente, para ellos se establecen cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- **Cumplir con un valor determinado de disponibilidad**
- **Cumplir con un valor determinado de fiabilidad**
- **Asegurar una vida larga de sus activos en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la empresa**
- **Conseguir todo ello ajustándose al presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento establecido para su empresa [4]**

5.1.2 DISPONIBILIDAD

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que los activos estarán en disposición de funcionamiento el mínimo de horas determinadas al año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir un valor de disponibilidad por encima del cien por ciento (100%), puesto que esto puede hacer muy costoso los planes de trabajo, no sería adecuada la relación costo beneficioso.

Conseguir el objetivo establecido de disponibilidad con un costo determinado es generalmente una razón suficiente. Como se verá más adelante, la disponibilidad es un indicador que ofrece varias posibilidades de cálculo y de interpretación.

La definición del cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento de cualquier empresa está realizando su trabajo correctamente, o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- **Número de horas totales de producción**
- **Número de horas de disponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento: intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada del activo, intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran paradas de activo, intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detiene la producción de forma inesperada y que por lo tanto tiene una incidencia en la planificación ya realizada de la producción, número de horas de disponibilidad parcial, es decir número de horas que el activo está en disposición para producir.**
- **La confiabilidad operacional (Co), EQ (1):**

$$Co = MTBF/(MTBF+MTTR)$$

$$Co = \frac{MTBF}{(MTBF+MTTR)} \quad (1)$$

- **La disponibilidad Operacional Do**

$$Do = MUT/(MUT+MTTR)$$

Donde:

- **MTBF (Mean Time Between Failures):** Es el Tiempo promedio entre Fallas
- **MTTR (Mean Time To Repair):** Es el Tiempo Promedio para Reparar
- **MUT (Mean Up Time):** es Tiempo Promedio en Operación (arriba) o Tiempo promedio para fallar (MTTF)

La confiabilidad se define como “*la probabilidad de que un componente o equipo no falle estando en servicio durante un periodo determinado*”, cuando es operado en condiciones razonablemente uniformes de voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, frecuencia, entre otros.

La probabilidad de supervivencia o sobrevivencia $P(s)$, es el “*término sinónimo de confiabilidad*”, en cambio, la probabilidad de falla $P(F)$, es el que representa la “*des confiabilidad*”. Si se tiene un equipo sin falla, se dice que el equipo es cien por ciento confiable, o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno, cuando la frecuencia de falla aumenta, decrece entonces, la confiabilidad. Para realizar estudios de confiabilidad se debe conocer la causa y la influencia del factor tiempo o en su defecto, la cantidad de equipos fallados en un periodo determinado, utilizando para ello, los resultados de análisis estadístico o similar. Los parámetros utilizados para el estudio de confiabilidad son: tiempo promedio entre fallas, probabilidad de supervivencia y rata de fallas $r(t)$, como se indica a continuación en las EQ (2), (3) y (4):

Probabilidad de supervivencia

$$P_{(s)} = 1 - P_{F(t)} \quad (2)$$

Rata de fallas

$$r(t) = \frac{p(t)}{P_{S(t)}} \quad (3)$$

$$P_{s(t)} = e^{-\int_0^t r(t) dt} \quad (4)$$

Un buen análisis de fallas es el paso más importante en la determinación de un programa de mantenimiento (*óptimo*), y éste depende, del conocimiento del índice de fallas de un equipo en cualquier momento de su vida útil.

La vida útil de un equipo está dividida en tres periodos separados, los cuales se definen en función del comportamiento de la rata de fallas: arranque, operación normal y desgaste (obsolescencia). (Holden, 2011)

5.1.3 MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad es definida por la ISO/DIS 14224 como la capacidad o probabilidad si hablamos en términos de estadísticos, bajo condiciones dadas, que poseen los activos, componente de ser mantenidos o restaurados en un periodo de tiempo volviendo a cumplir con sus funciones originales, cuando el mantenimiento se ha desarrollado bajo condiciones estandarizadas, con procedimientos y medios adecuados. Esto quiere decir, que si un componente tiene un noventa y cinco por ciento (95%) de mantenibilidad en una hora, entonces habrá un noventa y cinco por ciento (95%) de probabilidad de que ese componente sea reparado exitosamente en una hora.

La mantenibilidad se puede calcular con una ecuación clásica EQ (5):

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)} \quad (5)$$

Cuando μ o rata de reparación es constante.

El MTTR (tiempo promedio para reparar) de un componente cuando esta llega a la falla, es parte del tiempo promedio arriba o en un servicio (MDT) y es un indicador directo de la mantenibilidad.

Podemos definir la rata de reparación (μ) hablando del MTTR como:

$$\mu = 1/\text{MTTR}$$

la rata de reparación la encontramos como un parámetro que permite evaluar la probabilidad que tiene un activo para ser reparado y juega un papel exactamente similar a la rata de falla ($\lambda = 1/\text{MTBF}$) para el cálculo de la confiabilidad.

Podemos concluir que la mantenibilidad esta inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido para realizar las labores de mantenimiento. Puede ser asociada de manera inversa con el tiempo que se requiere en terminar las labores de mantenimiento en relación con la obtención del comportamiento ideal de un componente. (Holden, 2011)

5.1.4 SOFTWARE SPSS

SPSS son las siglas de Statistical Package for The Social Sciences, que en su traducción al español significa: “Software Estadístico para Ciencias Sociales”.

Este programa que se emplea muy a menudo en las ciencias sociales y de un modo más específico, es utilizado por las empresas y profesionales de diferentes sectores industriales, ellos quiere decir, que es una herramienta de trabajo de gran utilidad cuando se realizan investigaciones de carácter técnico – comercial y que se aplica de manera inédita para el sector de transporte.

Este programa resulta muy útil debido a que su principal ventaja respecto a otros programas estadísticos es el tratamiento de datos, a diferencia del Excel o el Matlab.

Además el SPSS permite recodificar variables y registros según las necesidades del investigador, esto es importante en caso de requerir mayor precisión en las variables, no habría ningún problema. La principal razón de su t popularidad radica en la capacidad que presenta este software para trabajar con grandes bases de datos. (IBM, 2010)

5.1.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento correctivo:

Este mantenimiento se conoce como un conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos, a raíz del tiempo en su uso diario y que son comunicados al departamento de mantenimiento por usuarios de los mismos. (Mantenimientopetroquimica, 2015)

Mantenimiento preventivo:

Este mantenimiento tiene como misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, estableciendo las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno, suele tener un carácter sistemático, es decir, se intervienen aunque el equipo no haya fallado ni presentado ningún síntoma de falla. (Mantenimientopetroquimica, 2015)

Mantenimiento predictivo:

Este mantenimiento es el que busca conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores

de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas, (temperatura, vibración, consumo de energía). Este es el mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones de fuertes conocimientos matemáticos, físicos, y técnicos. (Mantenimiento petroquímica, 2015)

5.2 ESTADO DEL ARTE

5.2.1 ESTADO DEL LOCAL

- En el 2011 la Universidad Escuela Colombiana de carreras industriales presenta una tesis de grado, en la especialización gerencia de mantenimiento, llamada “MODELO DE GESTIO DE MANTENIMIETNO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA MAQUINA PRENSA PARA LA FABRICACION DE CLAVOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA” desarrollada por los ingenieros JUAN CAMILO PIMIENTO PAEZ, JOHN ALEJANDRO GARCIA, IVAN FERNANDO PRIETO GRARZON. Esta monografía con la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) buscan mantener los activos con un nivel óptimo de operación que les permita cumplir con sus objetivos de diseño y parámetros técnicos a través del modelo de mantenimiento propuesto, además, los niveles de producción generen mayor utilidad bajo la optimización de recursos financieros asociados al mantenimiento. **(PIMIENTO PAEZ, GARCIA, & PRIETO GRARZON, 2011)**
- En el 2013 la universidad escuela colombiana de carreras industriales presenta una tesis de grado en la especialización en gerencia de mantenimiento titulada “ PROPUESTA PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS EN LA CLINICA DE ESPECIALISTAS LA DORADA” trabajo realizado por los ingenieros JAIME EDUARDO GIL GARCIA y LEONARDO IVAN GUERRERO ALVAREZ, los cuales presentan un plan de mantenimiento cuya propuesta mejora el plan de mantenimiento que existía anteriormente en la clínica de especialista la dorada, con el fin de garantizar la seguridad de los pacientes y del personal que utiliza la tecnología biomédica. Propone una revisión del inventario del equipamiento biomédico determinado su nivel de riesgo y el nivel de prioridad para cada equipo. **(GIL GARCIA & GUERRERO ALVAREZ, 2013)**

- En el 2011 la universidad escuela colombiana de carreras industriales presenta una tesis de grado en la Dirección de posgrados en la especialización en gerencia de mantenimiento que lleva por título: “ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD A LAS BOMBAS PRINCIPALES DE INYECCIÓN DE AGUA PARA LA EXTRACCIÓN DE CRUDO POR MEDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULLEN CAMPO SAN FRANCISCO DE HOCOL S.A” trabajo realizado por los ingenieros ALCIDES LOPEZ CAMELO y JUAN SEBASTIAN PEDRAZA. Esta monografía muestra una de las aplicaciones del modelo de distribución de mayor aplicación a los equipos de mantenimiento (Distribución de Weibull), la cual permite modelar el comportamiento de fallas de índole mecánico cuantificando de forma probabilística, el desgaste o el deterioro normal que sufren los componentes de máquinas en la operación. **(LOPEZ CAMELO & PEDRAZA, 2011)**
- En el 2012 en la escuela colombiana de carreras industriales los ingenieros EDGAR ANDRES BERNAL VARGAS y WILLIAM ANTONIO JAIMES JAIMES junto a la asesoría del ingeniero NELSON DARIO ROJAS de la Dirección de posgrados en la especialización en gerencia de mantenimiento presentan una propuesta de aplicación del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) para buses articulados marca Volvo B12M, esta monografía propone un plan de mantenimiento basado en el RCM donde se busca mostrar un mantenimiento organizado que evidencia una inversión en los activos de la empresa, aumentando la confiabilidad y la disponibilidad durante la operación, evitando la alteración de las troncales de la empresa Transmilenio.

Esta metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad, aplicada a los motores de los buses marca Volvo B12M pertenecientes a la empresa Transmasivo S.A aporta a la presente investigación en el proceso de construcción y organización del TPEF en una flota de buses que en este caso corresponde a la empresa masivo capital S.A **(BERNAL VARGAS & JAIMES JAIMES, 2012)**
- En el 2011 la escuela colombiana de carreras industriales presento una tesis titulada: “ PRESUPUESTO DE LA METODOLOGIA RCM PARA LA CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR COMPENSAR” realizada por el ingeniero MARIO GIOVANY PINEDA LARA la cual presenta un plan de mantenimiento cuyos presupuestos y rubros correspondientes fueron realizados en formato Excel que se encuentran bien soportados, aunque no posee datos históricos ni hojas de vida de los equipos que soportan su infraestructura, éste propuso el desarrollo de una metodología, centrada en la confiabilidad RCM

ejecutando una serie de pasos que permiten organizar y evaluar más fácilmente la criticidad de sus equipos. **(PINEDA LARA , 2011)**

5.2.1 ESTADO DEL ARTE NACIONAL

- En el 2003 en la revista DYNA de la Universidad Nacional de Colombia de la sede Medellín, Luis A Escobar R/ Enrique R Villa D. / Sergio Yáñez C. Escriben un artículo titulado: “CONFIABILIDAD: HISTORIA, ESTADO DEL ARTE Y DESAFIOS FUTUROS”. Este artículo en la página 18 describe las tendencias y retos en el uso de la estadística en la confiabilidad, se muestran que los problemas que genera la confiabilidad son los grandes retos para los programas estadísticos, debido a este párrafo podemos generar ideas para el desarrollo del proyecto y decidir que software estadístico se puede como aporte a la presente investigación. **(Escobar R, Villa D, & Yáñez C, 2003)**
- En el 2008 SINAIS Ingeniería de Mantenimiento desarrolla un artículo que lleva por título: “TENDENCIAS ACTUALES DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL” donde se describe en la página 3, cómo se genera una metodología para realizar mantenimientos predictivos, determinando los siete (07) pasos fundamentales de esta condición, en los cuales se basa el plan de mantenimiento propuesto en la presente investigación dentro del mejoramientos propuesto, los pasos a seguir son en esta metodología son: análisis del sistema bajo estudio, selección adecuada de parámetros, adquisición de datos, análisis e interpretación de datos, evaluación del estado del equipo, generación de avisos y toma de decisiones, ordenes de trabajo y retroalimentación. **(mantenimiento, 2008)**
- El 1 de junio del 2007 quiminet.com publica un artículo titulado: “IMPORTANCIA DE LA CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN EQUIPO” el cual trata sobre la calibración de equipos y la importancia que esto conlleva en las actividades de mantenimiento, El envejecimiento de los componentes, los cambios de temperatura y el estrés mecánico que soportan los equipos deterioran poco a poco sus funciones. Cuando esto sucede el trabajo de los equipos comienzan a perder confianza y esto puede verse reflejado en el proceso y muchas veces, amenaza la seguridad de los trabajadores. Este tipo de situaciones pueden ser evitados, por medio del proceso de calibración.

Las buenas prácticas de calibración de los equipos de una compañía proporcionan seguridad en la producción y en el mantenimiento. Cada vez son más numerosas las razones que llevan a los fabricantes a calibrar sus equipos de medida, con el fin de:

-Mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos
-Responder a los requisitos establecidos en las normas de calidad, garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas **(quiminet.com, 2007)**

- En el 2009 la universidad de Santiago de Cali presento una monografía llamada “ ELABORACION DE PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO” realizada por el ingeniero SANTIAGO GARCIA la cual indica los pasos que se deben seguir para la elaboración del presupuesto de mantenimiento, cuya metodología sirvió de referencia para elaborar el presupuesto de mantenimiento en la flota de buses de la empresa Masivo Capital S.A **(GARCIA, 2009)**

5.2.3 ESTADO DEL ARTE INTERNACIONAL

- En la Universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2003, el ingeniero Walter Reynaldo Fabián Grijalva de la Facultad de Ingeniería realizó la investigación titulada: “ DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UNA PLANTA DE CAFÉ SOLUBLE”, donde implementaron un plan de mantenimiento para optimizar los recursos del personal y actividades programadas, se crearon ordenes de trabajo fichas de cetros, se implementó Software para ordenar mejor los datos del mantenimiento, cuyas medidas son necesarias para la buena ejecución de los procesos que contribuyan al mejoramiento de la empresa, siendo este aporte para la presente investigación. **(Walter Reynaldo, 2003)**
- En el año 2009 los ingenieros, Antonio Figueroa Pérez y, Héctor Román Torres Castellán, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Instituto Politécnico Nacional de México D.F. presentaron un estudio titulado “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO COMO ESTRATEGIA DE TRABAJO EN EL ÁREA DE MATERIAL RODANTE DEL S.T.C”, en el cual se desarrolla un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad operacional de los equipos, los trabajos nuevos fortaleciendo la actividad productiva de la

empresa, cuyo aporte se aplica en la presente investigación.. **(Figueroa Pérez & Torres Castellán, 2009)**

- En la universidad de San Carlos de Guatemala en el año 2004 el ingeniero Welder Ulisser Vargas Pérez de la Facultad de Ingeniería presenta un estudio titulado, “PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LA MEJORA” LA RESPUESTA Y CONFIABILIDAD DE LA MAQUINARIA UTILIZADA EN LA ZONA VIAL”, centrando el programa en la lubricación de la maquinaria y la implementación de nuevos métodos en el área de mantenimiento, tomando como antecedentes los mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos ya establecidos para los activos. **(Vargas Pérez, 2004)**
- En el 2004 el escritor Jhon Moubray en su libro Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability- Centred Maintenance) RCM II describe una filosofía que explica la estructura, llamada mantenimiento centrado en confiabilidad, que bien aplicada podría extender la vida útil de los activos al máximo. **(Moubray , 2004)**
- En el año 2001 el ingeniero Calderón Neiza de la Universidad de Loma Linda en USA, desarrolla una monografía titulada “EL PRESUPUESTO DEL PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO” el cual manifiesta que un buen plan maestro para una compañía es el que va entrelazado con el área de ventas, cobranzas y compras de igual forma, presenta unas pautas que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un plan maestro, el éxito de este depende del esfuerzo que se aplique a cada hecho o actividad, se debe considerar que el presupuesto solo es un estimado no pudiendo establecer con exactitud de lo que sucederá en el futuro, hacer demasiado énfasis en datos provenientes del presupuesto puede ocasionar que la administración trate de ajustar o forzar hechos falsos. **(Neiza, 2001)**
- En el 2011 realizada por las ingenieras Tatiana Santos y Rosa Solórzano, las cuales presentaron una monografía titulada “PRESUPUESTO DE UNA FÁBRICA ARTESANAL DE BOLOS” en la Universidad Estatal de Milagro Ecuador, se encargaron de investigar cual era la utilidad neta de la fábrica de bolos (refrescos) de esta investigación tomaron costos de producción e hicieron una proyección a un año de operación, cuyo aporte financiero es importante a la presente investigación para realizar el cálculo del ROI de la misma. **(Santos & Solorzano, 2011)**

6. TIPO DE INVESTIGACION

Existen diversos tipos de investigación, los cuales se mencionan a continuación en la tabla 1, con el fin de conocer sus características que definan cuál investigación es la que más adecuada para el perfil del proyecto de investigación.

TABLA 1: TIPOS DE INVESTIGACIÓN

TIPOS DE INVESTIGACION	CARACTERISTICAS
Histórica	Analiza eventos del pasado y busca involucrarlos con otros del presente
Documental	Analiza la información escrita sobre el tema objeto de estudio.
Descriptiva	Reseña rasgos , cualidades o atributos de la población objeto de estudio
Correlacionar	Mide grado de relación entre variables de la población estudiada
Explicativa	Da razones del por qué los fenómenos , analiza una unidad específica del universo
Estudios de caso	Recoge información del objeto de estudio en oportunidad única , compara los datos obtenidos en diferentes oportunidades o momentos de una misma población con el propósito de evaluar cambios
Experimental	Analiza el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables que son dependiente sobre otras que son independientes

Fuente: UECCI, 2014

Analizando los diferentes tipos de investigación se concluye que el más se ajusta el tipo de investigación es la histórica, también aplica a los tipos documental descriptiva, explicativa y estudio de casos, teniendo en cuenta que para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta datos históricos del documento oficial como, la hoja de vida de la flota de buses, para lo cual se hará énfasis en el siguiente periodo (01/01/2015 – 30/01/2015); con los datos obtenidos se realiza un análisis de los procesos, logrando determinar además su relación con la metodología desarrollada actualmente; es decir un vínculo causa-efecto con lo cual se aplican los otros tipos descritos anteriormente.

6.1 ESTUDIO DE CASO

En el desarrollo de esta investigación se considerará una de las tendencias que hace parte de la Gerencia de Mantenimiento, la cual está enfocada en la gestión de activos, esta comprende un estudio de confiabilidad que determina el TPEF (tiempo promedio entre fallas) aplicada a una flota de buses. Lo anterior tiene como finalidad llevar a cabo planes de mantenimiento preventivo, los cuales permitan verificar la probabilidad de ocurrencia de fallas ajustándose a las rutinas y/o frecuencias de inspección.

De acuerdo a lo anterior en esta investigación se ha desarrollado un método que permite determinar el TPEF que se complementa con la aplicación de un programa estadístico; SPSS (Statistical Program Social Science). En concordancia con ello, se realizó una recopilación de datos es decir, las fallas que se presentaron en el último semestre del anterior año; diseñándose así una planilla de análisis de fallas; posterior a los datos obtenidos de la lista de chequeo que verifica el estado del equipo ejecutado por la empresa, se estableció un orden según el grado de importancia de las fallas, considerándose lo siguiente: frenos, dirección, caja de velocidades y motor, cuyas posibles causas fueron analizadas con el programa antes mencionado; todo el anterior proceso se lleva a cabo con la intención de mejorar el nivel de seguridad para los usuarios del servicio público, teniendo en cuenta que esta compañía tiene como objetivo principal el movilizar a la sociedad, mejorando su calidad de vida en beneficio de prestar un servicio oportuno.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo primordial contribuir con la generación de conocimiento mediante la implementación del programa mencionado anteriormente (SPSS) como un complemento del cálculo del indicador de Confiabilidad (TPEF), contribuyendo además a la línea de investigación del programa de Gestión de Activos.

Por otro lado, con este principio se coopera con la transformación de la industria, puesto que se corrigen los procesos en los cuales no se está generando productividad y que no aportan a la cadena de valor en el desarrollo de las operaciones de la empresa; por lo tanto, con los resultados obtenidos durante el estudio realizado se recomendarán programas de mejora en los diferentes procesos y que respalden la calidad, mejorando así la rentabilidad de la compañía.

7. MARCO METODOLOGICO

En el marco del desarrollo metodológico del estudio de **TPEF** (Tiempo Promedio Entre Fallas), se tendrá en cuenta una ruta de recolección, manipulación y análisis del sistema de información, a fin de detallar todos los datos que se requieran para el desarrollo del proyecto; lo cual nos conlleve a plantear una posible solución, que permita aumentar la confiabilidad del servicio en la compañía del sector de transporte, por consiguiente el plan de acción contará con los siguientes procesos:

- **Recolección de información**
- **Análisis de datos**
- **Propuesta de solución**
- **Entrega de resultados**

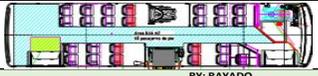
7.1 RECOLECCION DE INFORMACION

Para el desarrollo de la primera fase, se realizara la identificación de datos técnicos de los equipos, estos serán obtenidos por medio de una lista de chequeo, en la cual se evaluara el panorama actual de cada vehículo; esto con la finalidad de clasificar las fallas evidenciadas, logrando así determinar su probabilidad de frecuencia y el grado de impacto para el desarrollo de las operaciones de la empresa.

Estos datos fueron obtenidos gracias a la colaboración de la empresa del sector de transporte, Masivo Capital S.A.S, quien permitió utilizar toda la información pertinente para el desarrollo de este estudio; se requirió además la intervención de colaboradores como: El director, los supervisores, el asistente de información y todo el equipo de técnico que facilitaron el diligenciamiento de la lista de chequeo.

A continuación se puede detallar el respectivo check list que se ejecutó para cada falla presentada por cada vehículo. Gráfico 1 mostrado a continuación:

Grafica 1: Lista de chequeo

Masivo Capital		INSPECCION DIARIA DE VEHICULO		I.D.		FOP-02
				KM		
				O.T.		
				FECHA		
INSPECCION EXTERNA						
PASO N° 1				PASO N° 2		
No	REVISION FRONTAL	Hand	Return	No	REVISION LATERAL IZQUIERDA	Hand
1	Funcionamiento rutero digital			10	Estado ventanas	
2	Estado Portarutero e Iluminacion			11	Puerta y tapa combustible	
3	Estado persiana			12	Señalítica y Estado General	
4	Estado bomper / Placa			13	Estado luces	
5	Señalítica y Estado General			14	Estado de llantas y rines	
6	Estado luces (altas, bajas, estacionarias)			15	Estado Frenos	
7	Estado luces (limitadoras, direccionales)			16	TAG - IBUTTON (chips tanqueo)	
8	Estado panoramico y Limpiaparabrisas					
9	Fugas aire - aceite - combustible					
 <p>Estado carrocería</p>				 <p>Estado carrocería</p>		
PASO N° 3				PASO N° 4		
No	REVISION TRASERA	Hand	Return	No	REVISION LATERAL DERECHA	Hand
17	Funcionamiento rutero digital			24	Accionamiento y estado puertas	
18	Estado bomper / Placa			25	Estado de espejos externos	
19	Estado vidrio trasero			26	Estado ventanas	
20	Estado carrocería			27	Señalítica y Estado General	
21	Señalítica y Estado General			28	Funcionamiento rutero digital	
22	Estado luces (reversa, parqueo)			29	Estado luces	
23	Alarma de reversa			30	Estado Frenos	
				31	Estado de llantas y rines	
 <p>Estado carrocería</p>				 <p>Estado carrocería</p>		
RY: RAYADO		GL: GOLPEADO		OT: OTROS		
INSPECCION INTERNA						
PASO N° 5				PASO N° 6		
No	REVISION CABINA CONDUCTOR	Hand	Return	No	REVISION INTERNA	Hand
31	Silla conductor /cinturon seguridad			46	Informador Interno	
32	Estado conos - extintores			47	Martillos fragmentacion	
33	Esquema de ruta			48	Martillos fragmentacion	
34	Botiquin, Extintores y kit de carreta			49	Estado sillas y ventanas	
35	Policarbonato angel guardian			50	Pasamanos vertical y horizontal	
36	Pito / control direccionales			51	Cinturon seguridad preferencial	
37	Luces internas y externas			52	Policarbonatos valvulas	
38	Unidad Logica y GPS (SIRC)			53	Presencia de Grafitis	
39	Freno de parqueo / Freno de ahogo			54	Estado Piso y Casco Trasero	
40	Presion aire / testigos motor			55	Aseo General	
41	Documentos del vehiculo (5)			56	Timbre discapacitado y cinturon	
42	Estado pedales, freno - acelerador			57	Funcionamiento, aseo plataforma	
43	Revisión sistema de direccion			58	Verificación Niveles y drenado tanque	
44	Iluminación tablero, RPM, reloj temperatura					
45	Estado sujecion del micrófono					
				<p>Estado carrocería</p>		
RY: RAYADO		GL: GOLPEADO		OT: OTROS		
INSPECCION COMPLEMENTARIA						
PASO N° 7				PASO N° 8		
No	ELECTRICIDAD	Hand	Return	No	MECANICO	Hand
59	Estado de baterías (bornes, sujecion)			80	Fugas: Aceite motor, caja, Refrigerante	
60	Nivel de carga de las baterías			81	Fugas: Combustible, Aire camaras	
				82	Estado: Terminales, muelles, bujes	
No	CARROCERIA	Hand	Return	83	Estado: Amortiguadores	
64	Estado del bomper			84	Estado: Cruquetas, bandas	
65	Estado de la persiana					
66	Estado de la señalítica			No	NIVELES	Hand
67	Fugas de aire apertura de puertas			85	Nivel de liquido refrigerante	
68	Estado cinturon operador y chapa			86	Nivel de aceite de motor	
69	Desplazamiento de la silla			87	Nivel de combustible	
70	Estado caucho de pedales			88	Nivel de agua limpiaparabrisas	
71	Estado sujecion del rutero			89	Drenaje del bombin	
72	Estado guardapolvo palanca cambios					
73	Estado seguros tapa de motor			OBSERVACIONES :		
74	Estado sujecion parasol/documentos					
75	Accionamiento claraboya					
76	Sujecion division cabina					
78	Sujecion pasamanos, sillas, ventanas					
79	Estado bocelos de escalones					
RESPONSABLES DEL PROCESO / NOMBRES				VERIFICO :		
ELABORO :						

Fuente: Masivo Capital S.A.S, 2015

7.2 ANALISIS DE DATOS

Luego de haber recopilado toda esta información, fueron digitalizados todos los datos obtenidos para después ser vinculados con el programa estadístico utilizando el software SPSS®; con el fin de evidenciar por medio de graficas el grado de frecuencia y el porcentaje de participación de cada variable con respecto del total de las fallas; lo anterior permite ver de manera más clara y concisa la información permitiendo además tomar decisiones acertadas que logren dar continuidad a las diferentes operaciones de la organización.

Tras este análisis con el software SPSS® podemos concluir lo siguiente:

Tabla 2: Resultados estadísticos por Mes

Estadísticas periodo (mes)		
VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Enero	150	23
Febrero	120	18
Marzo	90	14
Mayo	70	11
Mayo	110	17
Junio	125	19
TOTAL	665	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 2: Resultados estadísticos por Mes



Fuente: Autores, 2015

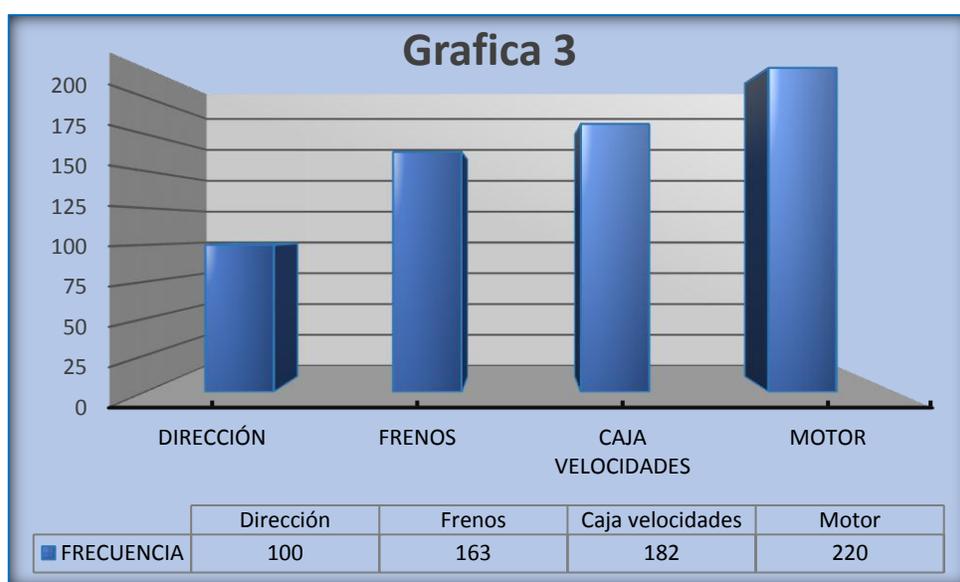
Al analizar esta grafica se puede concluir que en el mes de enero se tuvieron más fallas que en el resto del semestre, esto es algo inusual ya que en la mitad de este mes existe una estacionalidad de la flota del cuarenta por ciento (40%), lo cual indica que se debe fortalecer los mantenimientos durante los primeros días del año.

Tabla 3: Resultados estadísticos por Sistema

Estadísticas Sistemas		
SISTEMAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Dirección	100	15
Frenos	163	25
Caja velocidades	182	27
Motor	220	33
TOTAL	665	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 3: Resultados estadísticos por Sistema



Fuente: Autores, 2015

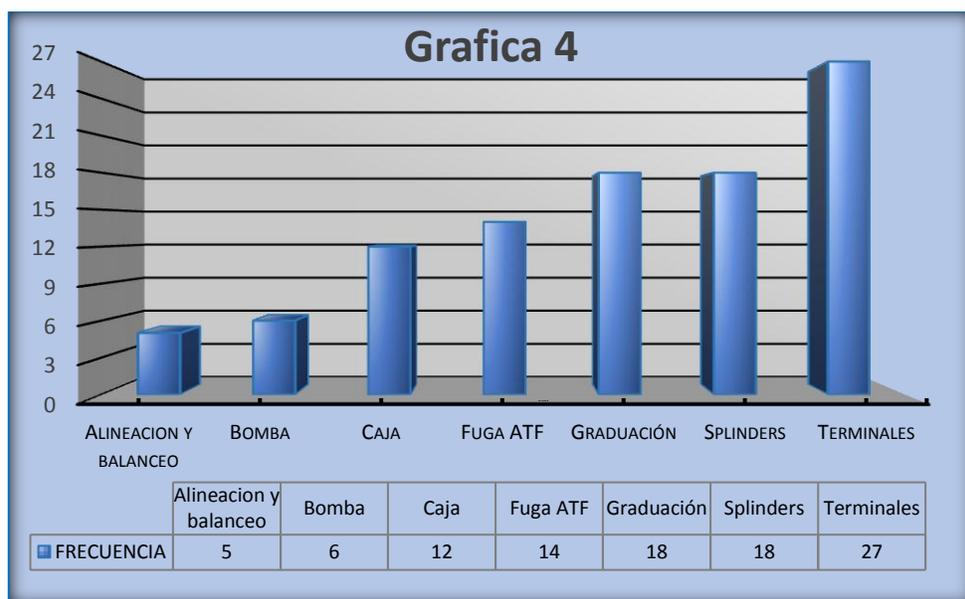
Uno de los sistemas con mayor índice de fallas es el de motor, con esto se puede concluir que se tiene muchos problemas relacionados con el motor lo cual representa un alto riesgo, ya que este sistema es el de mayor importancia teniendo en cuenta que es uno de mayor costo para cualquier compañía.

Tabla 4: Resultados estadísticos del sistema Dirección

Dirección		
VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Alineación y balanceo	5	5
Bomba	6	6
Caja	12	12
Fuga ATF	14	14
Graduación	18	18
Splinders	18	18
Terminales	27	27
TOTAL	100	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 4: Resultados estadísticos por sistema Dirección



Fuente: Autores, 2015

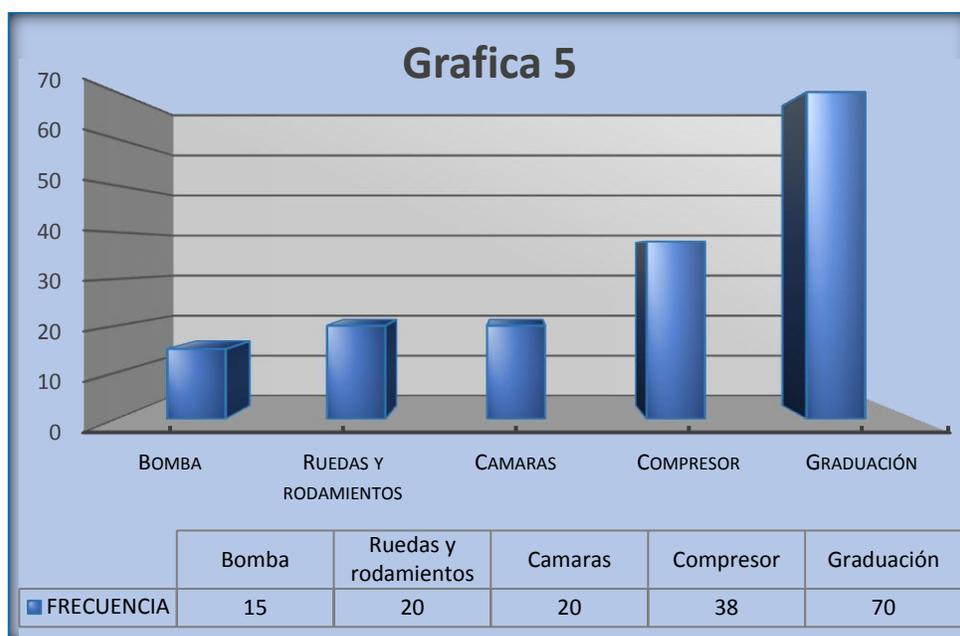
En el sistema de dirección no presenta gran cantidad de fallas, sin embargo, es muy importante para el funcionamiento del equipo, ya que es de mucha responsabilidad sabiendo si este sistema falla porque puede ocasionar alguna tragedia a los operadores, hay que enfocarse en las terminales, ya que están rotando de manera inadecuada.

Tabla 5: Resultados estadísticos del sistema Frenos

Frenos		
VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bomba	15	9
Ruedas y rodamientos	20	12
Cámaras	20	12
Compresor	38	23
Graduación	70	43
TOTAL	163	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 5: Resultados estadísticos por sistema Frenos



Fuente: Autores, 2015

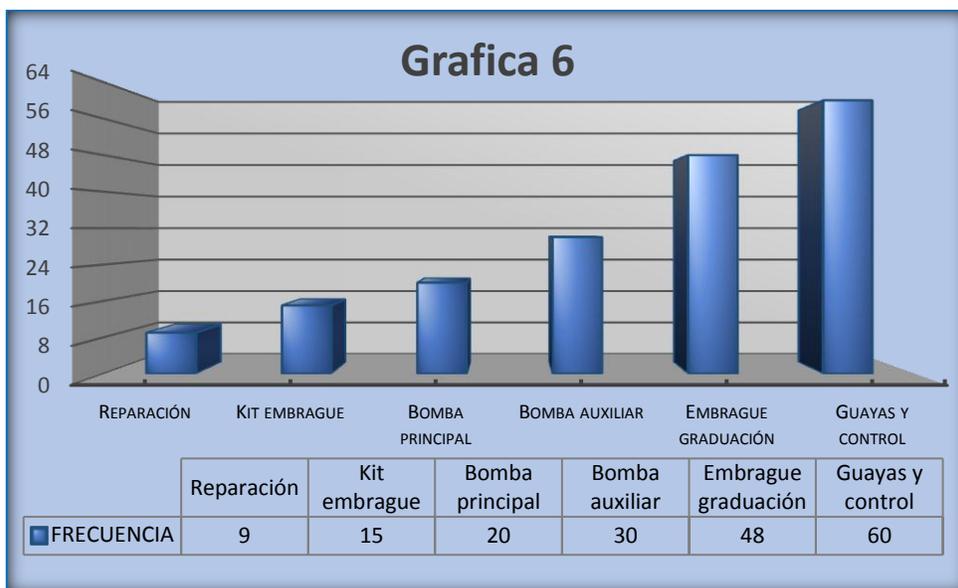
El histograma de frecuencias muestra que se requiere la graduación de frenos para los activos, cuya actividad se puede incluir en el plan de mantenimiento preventivo, con respecto al segundo ítem que corresponde al compresor indica que debe prestarse mucha atención porque este uno de los altos reportes para los equipos varados en vía.

Tabla 6: Resultados estadísticos del sistema Caja de Velocidades

Caja de Velocidades		
VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Reparación	9	5
Kit embrague	15	8
Bomba principal	20	11
Bomba auxiliar	30	16
Embrague graduación	48	26
Guayas y control	60	33
TOTAL	182	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 6: Resultados estadísticos por sistema Caja de Velocidades



Fuente: Autores, 2015

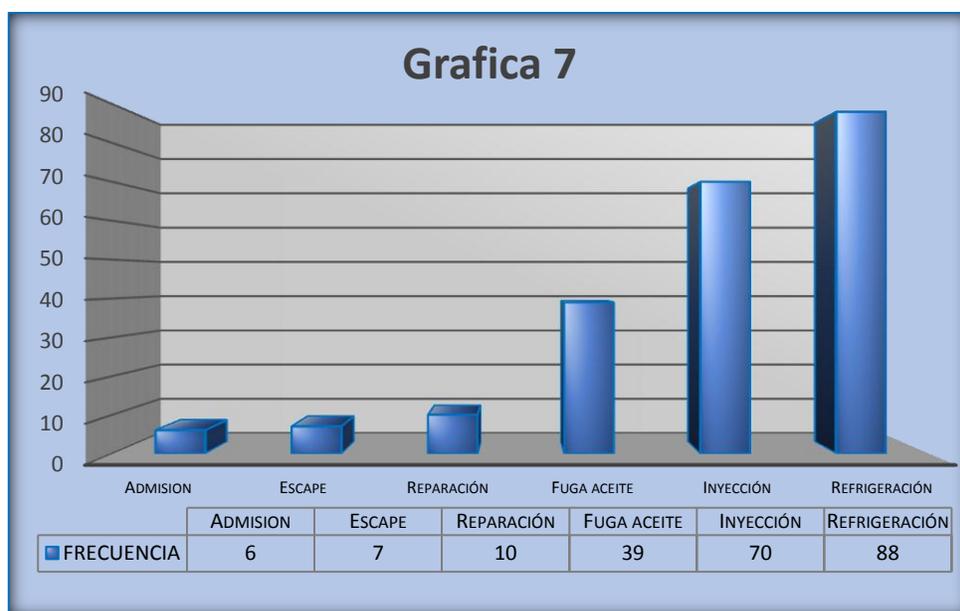
Con este análisis que podemos interpretar en la tabla y grafica 3 que es de carácter critico los cambios en guayas y control, siendo esto otra de las fallas de mayor incidencia en vía, las cuales son reportados por los operadores.

Tabla 7: Resultados estadísticos del sistema Motor

Motor		
VARIABLES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Admisión	6	3
Escape	7	3
Reparación	10	5
Fuga aceite	39	18
Inyección	70	32
Refrigeración	88	40
TOTAL	220	100

Fuente: Autores, 2015

Gráfica 7: Resultados estadísticos por sistema Motor



Fuente: Autores, 2015

Al analizar estos datos se recomienda revisar la refrigeración del motor realizar un plan de acción de mejora urgente.

7.3 PROPUESTA DE SOLUCION

Se debe revisar muy detalladamente todas las áreas que intervienen en el desarrollo de las actividades, que conllevan a la ejecución del mantenimiento de dicha flota, como son: Abastecimiento, TIC, talento humano y operaciones; es decir desde el proceso de requerimiento de los repuestos; lo cual va ligado con la calidad, el tiempo de garantía, tiempo de entrega del pedido y disponibilidad pertinente, lo cual hace necesario verificar el desarrollo de la evaluación de los proveedores y la administración de los inventarios, considerando que dichas actividades son soporte para llevar a cabo una eficiente conservación de los activos.

En cuanto a las TIC se recomienda que en el momento de ingresar los datos en la orden de trabajo, esta sea lo más clara y concisa posible, de tal modo que facilite el suministro de información y no se torne un proceso engorroso; esto permite además que el tratamiento y administración de los datos cumpla con las necesidades de componentes como lo son: las personas y actividades laborales.

Y por último se sugiere diseñar un perfil de cada puesto puntual, el cual esboce todos los requerimientos de tal modo que en el momento de reclutar el personal, haya una conveniente selección y el colaborador realmente cumpla con todas las aptitudes y competencias necesarias para el cargo; esto no solo beneficiara las actividades de la organización sino que además el colaborador se sentirá motivado y por ende aportara de manera eficiente con el cumplimiento de los objetivos de la organización. Como complemento de ello se recomienda realizar continuas capacitaciones e integraciones con los operadores de tal modo que estos estén motivados y tengan sentido de pertenencia hacia los activos de la organización.

Durante el análisis de los datos obtenidos por el Software SPSS®; se evidencio que el sistema de frenos es uno de los más relevantes en cuanto a fallas continuas, por lo tanto se debe realizar un estudio más profundo con el fin de que el grado de frecuencia disminuya, esto teniendo en cuenta que este es un factor de vital importancia en lo que se refiere a la seguridad de la comunidad, en concordancia con ello se elabora un estudio de RCM 2 solo para este sistema.

Tabla 8: Hoja de Información RCM II

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II					
FASILITADORES		AUDITOR		NELSON ROJAS	
1		CESAR AUGUSTO SANDINO NOGUERA		16-feb-16	
2		KEVIN FARID MORENO DUARTE		FRENOS	
		SUBSISTEMA		NEUMÁTICO	
FUNCIÓN		MODO DE FALLA (Causa de la falla)		EFECTO DE FALLA (Que sucede cuando se produce una falla)	
FALLA FUNCIONAL (pérdida de función)					
A	Incapaz de abastecer los sistemas de: Servicio seguridad y accesorios del vehículo a una presión entre 90 psi y 130 psi	1	Daño en el compresor	No genera presión de aire	
		2	Daño en la válvula secadora	No carga subsistema neumático	
		3	Tubería principal tapada	Sobre calentamiento tubería	
		4	Fugas en tanques de almacenamiento	Sonido fuga aire a alta presión a normal	
B	Abastecer de presión de aire los sistemas de: Servicio seguridad y accesorios del vehículo a una presión inferior a 90 psi	1	Humedad excesiva en el sistema	El indicador de presión de aire sube muy lento	
		2	Fuga en accesorios	Mal funcionamiento de las puertas	
		3	Daño en válvula drenaje agua tanque	Deficiencia para que se almacenen aire comprimido en los tanques	
C	Abastecer de presión de aire los sistemas de: Servicio seguridad y accesorios del vehículo a una presión mayor a 130 psi	1	Daño en válvula seguridad tanque	Sobre presión en la líneas de aire después de los tanques	
		2	Daño en el manómetro de presión	lectura inadecuada	
		3	Daño en la válvula reguladora	no se alivia cuando llega la presión a 130 psi	
D	Incapaz de abastecer los sistema de servicio del vehículo a una presión entre 90 psi y 130 psi	1	Daño en cámara de servicio	en el momento de accionar el freno se escucha una perdida de aire grande	
		2	Daño bomba principal aire	Fuga de aire por la pedalera freno	
		3	Daño en manquera aire	Deterioro manquera	
		4	Daño en válvula replay	Móvil frenado	
E	Incapaz de abastecer los sistema de seguridad del vehículo a una presión entre 90 psi y 130 psi	5	Daño en válvulas descarga servicio	Freno servicio fuera de servicio no frena descarga rápidamente el sistema	
		1	Daño en válvula freno seguridad	No desactiva el freno de seguridad	
		2	Daño en manquera aire	Deterioro manquera	
		3	Daño en cámara de seguridad	En el momento de accionar el freno de seguridad fuga constante de aire	
		4	Daño en válvulas descarga seguridad	Fuga constante aire alta presión	
F	Incapaz de abastecer los sistema de accesorios del vehículo a una presión entre 90 psi y 130 psi	1	Daño en la electroválvula freno ahogo	No sirve freno ahogo	
		2	Daño en la válvula 4 vías	Deficiencia en las puertas	
		3	Daño cilindro freno ahogo	Fuga constante por cilindro	

Fuente: Autores, 2016

Tabla 9: Hoja de decisión RCM II

HOJA DE DECISIÓN RCM II																
Referencia de información		Evaluación de las consecuencias			Tareas "a falta de"			FASILITADORES		AUDITOR		Repuesto Codigo				
F	FF	MF	H	SHE	O	N	H1	H2	H3	H4	H5	S4	A realizar por	Min-Máx		
1	A	1	X				S1	S2	S3				Frecuencia inicial (km)			
1	A	1	X				X						32000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	A	1	X						X				96000	Técnico Mecánico	1262	20
1	A	1	X							X			8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	A	2	X				X						24000	Contratista	N/A	N/A
1	A	2	X							X			48000	Lubricador	7347	20
1	A	2	X							X			48000	Técnico Mecánico	1148	20
1	A	3	X				X						32000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	A	3	X					X					8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	A	3	X						X				8000	Técnico Mecánico	1298	10
1	A	4	X				X						192000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	A	4	X					X					8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	B	1	X				X						2000	Lubricador	N/A	N/A
1	B	2	X				X						8000	Técnico Carrotero	N/A	N/A
1	B	2	X						X				8000	Técnico Carrotero	N/A	N/A
1	B	2	X							X			48000	Técnico Carrotero	1002	50
1	B	3	X							X			48000	Técnico Carrotero	1562	50
1	C	1	X						X				RTF	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	C	2	X				X						96000	Técnico Mecánico	7028	10
1	C	2	X							X			192000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	C	3	X					X					RTF	Técnico Mecánico	4255	3
1	D	1	X				X						48000	Técnico Mecánico	5526	20
1	D	1	X						X				8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	D	2	X							X			48000	Técnico Mecánico	4325	80
1	D	2	X				X						8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	D	3	X						X				96000	Técnico Mecánico	8656	30
1	D	3	X				X						8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	D	3	X							X			RTF	Técnico Mecánico	6543	10
1	D	4	X							X			48000	Técnico Mecánico	6453	22
1	D	5	X				X						48000	Técnico Mecánico	7864	20
1	E	1	X				X						8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	E	1	X							X			48000	Técnico Mecánico	2348	25
1	E	2	X				X						8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	E	2	X						X				RTF	Técnico Mecánico	8675	10
1	E	3	X				X						RTF	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	E	3	X						X				48000	Técnico Mecánico	6547	80
1	E	5	X				X						48000	Técnico Mecánico	1205	20
1	F	1	X						X				48000	Técnico Eléctrico	7457	15
1	F	2	X						X				48000	Técnico Mecánico	9785	20
1	F	3	X				X						8000	Técnico Mecánico	N/A	N/A
1	F	3	X						X				48000	Técnico Mecánico	3528	20

Fuente: Autores, 2016

7.4 ENTREGA DE RESULTADOS

Se adjunta el procedimiento del estudio de casos en CD ubicado en el anexo 1 del presente trabajo de investigación.

Los resultados obtenidos al evaluar los equipos fallados en este período indican que al aplicar el Método de Mínimos Cuadrados para obtener el TPEF muestran además que el coeficiente de dispersión es de 1,45 lo cual establece que el período de vida de los equipos están entrando en obsolescencia o envejecimiento, es decir, hay que realizar inversiones en mantenimiento para evitar la probabilidad de ocurrencia de alguna falla, el indicador de TPEF obtenido es de 0,65 lo cual indica también, que al menos un equipo fallará por mes con los datos analizados, sin embargo, actualmente hay al menos ocho equipos varados al mes que incluso es el dato crítico para el cálculo del ROI realizado en la presente investigación.

8 FUENTES DE OBTENCION DE LA INFORMACION

8.1 FUENTE PRIMARIA

En el presente trabajo de investigación se llama como fuentes de información primarias, a toda la asesoría provisionada por la compañía de transporte público, los cuales están relacionados con la ejecución de los diferentes tipos de mantenimientos que van desde el director, coordinador, planeador, supervisor y asistente de información, ya que contribuyeron datos exactos y determinantes para las distintas fallas que se evidencian en los activos de dicha compañía.

Una fuente primaria contundente fue realizada por los técnicos los cuales diligenciaron el Check List, donde se tomaron todas las fallas presentadas, el tiempo de revisión, para tener claro todas las falencias de nuestros equipos a analizar.

A continuación en la tabla 1 se muestra la data de estos equipos:

Tabla 8. Muestra de equipos.

MOVILES CON MAYOR NUMERO DE CRITICIDAD				
ID	Descripción	Descripción año modelo	Descripción estado equipo	Descripción categoría
Z25-4372	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4570	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4500	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4025	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4366	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4358	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4506	NPR	2008	En Uso - Activo	BUS
Z25-4326	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4046	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4479	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4567	NPR	2008	En Uso - Activo	BUS
Z25-4524	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4053	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4569	NPR	2005	En Uso - Activo	BUS
Z25-4328	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4058	NPR	2010	En Uso - Activo	BUS

Z25-4002	NPR	2007	En Uso - Activo	BUS
Z25-4565	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4368	NPR	2010	En Uso - Activo	BUS
Z25-4049	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4420	NPR	2010	En Uso - Activo	BUS
Z25-4048	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4038	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4090	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4377	NPR	2009	En Uso - Activo	BUS
Z25-4332	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-0022	NPR	2009	En Uso - Activo	BUS
Z25-4010	NPR	2010	En Uso - Activo	BUS
Z25-4572	NPR	2004	En Uso - Activo	BUS
Z25-4050	NPR	2010	En Uso - Activo	BUS
Z25-0007	NPR	2009	En Uso - Activo	BUS

Fuente: Autores, 2015.

8.2 FUENTE SECUNDARIA

Es de gran relevancia mencionar todo el aprendizaje que hemos adquirido en la especialización de Gerencia de Mantenimiento, ya que este proyecto se comienza a realizar desde el primer módulo de dicho título; logrando una buena introducción, llevando a realizar correctamente el problema de investigación para determinar nuestros objetivos, y así poder tener un buen análisis de los datos y alcanzar muchas conclusiones. Con toda esta búsqueda encontramos diferentes ayudas para la pertinente ejecución del proyecto como lo fueron artículos, proyectos de investigación, trabajos de grados donde se pueden evidenciar algunas similitudes con nuestro trabajo de investigación.

También podemos tener muy en cuenta la ayuda indispensable por parte de nuestro asesor durante este proceso, la cual nos apoya la universidad ECCI, el acompañamiento de todo el plantel educativo ya que es de buen respaldo y apoyo para la formación como especialistas.

9 ANALISIS FINANCIERO

Los costos en referencia para hacer una buena estimación del presupuesto, se han basado directamente en el procedimiento del mantenimiento correctivo y preventivo, adicional a esto, se han estimado en promedio otros rubros en la empresa caso estudio de acuerdo al siguiente análisis.

Tabla 11. Costos Implementación

#	TRABAJO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR FINAL
1	PERSONAL			
1.1	Valoración condiciones iniciales: Preparación y análisis de toda la información de averías de los activos de la compañía de transporte masivo de la ciudad, 20 horas semanales, por 16 semanas de trabajo realizado, a una tarifa de \$ 20.000 hora ingeniero. Para un tiempo final de 320 horas de aplicación de ingeniería.	2	\$8.300.000	\$16.600.000
1.2	Capacitación de todo el personal involucrado para la adecuación del nuevo proyecto. Tiempo de capacitación hacia los funcionarios de la compañía durante 3 conferencias de 3 horas. Hora capacitación ingeniero: \$ 25.000 hora	2	\$1.300.000	\$2.600.000
1.3	Consultoría externa de experto en el software SPSS®	1	\$1.700.000	\$1.700.000
2	BIENES			
2.1	Desplazamiento del equipo de trabajo durante 6 meses. Rodamiento: 1 motocicletas: \$400.000 mensual 1 carro : \$400.000 mensual	2	\$800.000	\$1.600.000
2.2	Disco duro externo	2	\$400.000	\$800.000
2.3	Computador	2	\$1.600.000	\$3.200.000
2.4	Papelería	1	\$300.000	\$300.000

3	SERVICIOS			
3.1	Licencia del software SPSS®	1	\$1.500.000	\$1.500.000
3.2	fotocopias	1	\$200.000	\$200.000
3.3	Refrigerio del personal a educar	50	\$3.000	\$150.000
3.5	Provisiones	1	\$1.000.000	\$1.000.000
TOTAL COSTOS:				\$29.650.000

Todo esto se realiza en pro de la compañía, de igual manera entra a su evaluación y aprobación de la misma, ya que se tienen en cuenta todos los procesos de la organización así como también, los beneficios económicos en el momento de su elaboración.

Asuntos a pactar en las capacitaciones:

- Análisis de datos del estado inicial del proyecto.
- Evidencias y fallas más recurrentes en la organización caso estudio.
- Aclaración de la recepción de toda la información
- Tiempos estimados para la atención a la falla.
- Explicación de todos los PKI (Índice de costo por Kilometraje) de la compañía.
- Enseñanza del software SPSS®
- Indicar reglas claras para en el momento de la evaluación del proyecto.
- Análisis de resultados esperados durante el proceso.

GANANCIA ECONOMICA

El análisis de costos reflejado los benéficos de la inversión de este proyecto para mejorar la confiabilidad de los activos, indicando en la tabla 11 a cuáles rubros se les puede dar mayor prioridad de acuerdo a su importancia o recurrencia.

A continuación se realiza en la tabla 12 un análisis de los costos que intervienen directamente con la operación de acuerdo a lo siguiente:

Tabla 12. Pérdidas por vehículos varados en vía

#	EVENTO NEGATIVO POR VARADO EN VIA	CANTIDAD	VALOR FINAL
1	Costo perdida del recorrido	1	\$80.000
2	Multa por incumplimiento	1	\$90.000
3	Costo grúa	1	\$120.000
4	Costo salario operador	1	\$15.000
5	Promedio costo del mantenimiento correctivo	1	\$130.000
6	Costo Km en vacío al patio	1	\$5.000
TOTAL COSTOS:			\$440.000

Fuente: Autores, 2015

El costo de que un activo se vare en vía es de \$ 440.000 pesos.

Esta pérdida de dinero puede variar en determinados días, dependiendo el tipo de afectación, es decir, cantidad de móviles varados o el motivo de la fallas que le ocurre al activo.

Por consiguiente se realizan los cálculos del **ROI**, se tomando en cuenta la relación del costo beneficio y el ahorro anual que aplica. (Ver tabla 13):

9.3 CALCULO DEL ROI

Tabla 13. Relaciones generales de pérdidas por vehículos varados

#	EVENTOS	CANTIDAD	VALOR FINAL
1	Costo de móvil varado en vía	1	\$440.000
2	Cantidad de móviles varados en un día	1	\$440.000
3	Recurrencia de la falla en el mes	30	\$13.200.000
4	Perdida en un semestre (# de fallas)	180	\$79.200.000

Usando el TPE (tiempo promedio entre fallas) para poder corregir las fallas más recurrentes de acuerdo a lo siguiente:

La frecuencia de varados en vía en un día disminuiría a 8 fallas en un mes, tendríamos una solides de un 25% en fallas de los activos.

- **8 varado mes x 440.000 costo de varado = \$ 3.520.000 mensual**
- **\$ 3.520.000 mensual x $\frac{1 \text{ semestre}}{6 \text{ meses}} = \$21.120.000$**

Ahorro semestral = Activos sin adaptación del proyecto – Activos con la implementación del proyecto

$$\text{Ahorro semestral} = \$79.200.000 - \$ 21.120.000 = \$58.080.000$$

ROI

- **$ROI = \frac{\text{costo de implementación}}{\text{ahorro anual}} = \frac{29.650.000}{58.080.000} = 0,51050275 \text{ semestre}$**

$$ROI = 0,51050275 \text{ semestre} \times \frac{6 \text{ meses}}{1 \text{ semestre}} \times \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} = \mathbf{91,89049587 \text{ días}}$$

De acuerdo al cálculo del ROI obtenido, en tres meses aproximadamente se recupera la inversión.

10 TALENTO HUMANO

Generalmente encontramos que los aspectos más importantes en el desarrollo y la ejecución de los procesos planteados en un área específica de cualquier empresa, en nuestro caso mantenimiento, radica en las capacitaciones del personal involucrado, para este caso, el personal propio de la empresa del sector de transporte como, Director de mantenimiento, Coordinador de mantenimiento, Planeador de mantenimiento, Asistente de mantenimiento, Supervisor de mantenimiento, Técnicos mecánicos, Auxiliares, Pasantes Sena y terceros (Contratistas). Los cuales participan directamente con la ejecución de las tareas de mantenimiento en los patios de masivo capital S.A.S

De ellos se pretende conocer el nivel técnico o profesional en el que se encuentran, y las mejores prácticas que utilizan en el desarrollo diario de sus actividades laborales, con el fin de optimizar los tiempos de mantenimiento y reducir TPEF (tiempo promedio entre fallas) y así lograr aumentar la confiabilidad de los activos de la empresa.

Este paso es fundamental ya que permite al personal adquirir los conocimientos y las habilidades necesarias para ejecutar trabajos de mantenimiento de una forma sistemática y técnica profundizando en temas como análisis de incidentes, identificación de tipo de actividad a ejecutar, control y seguimiento de órdenes de trabajo.

Es importante potenciar el nivel que tiene el personal capacitado en la empresa fomentando el liderazgo y el trabajo en equipo con el fin de obtener un mayor rendimiento. Es importante dejar muy bien definidos las funciones a ejecutar por cada uno de los colaboradores del área de mantenimiento con el fin de no causar rechazo entre el personal y sus líderes.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Durante la ejecución del estudio realizado se constató los diferentes sistemas que componen un vehículo como son: Dirección, Frenos, Caja velocidades y Moto; perjudica innegablemente la disponibilidad y el rendimiento de un activo puesto que no permite su utilización cuando se necesite llevar a cabo la operación; lo anterior conlleva a la generación de sobrecostos, tiempo muertos y pérdidas, lo cual resta competitividad y rendimiento en los procesos de la compañía. Con los subconjuntos funcionales analizados se determinó el TPEF en 0,65, lo cual indica en forma teórica que el menos un equipo fallará en un mes.
- **Se recomienda tener una fuente confiable para la obtención de datos, ya que de no ser así, los cambios que deban llevarse a cabo no van a aportar positivamente en la evaluación de las causas asociadas a las condiciones de falla. En el caso específico de la presente investigación, Las fallas de mayor incidencia se presentaron en el mes de enero, en el sistema de frenos, compresor, guayas, etc.**
-
- La aplicación del CMMS permite acceder a una fuente de información mejor relacionada y por ende más clara y concisa con las fallas y causas de mayor incidencia que presentan los equipos, lo cual facilita tomar decisiones acertadas que logren reducir el impacto sobre determinada variable con más precisión
- Las empresas que poseen una flota de vehículos y que tengan problemas recurrentes con gran impacto en el funcionamiento de los mismos, se les recomienda desarrollar este tipo de herramientas con el fin de administrar el riesgo que desencadene en una mejor rentabilidad de los activos y que permita mejorar los planes de mantenimiento preventivo y correctivo.
- La aplicación de RCM II que se plantea en este proyecto, luego de haber identificado las fallas permite clasificarlas por frecuencia de mantenimiento y priorizarlas por el impacto en el funcionamiento del vehículo, lo anterior posibilita asignar de manera eficaz y eficiente los recursos previniendo desperdicios o pérdidas y logrando una mejor administración de los activos.
- El RCM II es una herramienta valiosa para evaluar los niveles de RPN lo cual influye en las mejoras a los planes de mantenimiento, pero, la aplicación de esta filosofía requiere estar muy bien capacitados acerca del tema, tener experiencia que orienten las oportunidades de mejora, de tal manera que se obtengan buenos resultados en el momento de ejecutarlo.

12 BLIOGRAFIA

- Vargas Pérez, W. U. (2004). Programa de mantenimiento para la mejora. *Programa de mantenimiento para la mejora*. Guatemala, Guatemala.
- Adolfo Suare, T. J. (2012). *SCHLAGE LOOK DE COLOMBIAS.A*. Bogotá D.C.
- Apuntes de curso de Mantenimiento Industrial*. (2009). Bogotá D.C.
- BERNAL VARGAS, E. A., & JAIMES JAIMES, W. A. (2012). Aplicación del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) en buses articulados volvo B12M. *Aplicación del RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) en buses articulados volvo B12M*. Bogota D.C, Colombia.
- Castro Patiño, L. F. (2012). *El Mantenimiento Industrial: La Columna Vertebral De Su Empresa*.
- Dinero.com. (22 de Febrero de 2010). *Transporte en Bogotá: ¿quiénes están detrás?* Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de Dinero: <http://www.dinero.com/edicion-impresita/negocios/articulo/transporte-bogota-quienes-estan-detras/91263>
- EL TIEMPO. (26 de Marzo de 2010). *Las fallas mecánicas evidencian el error humano: choques por culpa de los frenos*. Recuperado el 10 de Junio de 2016, de EL TIEMPO: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-7484989>
- Escobar R, L., Villa D, E., & Yañez C, S. (2003). CONFIABILIDAD: HISTORIA, ESTADO DEL ARTE Y DESAFIOS FUTUROS. 18-20.
- Figueroa Pérez, A., & Torres Castellán, H. R. (2009). Diseño de un plan de mantenimiento como estrategia de trabajo en el área de material rodante del S.T.C. *Diseño de un plan de mantenimiento como estrategia de trabajo en el área de material rodante del S.T.C*. Mexico D.F, Mexico.
- Garcia Garrido, S. (2009). *Ingeniería de Mantenimiento manual practico para la gestion eficaz del mantenimiento*.
- GARCIA, S. (2009). ELABORACION DE PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO. *ELABORACION DE PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO*. Cali, Colombia.
- Garcia, S. (2010). *La Contratación Del Mantenimiento Industrial*. Madridd.
- GIL GARCIA, J. E., & GUERRERO ALVAREZ, L. I. (2013). PROPUESTA PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS EN LA CLINICA DE ESPECIALISTAS LA DORADA. *PROPUESTA PARA MEJORAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS EN LA CLINICA DE ESPECIALISTAS LA DORADA*. Bogota D.C, Colombia.
- Gonzales, F. (2004). *Auditoria Del Mantenimiento e Indicadores De Gestión*. Madrid: FC.
- Holden. (2011). *MANTENIMIENTO Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad, entendiendo sus diferencias*.
- IBM. (2010). *SOFTWARE SPSS SOLUCIONES Y SOFTEARE DE ANALITICA PREDICTIVA* .
- Issue. (1998). *SAE JA1011: Evaluation Criteria for Reliability Centred Maintenance (RCM) Processes*. .

- Issue. (2002). *SAE JA1012: A guide to Reliability Centred Maintenance (RCM) Standard*.
- LOPEZ CAMELO, A., & PEDRAZA, J. S. (2011). ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD A LAS BOMBAS PRINCIPALES DE INYECCIÓN DE AGUA PARA LA EXTRACCIÓN DE CRUDO POR MEDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULLEN CAMPO SAN FRANCISCO DE HOCOL S.A. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD A LAS BOMBAS PRINCIPALES DE INYECCIÓN DE AGUA PARA LA EXTRACCIÓN DE CRUDO POR MEDIO DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULLEN CAMPO SAN FRANCISCO DE HOCOL S.A. Bogota D.C, Colombia.
- Maldonado, C. (1979). *El Mantenimiento Preventivo*. Madrid: Índex.
- mantenimiento, S. i. (2008). Tendencias actuales de mantenimiento industrial. *SINAIS*, 3-5.
- Mantenimientopetroquimica. (17 de 01 de 2015). *mantenimientopetroquimica*. Obtenido de *mantenimientopetroquimica*: <http://mantenimientopetroquimica.com/index.php/tipos-de-mantenimiento>
- Mendoza, J. C. (2007). *Implementación Del Procedimiento De Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM) A La Barredora Elgin Pelicas Serie P4181D*. Bogotá.
- Moreno Valderrama, S. Y. (2011). *Mantenimiento Productivo Total*. Bogotá D.C.
- Moubray , J. (2004). (*Reliability- Centred Maintenance*) *RCM II*.
- Muñoz Abella, M. B. (2012). *Mantenimiento industrial*.
- Neiza, C. (2001). El presupuesto. *El presupuesto*. Lima, Peru.
- Orrego Barrera, J. C. (2007). *Estado Del Arte En Colombia*.
- Ortiz, G. (2000). "*Mantenimiento centrado en confiabilidad. Una visión general*". Buenos Aires.
- Peiro, J. (1977). *Organización Del Mantenimiento Preventivo*. Madrid: Index Book.
- PIMIENTO PAEZ, J. C., GARCIA, J. A., & PRIETO GRARZON, I. F. (2011). MODELO DE GESTIO DE MANTENIMIETNO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA MAQUINA PRENSA PARA LA FABRICACION DE CLAVOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA. MODELO DE GESTIO DE MANTENIMIETNO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA MAQUINA PRENSA PARA LA FABRICACION DE CLAVOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA. Bogota D.C, Colombia.
- PINEDA LARA , M. G. (2011). PRESUPUESTO DE LA METODOLOGIA RCM PARA LA CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR COMPENSAR. *PRESUPUESTO DE LA METODOLOGIA RCM PARA LA CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR COMPENSAR*. Bogota D.C, Colombia.
- quiminet.com. (2007). Importancia de la calibración y mantenimiento preventivo de un equipo. *quiminet.com*.
- Rey, F. (2001). *Manual Del Mantenimiento Integral En La Empresa*. Madrid.
- Santos , T., & Solorzano, R. (2011). resupuesto de una fábrica artesanal de bolos. *resupuesto de una fábrica artesanal de bolos*. Quito, Ecuador.
- Velásquez, E. (1992). *Administración del mantenimiento*. Medellín.

Walter Reynaldo, F. G. (2003). Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble. *Diseño de un programa de mantenimiento preventivo para una planta de café soluble*. Guatemala, Guatemala.