

**PROPUESTA PARA AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y ANÁLISIS DE LA  
AFECTACIÓN EN COSTOS DE MANTENIMIENTO REALIZANDO VIAJES  
COMPENSADOS EN LA RUTA LA CALERA - VILLAVICENCIO - BOGOTÁ**

**AUTORES**

Ing. Oscar Orlando Bolaños Muñoz

Ing. Juan Carlos Villalba Díaz

**UNIVERSIDAD ECCI**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

**BOGOTÁ, 10 DE NOVIEMBRE DE 2022**

**PROPUESTA PARA AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y ANALISIS DE LA  
AFECTACION EN COSTOS DE MANTENIMIENTO REALIZANDO VIAJES  
COMPENSADOS EN LA RUTA LA CALERA – VILLAVICENCIO - BOGOTA**

AUTORES

Ing. Oscar Orlando Bolaños Muñoz

Ing. Juan Carlos Villalba Díaz

Proyecto de investigación para optar el Título de Especialistas en Gerencia de Mantenimiento

Asesor:

Msc. Miguel Ángel Urián Tinoco

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ

NOVIEMBRE DE 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma Jurado 1

---

Firma Jurado 2

---

Firma Jurado 3

Bogotá D.C. Noviembre de 2022

### **Dedicatoria**

A mis padres, esposa e hijas por ser mi mayor orgullo, a mis colaboradores en la empresa por su apoyo, buscando que éste sea un aporte para que entre todos mejoremos a nuestro gran país Colombia.

Oscar

A mi familia y Cemex como reconocimiento al apoyo que me brindaron para llevar a feliz término el presente trabajo.

Juan Carlos

## **Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento a:

Dios por concedernos salud, tiempo y dedicación para crecer profesionalmente al culminar con éxito éste trabajo. A nuestras familias por sacrificar el tiempo para realizar todas las actividades que los estudios requieren. A los docentes de la Especialización Gerencia en Mantenimiento de Maquinas, especialmente a Miguel Ángel Urián Tinoco por su dedicación, comprensión y entrega incondicional para culminar satisfactoriamente la tarea encomendada, en él, se percibe la vocación que exige la enseñanza y confirma que un buen maestro, entregando las herramientas necesarias para hacer que sus alumnos garanticen triunfos futuros.

### **Resumen**

Analizando los costos de mantenimiento y la baja productividad que genera los tractocamiones en la ruta La Calera - Villavicencio – Bogotá, se desarrollará la presente investigación en la que se busca determinar y proponer un diseño de modelo de aditamento en el volco de uno de los vehículos en el que éste sea un prototipo, esto con el fin de realizar viajes compensados con cemento empacado en bultos desde la planta de La Calera hasta Villavicencio. Para la implementación del aditamento no hay ningún tipo de modificación al tracto camión, ni costeo importante a realizar. Así mismo se realizará la investigación en cuanto a los altos costos del mantenimiento, especialmente a los sistemas y componentes que generan mayor desgaste como el sistema de frenos y las llantas y lograr que los tractocamiones propios sean auto sostenibles para luego ser replicado en los demás vehículos exclusivos para las divisiones de transporte y de material agregado. Esto contribuirá a que la empresa contrate menos a terceros con el fin de utilizar los vehículos propios dando una mayor rentabilidad.

**Abstract**

Analyzing the maintenance costs and the low productivity generated by the tractor-trailers on the La Calera - Villavicencio - Bogotá route, this research will be developed in order to determine and propose a model design of an attachment in the dump of one of the vehicles in which this is a prototype, this in order to make compensated trips with cement packed in packages from the plant in La Calera to Villavicencio. For the implementation of the attachment there is no type of modification to the neither tractor-trailer, nor important cost to be made. Likewise, research will be carried out regarding the high maintenance costs, especially the systems and components that generate greater wear and tear and make the company's own tractor-trailers self-sustainable to be replicated in the other vehicles exclusively for the transport and aggregate material divisions. This will contribute to the company contracting less to third parties in order to use its own vehicles, giving greater profitability.

**Tabla de contenido**

1	Introducción .....	25
2	Título de la Investigación .....	27
3	Justificación.....	27
3.1	Descripción del Problema .....	27
3.2	Planteamiento del Problema.....	28
3.3	Sistematización del Problema .....	28
4	Objetivos .....	29
4.1	Objetivo General .....	29
4.2	Objetivos Específicos .....	29
5	Justificación y Delimitación.....	30
5.1	Justificación.....	30
5.2	Delimitación .....	31
5.3	Limitaciones .....	31
6	Marco Teórico .....	32
6.1	Mantenimiento .....	32
6.2	Tipos de Mantenimiento.....	32
6.3	Mantenimiento Correctivo .....	33
6.4	Mantenimiento Preventivo .....	34
6.5	Mantenimiento Predictivo .....	35
6.6	Mantenimiento Productivo Total TPM .....	37
6.7	Actividades de Mantenimiento Preventivas (Proactivas).....	38
6.8	Mantenimiento Industrial .....	38
6.9	Filosofías del Mantenimiento Industrial - Kaizen.....	40
6.10	Administración de Flotas.....	41
6.11	Administración Científica .....	42
6.12	Actualidad .....	44
6.13	Análisis de la Productividad y Eficiencia de los Puertos Colombianos.....	45
6.13.1	<i>Descripción geográfica Sociedad portuaria de Barranquilla .....</i>	<i>46</i>

6.13.2	<i>Descripción geográfica Sociedad Portuaria de Buenaventura.</i>	47
6.13.3	<i>Descripción geográfica Sociedad portuaria de Cartagena.</i>	47
6.13.4	<i>Descripción geográfica Puerto de Santa Marta.</i>	48
6.14	Desarrollo Portuario	48
7	Estado del Arte	49
7.1	Estado del Arte Local	49
7.1.1	<i>Programa de mantenimiento preventivo para un sistema multiradar</i>	49
7.1.2	<i>Diseño de un modelo gerencial de servicios para el sector automotor</i>	50
7.1.3	<i>la gestión administrativa del mantenimiento de aeronaves en colombiana</i>	51
7.1.4	<i>Gestión del mantenimiento del parque automotor “trasmédica s.a</i>	52
7.1.5	<i>Análisis de modos y efectos de fallas, aplicado al centro de cómputo de la biblioteca Luis ángel Arango</i>	53
7.1.6	<i>La gestión integral del mantenimiento de Oliverio García Palencia, universidad pedagógica y tecnológica de Colombia</i>	54
7.1.7	<i>Desarrollo de un modelo de organización administrativa del departamento de mantenimiento de plantas para los eventos menores de mantenimiento</i>	55
7.1.8	<i>Mmetodología para decidir la implementación de un programa de mantenimiento productivo total (T.P.M)</i>	56
7.2	Estado del arte Internacional	57
7.2.1	<i>Evaluación y análisis de la aplicabilidad de las Herramientas de Confiabilidad</i>	57
7.2.2	<i>Aspectos financieros de mantenimiento</i>	57
7.2.3	<i>Cálculo del costo del NO mantenimiento del sistema de climatización de la instalación</i>	58
7.2.4	<i>Los gastos en insumos de mantenimiento correctivo de las cuñas tractoras en empresa de transporte.</i>	59
8	Marco Normativo y Legal	60
8.1	Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes en Vehículos Automotores. NTC 5375	60
8.1.1	<i>Referencias normativas</i>	60
8.1.2	<i>Clasificación de defectos</i>	61
8.1.3	<i>Vehículo aprobado</i>	62
8.1.4	<i>Vehículo rechazado</i>	62

8.1.5	<i>Pre-revisión</i> .....	63
8.1.6	<i>Revisión exterior</i> .....	64
8.1.7	<i>Revisión interior</i> .....	66
8.1.8	<i>Revisión técnico-mecánica para remolques</i> .....	75
8.2	Procedimientos de Evaluación y Características de los Equipos de Flujo Parcial Accionadas con Ciclo Diésel NTC 4231 .....	77
8.2.1	<i>Metodología de medición de opacidad</i> .....	77
8.2.2	<i>Preparación del equipo de medición</i> .....	78
8.2.3	<i>Inspección previa y preparación inicial del vehículo</i> .....	80
8.2.4	<i>Introducción de sonda de muestreo</i> .....	84
8.3	Medición de Opacidad.....	84
8.3.1	<i>Criterios de validación de la prueba de opacidad</i> .....	87
8.3.2	<i>Cálculo y reporte de resultado final de la prueba de opacidad</i> .....	88
8.3.3	<i>Especificaciones de los equipos de ensayo</i> .....	88
8.3.4	<i>Requisitos generales para el equipo de medición de humo</i> .....	89
8.3.5	<i>Sensor, fuente y detector</i> .....	92
8.3.6	<i>Mantenimiento, comparación y ajuste del opacímetro</i> .....	95
8.3.7	<i>Especificaciones del software</i> .....	96
8.3.8	<i>Características generales del software de aplicación</i> .....	97
8.3.9	Características de Seguridad del Software de Aplicación .....	98
8.3.10	<i>Especificaciones del hardware computacional</i> .....	100
8.4	Norma Técnica NTC 5771 .....	100
8.4.1	<i>Gestión de servicio para talleres de mecánica automotriz</i> .....	100
8.4.2	<i>Calidad del servicio de mantenimiento y reparación de vehículos</i> .....	101
8.4.3	<i>Requisitos del servicio – Credibilidad</i> .....	101
8.4.4	<i>Requisitos del servicio - Requisitos específicos</i> .....	105
8.4.5	<i>Garantía del servicio de reparación de vehículos automotores</i> .....	109
8.4.6	<i>Calidad en el servicio</i> .....	111
8.4.7	<i>Requisitos de personal</i> .....	113
8.4.8	<i>Trazabilidad</i> .....	114
8.4.9	<i>Orden de trabajo</i> .....	114

9	Metodología .....	115
9.1	Recolección de la Información.....	115
9.1.1	<i>Fuentes primarias</i> .....	115
9.1.2	<i>Fuentes secundarias</i> .....	116
9.2	Tipo de Investigación .....	116
9.3	Herramientas .....	117
9.4	Evaluación de las Rutas.....	118
9.5	Diseño del Aditamento e Implementación en los Viajes Compensados .....	122
10	Análisis de resultados .....	124
10.1	Costo de Mantenimiento de los Vehículos en los Viajes Sencillos y Viajes Compensados .....	125
10.2	Cálculos de Costos en la Ruta: La Calera – Villavicencio - Bogotá.....	127
10.3	Análisis de la Información .....	127
10.4	Propuesta de solución.....	133
11	Resultados alcanzados y Esperados.....	134
11.1	Resultados Alcanzados.....	134
11.2	Resultados Esperados .....	135
12	Análisis Financiero .....	137
12.1	Costo del Proyecto.....	137
12.2	Costo del Proyecto.....	140
12.3	Utilidad Generada por la Propuesta.....	140
12.4	Cálculo del ROI.....	140
13	Talento Humano .....	141
14	Conclusiones y Recomendaciones.....	145
15	Bibliografía.....	147

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> .....	64
<b>Tabla 2</b> .....	66
<b>Tabla 3</b> .....	75
<b>Tabla 4</b> .....	119
<b>Tabla 5</b> .....	119
<b>Tabla 6</b> .....	120
<b>Tabla 7</b> .....	121
<b>Tabla 8</b> .....	125
<b>Tabla 9</b> .....	126
<b>Tabla 10</b> .....	128
<b>Tabla 11</b> .....	129
<b>Tabla 12</b> .....	130
<b>Tabla 13</b> .....	131
<b>Tabla 14</b> .....	139
<b>Tabla 15</b> .....	139
<b>Tabla 16</b> .....	141
<b>Tabla 17</b> .....	143

**Lista de Ilustraciones**

	<b>Pág.</b>
<b>Ilustración 1 .....</b>	<b>123</b>

## Glosario

**Ajuste inicial.** Procedimiento automático que realiza el opacímetro después de ser realizados los procedimientos de purga y limpieza. En este, el equipo asigna los valores mínimo y máximo en la escala, de forma automática y/o manual. Definidos los puntos extremos de la escala se realiza una redefinición de la escala.

**Calidad de servicio.** Capacidad para satisfacer las expectativas y requisitos de los clientes durante la actividad y la prestación de los servicios adicionales.

**Camión mixer:** Es un vehículo equipado con una betonera, elemento que permite llevar hormigón premezclado al mismo tiempo que realiza su amasado. El camión agitador es ocupado en las plantas amasadoras, y cumplen la función de solo agitar y transportar el hormigón.

**Campo de visión mínima del conductor:** Es la zona delimitada por el parabrisas y enmarcada por el barrido del limpiaparabrisas.

**Campo visual:** Es la porción de espacio, tanto horizontal como vertical, medida en grados, que se percibe manteniendo fijos la cabeza y los ojos.

**Capacidad de atención.** Máximo número de automotores que el establecimiento pueda arreglar en una hora dentro de sus instalaciones.

**Ciclo:** Duración de un viaje teniendo como referencia sitio de inicio, destino y retorno a sitio de inicio.

**Cliente.** Persona natural o jurídica que requiere y recibe un servicio de reparación del vehículo automotor.

**Comparación y ajuste.** Procedimiento de comparación y ajuste realizado bajo condiciones específicas que permite relacionar el resultado entregado por el opacímetro con las características de extinción de luz del humo que ingresa. El equipo debe someterse a las modificaciones necesarias para que el resultado entregado corresponda con los valores de los filtros de referencia disponibles, dentro de una tolerancia específica.

**Competencia.** Conjunto de destrezas y conocimientos necesarios para desarrollar adecuadamente la actividad de reparación y mantenimiento del vehículo.

**Comprensión del cliente.** Capacidad para identificar las características, expectativas y necesidades de los clientes.

**Compromisos adquiridos.** Obligaciones adquiridas, se incluyen los relacionados con la satisfacción de los clientes, los servicios adicionales, las quejas y reclamaciones, las cantidades entregadas a cuenta, los plazos máximos para solucionar una queja o reclamación, y similares.

**Comunicación.** Información suministrada sobre cualquier aspecto relacionado con la actividad de venta y el propio establecimiento, así como la información proporcionada por los clientes durante la actividad de venta.

**Confiabilidad:** Es la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida bajo unas condiciones dadas en un intervalo dado.

**Corrosión:** Destrucción paulatina de las partes metálicas por acción de agentes externos.

**Credibilidad.** Efecto obtenido mediante la honradez, veracidad y sinceridad mostrada por el personal del establecimiento a los clientes.

**Criticalidad:** Gravedad de la reparación en términos de tiempo y criticidad del equipo.

**Criticidad:** Grado de importancia de un equipo, sistema o proceso dentro de un ambiente específico.

**Datos contables:** Datos tomados para fines financieros. Aplican para un fin específico. Requieren de soporte y se rigen bajo unas normas específicas.

**Datos estadísticos:** Datos tomados para fines estadísticos. Sirven como indicadores o guías.

**Defecto:** El estado de un ítem caracterizado por su inhabilidad para desempeñar una función requerida. Excluye la inhabilidad durante el mantenimiento preventivo u otras acciones planeadas o debido a la falta de recursos externos.

**Defecto:** Incumplimiento de un requisito relacionado con el uso previsto o especificado

**Densidad del humo (K) (conocida también como “Coeficiente de extinción de luz” o “Coeficiente de absorción de luz”).** Forma fundamental de cuantificar la capacidad de una corriente de humo o del humo de una muestra para oscurecer la luz. Por convención, la densidad del humo se expresa en metros al menos uno ( $m^{-1}$ ). La densidad del humo es una función del número de partículas de humo por unidad de volumen de gas, la distribución por tamaño de las partículas de humo, y las propiedades de absorción y dispersión de las partículas. Sin la presencia de humos azules o blancos, la distribución de tamaño y las propiedades de absorción / dispersión son similares para todas las muestras de gases de escape Diésel y la densidad de humo es principalmente una función de la densidad de las partículas de humo. La densidad de humo o

coeficiente de absorción,  $K$ , ( $\text{m}^{-1}$ ), de una corriente de humo se define de la siguiente manera, a partir de la ley de Beer- Lambert:

**Descripción de la falla:** La aparente causa observada de una falla. Normalmente reportada en el sistema de administración de mantenimiento.

**Disponibilidad:** La habilidad de un ítem de permanecer desempeñando una función requerida bajo unas condiciones dadas a un instante de tiempo o sobre un intervalo dado asumiendo que le son suministrados todos los recursos externos.

**Eficacia:** Hacer lo que hay que hacer.

**Eficiencia:** Hacer una cosa bien en el tiempo planeado.

En esta relación matemática la opacidad  $N$  se interpreta como el porcentaje de luz que la columna de humo con longitud  $L$ , es capaz de obstruir, cuando el humo presenta un coeficiente de extinción de luz  $k$ .

**Equipo unitario:** Un equipo específico dentro de una clase de equipos como se define dentro de los límites principales.

**Error máximo permitido.** Valor extremo del error permitido para el opacímetro

**Estandarizar:** Normalizar.

**Falla crítica:** Falla de un equipo unitario que causa una inmediata cesación de su habilidad para desempeñar la función requerida.

**Falla no crítica:** Falla de un equipo unitario que no causa una inmediata cesación de su habilidad para desempeñar la función requerida.

**Falla súbita del motor.** Evento de anomalía inesperado en el desempeño del motor y/o sus accesorios, durante la ejecución de la prueba.

**Falla:** La terminación de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.

**Filtros de densidad neutra.** Materiales de referencia, generalmente cristales de tipo absorción, que presentan una respuesta constante de extinción de luz dentro de un intervalo definido de longitudes de onda. Dichos filtros se emplean para verificar la linealidad del opacímetro y como elementos de comparación para procesos de comparación y ajuste. Para este último fin, se requiere que los filtros puedan ser considerados como elementos de referencia, con trazabilidad a un patrón nacional o internacional.

**Fuente móvil accionada por motor Diésel.** Fuente de emisiones que por su uso o propósito está sujeta a desplazamientos y opera siguiendo el ciclo Diésel. Puede operar a dos o cuatro tiempos.

**Función requerida:** Una función o una combinación de funciones de un ítem el cual es considerado necesario suministrar a un servicio dado.

**Hardware.** Equipo físico con el que cuenta el opacímetro, incluyendo estructura, elementos de cómputo, sondas, sensores, mecanismos, sistemas eléctricos y electrónicos, entre otros.

**Horas hombre mantenimiento:** Duración acumulada de los tiempos individuales de mantenimiento expresado en horas, usado por todo el personal de mantenimiento para una acción de un tiempo de mantenimiento, o sobre un intervalo dado.

**Humo.** Es la suspensión de material particulado en los gases de combustión.

**Información:** Conocimiento. Educación, instrucción.

**Inspección mecanizada:** Revisión que se realiza cuando sea aplicable y según el tipo de vehículo que se inspecciona, con la ayuda de los equipos y métodos establecidos en la NTC 5385 o la norma que la actualice o reemplace. Los resultados obtenidos se reportan de manera automática y sistematizada al servidor de datos sin la manipulación de éstos por parte del operario.

**Inspección sensorial:** Examen que se realiza por personal competente según requerimientos especificados mediante percepción sensorial de los elementos del vehículo con la ayuda de herramientas, sin retirar o desarmar partes del vehículo, atendiendo a probables ruidos, vibraciones anormales, holguras, fuentes de corrosión, soldaduras incorrectas, o desensamble de conjuntos.

Inspector. Persona capacitada para realizar la prueba de opacidad

**Ley de Beer-Lambert.** Expresión matemática que relaciona la opacidad de una columna de humo, con la longitud de trayectoria óptica efectiva y el coeficiente de extinción de luz específico del humo.

**Linealidad del opacímetro.** Medida de la desviación máxima absoluta de los valores medidos por el medidor de humo con relación a los valores de referencia.

**Longitud de trayectoria óptica efectiva (L).** Longitud del haz de luz entre el emisor y el detector que es interceptado por la columna de humo. También denominada LTOE por sus siglas.

**Luces altas:** Luces de conducción, diseñadas para el manejo del vehículo cuando no hay presencia de tráfico.

**Luces bajas:** Luces de conducción diseñadas para minimizar el encandilamiento del tráfico que cruza el sentido contrario.

**Luces delimitadoras o de posición:** Aquellas diseñadas para que el observador pueda establecer la presencia del vehículo, distancia y velocidad relativa.

**Mal funcionamiento:** incumplimiento de la función para la que está previsto

**Material agregado:** Compuestos de materiales geológicos tales como, la arena y la grava, se utilizan virtualmente en todas las formas de construcción. Se pueden aprovechar en su estado natural o bien triturarse y convertirse en fragmentos más pequeños.

**Material Particulado (MP).** Emisión conformada por partículas sólidas y líquidas de carácter orgánico e inorgánico que permanecen suspendidas en los productos gaseosos de escape y en el aire. Químicamente, el MP es una mezcla de alta complejidad. Incluye carbono del combustible que no es oxidado en el proceso de combustión, en forma tanto elemental como orgánica. También incluye sulfatos o ácido sulfúrico provenientes del azufre del combustible. Además, se encuentran nitratos, sales de amonio y metales. Se encuentra asociada a combustión incompleta y mezclas con baja proporción de aire.

**Mecanismo de falla:** El físico, químico u otro proceso que se ha convertido en una falla.

**Método de extinción de luz.** Técnica que implica la medición de la cantidad de luz que no logra atravesar un material. Para fines específicos de esta norma, una columna de humo.

**Modo de falla:** La manera observada de falla.

**Opacidad (N).** Fracción de luz expresada en porcentaje (%) que, al ser enviada desde una fuente, a través de una trayectoria obstruida por humo, no llega al receptor de instrumento de medida.

**Opacímetro de flujo parcial.** Medidor de humo que toma continuamente una muestra de los gases de escape que fluyen y los dirige a una celda de medida. Con este tipo de medidores de humo, la trayectoria óptica efectiva es función del diseño del medidor de humo.

**Opacímetro.** Equipo diseñado para medir la opacidad de una corriente de humo o muestra parcial de esta, mediante el principio de extinción de luz. Para fines de esta norma, se hace referencia específicamente a los equipos que operan bajo el principio de flujo parcial, o de muestreo.

**Operación:** El estado cuando un ítem está desempeñando su función requerida.

**Procedimientos de purga y limpieza.** Son los procedimientos automáticos o manuales que se realizan o realiza el equipo antes de iniciar una prueba de opacidad, con el fin de evacuar el humo remanente dentro de su cámara de medición. Este tipo de procedimientos debe ser realizado según lo especificado por el fabricante del equipo de medición.

**Propiedades ópticas del Material Particulado.** Son las propiedades que exhibe el material particulado en su interacción con la luz. Dentro de estas se tienen: absorción, refracción y reflexión. Estas propiedades dependen de la geometría, rugosidad y composición de material particulado suspendido en los productos de escape gaseosos. Como consecuencia de estas propiedades, la intensidad de luz que atraviesa una columna de humo con material particulado se ve disminuida.

**Prueba abortada.** Prueba que, debido a factores externos a la prueba misma, no puede llegar a su fin. Para fines de control vehicular establecido por las autoridades competentes, no genera numeración consecutiva para la emisión del correspondiente certificado de emisión. .

**Prueba de opacidad.** Prueba de evaluación en la cual se registra el valor de opacidad del humo emitido por un vehículo sometido a una o más *pruebas unitarias de aceleración libre*, para ser comparado con los límites normativos vigentes.

**Prueba unitaria de aceleración libre.** Es la secuencia de aceleraciones necesarias para determinar el resultado representativo de opacidad para el vehículo en evaluación.

**Resonador:** Dispositivo no original instalado en el tubo de escape del vehículo que genera ruido anormal y que es detectable por el oído humano y diferenciable de un ruido normal por la experiencia o comparación con un sistema de escape original sin estos elementos instalados. En algunos casos estos elementos pueden ser detectables visualmente como aquellos que poseen series de agujeros o mallas alrededor de su superficie interna, o elementos rotatorios. Los elementos conocidos como “*Headers*” no originales del vehículo y que son reemplazados por el múltiple de escape original, no serán considerados como resonadores salvo disposición de la autoridad competente.

**Revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes:** Evaluación de la conformidad de un vehículo automotor en uso con respecto a los requisitos especificados en esta norma o en los requisitos legales, aplicando procesos de inspección sensorial y mecanizada.

**Sensor de temperatura.** Elemento empleado con el objeto de estimar la temperatura de operación del vehículo en evaluación. Para tal fin, puede medir directamente la temperatura del aceite del depósito del motor o emplear otra técnica disponible

**Sensor de velocidad de rotación.** Sensor empleado con el objeto de determinar la velocidad de rotación del motor, comúnmente medida en revoluciones por minuto (r/min).

**Sistema de control de velocidad del motor.** Sistema encargado de controlar la velocidad máxima y mínima de rotación del motor. Es de naturaleza mecánica o electrónica, según la tecnología con la que cuente el motor. Los valores máximos y mínimos de velocidad de rotación del motor son parámetros establecidos por el fabricante.

**Sistema de silenciador:** Sistema compuesto por uno o más elementos que son parte integral del tubo de escape de un vehículo y que tienen como función reducir la presión sonoro producida por los gases de escape. Para los efectos de la presente norma, un sistema de silenciador en mal estado corresponde a la ausencia de alguno de los elementos del sistema, roturas o fugas en los elementos, fugas que se presenten en el sistema de escape que provoquen que los gases no pasen por el elemento silenciador, modificaciones o mal funcionamiento del sistema siempre y cuando produzcan ruido anormal detectable por el oído humano sin la necesidad de utilizar un equipo para la medición de presión sonora.

**Software de aplicación.** Programa específico encargado de realizar las rutinas automáticas, controlar los tiempos de medición, procesamiento de la señal, conversiones matemáticas, validación y reporte de resultados entre otros.

**Sonda de toma de muestra.** Elemento que es introducido en el tubo de escape del vehículo en evaluación, con el objeto de tomar una muestra de los productos de escape para ser ingresados a la cámara de medición del opacímetro.

**Temperatura mínima de operación.** Temperatura de operación considerada como mínima para efectuar la prueba de opacidad, sin restricciones. Se establece en 50 °C, al ser estimada por medio de la medición de la temperatura del aceite de lubricación o cualquier método adecuado y disponible.

**Temperatura óptima de operación.** Temperatura de operación del motor a la cual se obtiene su mejor desempeño, establecida por el fabricante o ensamblador.

**Transmitancia (T).** Es la fracción de luz, que, al ser transmitida desde una fuente a través de una trayectoria obstruida por humo, llega al receptor del instrumento de medida.

**Unidad tractora:** Vehículo automotor destinado a arrastrar un remolque, un semi-remolque, o una combinación de ellos.

**Vehículo rechazado.** Vehículo cuya prueba llega a su fin y presenta número consecutivo. El rechazo puede estar asociado al incumplimiento de los requisitos necesarios para el vehículo en evaluación, o por incumplimiento de los límites normativos de opacidad vigentes.

**Vehículo vacío:** El vehículo sin carga y sin pasajeros.

**Velocidad máxima de rotación (gobernada).** Velocidad máxima de rotación que puede alcanzar el motor antes de que se produzca la reducción o corte del suministro de combustible. Es la velocidad máxima permisible para evitar daños por sobre-revoluciones del motor. Es un parámetro especificado por el fabricante del motor.

**Velocidad mínima de rotación (ralentí).** Velocidad mínima de rotación del motor, necesaria para mantener en operación y sin carga el motor. Corresponde a la posición “neutro” para transmisión manual y “parqueo” para transmisión automática, sin accionar el acelerador. Es un parámetro especificado por el fabricante del motor.

**Verificación de linealidad.** Es el procedimiento en el cual se realiza la verificación de la linealidad del opacímetro. Esta práctica es rutinaria y se debe efectuar con la frecuencia que recomiende el fabricante del equipo. Se realiza utilizando los filtros de verificación con los que cuenta cada equipo de medición.

**Viajes Compensados.** Determinar un diseño de modelo de aditamento en el volco de uno de los vehículos, esto con el fin de realizar viajes con cemento empacado en bultos desde la planta de La Calera hasta Villavicencio ya que los vehículos propios en el trayecto La Calera – Villavicencio se movilizan vacíos generando cero productividades.

## 1 Introducción

El mantenimiento a lo largo de la historia ha permitido llevar una gestión organizada y concisa sobre las actividades realizadas en una empresa en general; Esto conlleva a generar un plan de mantenimiento a la maquinaria usada para dichas actividades con el fin de lograr un funcionamiento continuo, económico, organizado y lo más eficiente posible, para mejorar la disponibilidad y condiciones de uso de los elementos y actividades que asistan la labor de la organización industrial. Buscando optimizar sus recursos, la empresa enfoca sus esfuerzos en dos de sus procesos relacionados a la división de transporte y agregados teniendo como prioridad el incrementar la disponibilidad y productividad de sus equipos de transporte. (Culma Ortíz, S. E. 2019), p. 10

Los tractocamiones propios utilizan un remolque tipo volcó. A este diseño no se puede llenarlo con un montacargas, las estibas con cemento empacado en bultos desde la planta de la Calera hasta Villavicencio. Debido a esto los vehículos propios en el trayecto La Calera – Villavicencio se movilizan vacíos generando cero productividades. El mantenimiento en los sistemas y componentes del tracto camión generan un importante desgaste, en consecuencia, una mayor y continua asistencia en los sistemas y componentes de los vehículos propios ocasionando

altos costos de mantenimiento preventivo y correctivo siendo una de las rutas más afectadas por la baja productividad y el alto costo del mantenimiento.

Una de las formas para que los tractocamiones sean auto sostenibles en esta ruta es la realización de viajes compensados implementando un aditamento en el volco de los vehículos propios para poder cargar cemento empacado en bultos desde la planta de la Calera hasta Villavicencio y material agregado desde Villavicencio hasta Bogotá. Se quiere implementar este aditamento para 20 vehículos propios, para la cual no se requiere ningún tipo de modificación al tracto camión en general ni costeo importante a realizar. Esto también lleva a que la empresa contrate menos a terceros y esto da como finalidad utilizar los vehículos propios dando una mayor rentabilidad.

Siguiendo uno de los más importantes principios de funcionamiento y parámetros de calidad, se toma como partida, el transporte de cemento implementando el aditamento en un volco de un tractocamión propio el cual se va a utilizar como prototipo en la ruta: La Calera – Villavicencio – Bogotá, al cual vamos a llamar viaje compensado. Vamos a realizar una comparación después de tomar los datos respectivos de mantenimiento preventivo y correctivo realizando un análisis en la ruta con viaje sencillo y viaje compensado.

Se va analizar los tiempos de vida útil y costos de cada uno de los sistemas y componentes que integran los tractocamiones, principalmente las llantas y los frenos los cuales generan mayor desgaste y por lo tanto mayor costo en general.

Así mismo con este proyecto se pretende obtener una mayor producción con el viaje compensado para poder implementarlo en los demás vehículos que se utilizan exclusivamente para el transporte de material agregado utilizados en esta ruta obteniendo como resultado vehículos auto sostenibles.

Para efectuar esta premisa, se desarrollará la presente investigación en la que se busca determinar y proponer un diseño de modelo de aditamento en uno de los vehículos que éste sea un prototipo, para ser replicado en los demás vehículos exclusivos para las divisiones de transporte y de material agregado. De la misma manera se desea verificar cual es la afectación de la productividad y de los costos de mantenimiento preventivo y correctivo realizando los viajes compensados.

## 2 **Título de la Investigación**

Propuesta para el aumento de productividad y análisis de la afectación en costos de mantenimiento realizando viajes compensados en la ruta: La Calera – Villavicencio – Bogotá.

## 3 **Justificación**

### 3.1 **Descripción del Problema**

Para la presente investigación se estudiará el caso de la ruta: La Calera - Villavicencio – Bogotá. Los 20 tractocamiones propios en esta ruta utilizan un remolque tipo volco exclusivo para el transporte de material agregado en el trayecto Villavicencio – Bogotá. A este diseño no se puede llenarlo con un montacargas, las estibas con cemento empacado en bultos desde la planta de la Calera -Villavicencio. Debido a esto los vehículos con remolque tipo volco en el trayecto La Calera – Villavicencio se movilizan vacíos donde NO se origina ningún tipo de utilidad. El

mantenimiento en los sistemas y componentes del tracto camión generan un importante desgaste, en consecuencia, una mayor y continua asistencia en los sistemas y componentes de los vehículos propios ocasionando altos costos de mantenimiento preventivo y correctivo siendo una de las rutas más afectadas por la baja productividad y el alto costo del mantenimiento.

### **3.2 Planteamiento del Problema**

Acorde a lo enunciado en el numeral anterior los autores formulan la pregunta problema:  
¿Cómo aumentar la productividad y evaluar los costos de mantenimiento de los tractocamiones tipo volco exclusivos para el transporte de agregados de la ruta La Calera - Villavicencio – Bogotá?

### **3.3 Sistematización del Problema**

¿Cuál es el nivel de productividad de los vehículos y el costo actual de mantenimiento que desarrollan la labor de transporte de agregados en la ruta a estudiar?

¿Cuál es el costo del mantenimiento de los vehículos que desarrollan la labor en la ruta a estudiar con la implementación del aditamento en los volcos y los viajes compensados?

¿Cuál es el nivel de productividad de los vehículos que desarrollan la labor de transporte de agregados en la ruta a estudiar con el aditamento en los volcos y los viajes compensados?

¿Es posible implementar los viajes compensados con el aditamento en el volco en los vehículos que cuenta la compañía en las rutas que se ven afectadas en productividad y los costos de mantenimiento?

## 4 Objetivos

### 4.1 Objetivo General

Aumentar la productividad de los vehículos de agregados realizando viajes compensados con un aditamento en los volcos de los tractocamiones de la ruta: La Calera - Villavicencio - Bogotá.

### 4.2 Objetivos Específicos

- Implementar los viajes compensados donde se requiera con los vehículos con los que cuenta la compañía.
- Evaluar el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo de los tractocamiones teniendo en cuenta la implementación de viajes compensados en la ruta estudiada.
- Determinar el costo de mantenimiento preventivo y correctivo de los vehículos que desarrollan la labor de transporte de agregados en la ruta estudiada sin los viajes compensados.
- Aumentar la productividad de los vehículos de agregados realizando de los viajes compensados con un aditamento en los volcos de los tractocamiones de la ruta: La Calera - Villavicencio - Bogotá.

## 5 **Justificación y Delimitación**

### 5.1 **Justificación**

Para Cemex de Colombia, los vehículos no solo cumplen en prestar un servicio, sino que tienen que ser una unidad de negocio independiente y auto sostenible. Sobre cada vehículo tractocamión de agregados, pesa una obligación bancaria de \$ 8.000.000 mensuales, bajo el esquema de trabajo actual esta deuda no solo es difícil cubrirla, sino que el vehículo genera pérdida.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario buscar alternativas para mejorar la producción de cada vehículo, y lograr la auto sostenibilidad de estos, más aún cuando la empresa tiene una importante y baja producción en la ruta: La Calera - Villavicencio – Bogotá. Los 20 tractocamiones propios en esta ruta utilizan un remolque tipo volco exclusivo para el transporte de material agregado en el trayecto La Calera - Villavicencio se movilizan vacíos donde no se origina ningún tipo de utilidad, así mismo el mantenimiento en los sistemas y componentes del tractocamión generan un importante desgaste, ocasionando altos costos de mantenimiento. Por lo anterior con esta propuesta se busca mejorar la productividad y evaluar costos con los viajes compensados con un aditamento en volco del tractocamión. Adicionalmente analizar los costos, de la misma manera se desea identificar cual es la afectación de la productividad y los costos de mantenimiento realizando los viajes compensados.

## 5.2 Delimitación

La investigación se desarrollará en la empresa Cemex de Colombia dentro de los procesos de operaciones y mantenimiento para los 20 vehículos que cubren la ruta La Calera – Villavicencio - Bogotá.

## 5.3 Limitaciones

Para esta investigación se tienen contemplados las siguientes limitaciones:

- **Limitaciones técnicas:** Las rutas a programar y los vehículos asignados deben estar en capacidad de responder a los requerimientos, adicional a esto las cantidades máximas a programar estarán limitadas por las capacidades máximas de los vehículos.
- **Limitaciones económicas:** Los costos de la investigación serán asumidos por los autores.
- **Limitaciones geográficas:** Los investigadores desarrollarán sus actividades desde la sede de Bogotá sin realizar visitas a las demás sedes de la compañía.

## 6 Marco Teórico

### 6.1 Mantenimiento

Se lo puede definir al mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio, durante el mayor tiempo posible para buscar la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento. A lo largo del proceso industrial desde finales del siglo XIX, la función de mantenimiento ha pasado a diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las maquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad específica de los operarios de producción. Las tareas de estas épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos. (Garrido, 2010, p. 1).

### 6.2 Tipos de Mantenimiento

Son frecuentes las opiniones encontradas entre los profesionales del Mantenimiento en relación con el tema de los tipos o políticas de mantenimiento. De hecho, se les llama con frecuencia equivocadamente “estrategias de mantenimiento”, confundiendo este concepto con el de “tipos de mantenimiento”. El lector curioso puede consultar el término de la norma, donde se define qué se entiende como “estrategia de Mantenimiento”. Por otro lado, existen prácticamente tantas clasificaciones de los “tipos de Mantenimiento”, como autores, organizaciones y softwares que defienden, en sus lógicas conceptuales propias, sentidos y alcances diferentes a los

conceptos normalizados. De consecuencia, tal hecho conduce a la imposibilidad de comprender e interpretar los términos de mantenimiento sin que se generen contradicciones e incomprendiones que afectan claramente la comunicación, el benchmarking y las decisiones mismas de gestión. Tendremos Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Mejorativo, si con las actividades de mantenimiento que se implementan se intenta provocar, o no, cambios intrínsecos en las características de diseño relativas a confiabilidad, mantenibilidad y seguridad de los activos objetos de mantenimiento. (Sexto, 2017, p. 4).

### 6.3 **Mantenimiento Correctivo**

No es posible gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente. De poco sirven nuestros esfuerzos para tratar de evitar averías si, cuando estas se producen, no somos capaces de proporcionar una respuesta adecuada. Debemos recordar, además, que un alto porcentaje de las horas/hombre dedicadas al mantenimiento se emplean en la solución de fallos de los equipos que no han sido detectados por mantenimiento, sino comunicados por el personal de producción. En la industria en general este porcentaje varía mucho entre empresas; desde aquellas en las que el 100% del mantenimiento es correctivo, no existiendo ni tan siquiera un plan de lubricación, hasta aquellas, muy pocas, en las que todas las intervenciones son programadas. (Garrido S. G. 2012, p. 157)

Expresa en la necesidad de reponer la marcha de un equipo o sistema y se refiere al conjunto de actividades a desarrollar para recuperar la función del mismo luego de una

avería. Es posible la existencia de dos tipos de mantenimiento correctivo, uno de tipo programado y ocurre cuando se encuentra desgaste en un elemento, es identificado y se genera una actividad dentro del cronograma de mantenimiento para que sea desarrollada y no programado cuando el equipo va a falla y es necesario recuperarlo después de perder la función.

#### 6.4 **Mantenimiento Preventivo**

Es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades con el fin de evitar, en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por falla y por ende disminuir los costos de la misma.

El mantenimiento preventivo no es una panacea, no es un remedio para todos los problemas que se presenten durante un proceso productivo; es simplemente una organización sistemática de lo que tradicionalmente se ha venido haciendo. Los altos niveles de productividad que se requieren hoy en día, exigen la implantación de un sistema de mantenimiento preventivo que permita aumentar la eficiencia de la producción, la cual es directamente proporcional a la calidad de la información con que se cuenta para llevarla a cabo. Cuando se vaya a implementar un programa de mantenimiento preventivo, deberá hacerse una primera programación y contar en este momento con las siguientes fuentes de información.

Catálogos de fabricantes.

Manuales de fabricante

Listados que contengan la disponibilidad de personal y equipos de mantenimiento

Información de supervisores de producción.

Así mismo puede definirse como la aplicación de una serie de técnicas y procedimientos para anteponerse o minimizar el riesgo de fallo dentro de un activo, asegurando siempre su correcto funcionamiento y buscando extender su vida útil. Es necesario para su aplicación un conocimiento muy claro de los activos a mantener, del contexto operacional en el cual trabajan y tener en cuenta los conocimientos previos ya sea de los mantenedores de la organización como de otras organizaciones que cuenten con el mismo tipo de activos. En este tipo de mantenimiento se debe hacer énfasis en que la esencia de éste, son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio. Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. (Botero, 1991, pp. 38,39,41,42)

### **6.5 Mantenimiento Predictivo**

También conocido como el mantenimiento según su estado o su condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos cotidianos. El mantenimiento predictivo hace referencia a un conjunto de técnicas de análisis que se deben usar de manera sistemática para establecer la condición de los componentes y generar acciones que reduzcan la probabilidad de fallos e incrementen la vida útil del mismo, así mismo mitiguen el impacto de la pérdida de función del componente sobre otros componentes. (Gómez, 1998, p.28).

Este tipo de mantenimiento consiste también en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas

o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción. Las más frecuentes son: DE DESGASTE: con espectrofotómetro de absorción atómica, aplicando sobre los aceites de lubricación que sí muestran un contenido de metal superior al normal, nos indican dónde está ocurriendo un desgaste excesivo. DE ESPESOR: con ultrasonido. DE FRACTURAS: con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas, ultrasonido. DE RUIDO: con medidores de nivel de ruido o decibelímetro. DE VIBRACIONES: con medidores de amplitud, velocidad y aceleración. DE TEMPERATURA: con rayos infrarrojos o sea la termografía. El mantenimiento predictivo sólo informa y sirve de base para un buen programa de mantenimiento preventivo. Así, el tiempo de paro del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza. Se trata de una evolución que ha actuado en dos frentes: el de la reducción del costo del mantenimiento (con avances en las épocas de crisis financieras), y en el aumento de la disponibilidad de los equipos que se incrementaron desde las cifras cercanas al 60% en los años 60, hasta ratios superiores al 95% en la actualidad. La llegada de las computadoras personales se comenzó a difundir el uso de las computadoras en oficinas y fábricas en forma indiscriminada y sin integración a la administración total de las respectivas instalaciones. En esta época las computadoras se empleaban en los Departamentos de Producción y Mantenimiento solo para el inventario de los activos fijos y no para su administración. (Botero, 1991, p. 10).

## 6.6 **Mantenimiento Productivo Total TPM**

Es una estrategia compuesta por una cadena de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a optimizar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las ausencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de los suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El JIPM (Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas) define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.
- Cero pérdidas.

Estas acciones corresponden coincidir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral de trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo debe participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de los departamentos de la empresa. La creación de las “cero pérdidas” se debe lograr a través de la producción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa. (Santos, C.G. 2001, pp. 3,4)

### 6.7 **Actividades de Mantenimiento Preventivas (Proactivas)**

Para la metodología de RCM, las actividades de mantenimiento preventivas se dividen en 4 categorías, una de ellas son las tareas programadas en base a condición (Predictivas), que se basan en el hecho de que la mayoría de los modos de fallos no ocurren instantáneamente, sino que se desarrollan progresivamente en un periodo de tiempo. Si la evidencia de este tipo de modo de fallo puede ser detectada bajo condiciones normales de operación, es posible que se puedan tomar acciones programadas en base a la condición del activo, que ayuden a prevenir estos modos de fallo y eliminar sus consecuencias. El momento en el proceso en el cual es posible detectar que el fallo está ocurriendo o está a punto de ocurrir es conocido como fallo potencial. Y se define como una condición física identificable que indica que el fallo funcional está a punto de ocurrir o que ya está ocurriendo dentro del proceso. Algunos ejemplos como: grietas existentes en metales indican inminentes fallos por metales fatigados. Partículas en el aceite en una caja de engranajes, indican inminentes fallos en los dientes de los engranajes. (Santos, C. G. 2001, pp. 16,17).

### 6.8 **Mantenimiento Industrial**

A comienzos del siglo XX marca efectivamente el inicio de las actividades de mantenimiento reparativo y la creación de los primeros talleres, que originan la primera generación de mantenimiento, que se extiende hasta mediados del siglo y tiene las siguientes características relevantes:

- Equipos robustos, sobredimensionados y simples
- Volúmenes de producción bajos

- Las actividades demandaban poca destreza
- No existía alta mecanización industrial
- La prevención de fallas en los equipos no era la prioridad
- No había necesidad de un mantenimiento sistemático

En la segunda guerra mundial se vio la necesidad de implantar técnicas con el fin de prevenir fallas de los equipos en combate y disminuir los costos de reparación, por lo que vino a tomar importancia relevante la disponibilidad y duración de la vida útil de la maquinaria, que se extendió hasta mediados de los años 70 y tiene las siguientes características:

- Aumento de la complejidad de los equipos
- Aumento de la vida útil de los equipos y sistemas
- Crecimiento de los costos de mantenimiento
- Altos niveles de inventarios de repuestos
- Importancia en la productividad
- Incremento en la mecanización de las industrias
- Inicio del mantenimiento preventivo
- Mayor interés a los tiempos de parada de los equipos

En la década de los años 70 se presenta el auge de las nuevas tecnologías y se desarrollan técnicas novedosas con el fin de prevenir las fallas de los equipos y disminuir los costos de reparación con base en los postulados de máxima calidad, seguridad y protección del medio ambiente, lo que dio origen a la tercera generación de

mantenimiento que se extendió hasta finales del siglo y tiene las siguientes características:

- Disponibilidad de los activos físicos
- Administración eficaz de los recursos
- Desarrollo del talento humano

Se puede precisar la misión del mantenimiento como: preservar las funciones principales de todos los activos de la compañía a lo largo de su ciclo de vida útil, a satisfacción de los propietarios, los usuarios, los clientes y la sociedad; seleccionando e implementando las mejores prácticas para enfrentar las fallas y mitigar las consecuencias; con el compromiso efectivo de todas las personas de la organización, debidamente formadas, para desarrollar sus funciones en la búsqueda permanente de la excelencia operacional. (Palencia, 2012, pp. 21,22,24,25).

## 6.9 **Filosofías del Mantenimiento Industrial - Kaizen**

Muchas veces nos hacemos la pregunta ¿Por qué las empresas japonesas son muy competitivas?, seguramente muchas de las respuestas a esta incógnita tienen sustento en el kaizen (mejoramiento continuo). Es toda una forma de vida que involucra tanto a gerentes como a trabajadores, en la búsqueda del mejoramiento progresivo de las empresas. En su libro kaizen masaaki Imai explica en forma sencilla cual es la esencia de esta filosofía: kaizen significa mejoramiento progresivo que involucra a todos y que supone nuestra forma de vida, ya sea en el trabajo o en la vida social y familiar, es tan valiosa que merece ser mejorada de manera constante. La esencia de todas las prácticas administrativas japonesas, tales como: mejoramiento de la productividad, actividades

para el control de calidad, círculos de calidad, cero defectos, sistema de sugerencias, etc. Pueden definirse utilizando un solo término, el kaizen. El movimiento de los 5 pasos del kaizen, también conocidos como 5-S, toma nombre de 5 palabras japonesas: Seiri (organización), Seiton (reducir búsquedas), Seiso (Limpieza), Seiketsu, (Estandarización y simplificación de los procesos) y Shitsuke, (Disciplina y buenos hábitos de trabajo). (嶺., 2002, p. 62).

#### 6.10 Administración de Flotas

Como componente de la presente investigación también se tiene en cuenta algunos aspectos asociados a la administración de flotas y logística, esto teniendo en cuenta que el objetivo principal, es optimizar los viajes desarrollados por los camiones de la flota propia en la ruta La Calera – Villavicencio - Bogotá. La gestión y administración de flotas es un concepto que ha venido creciendo progresivamente a nivel global, esta trata de maximizar los beneficios obtenidos por los equipos vehiculares que posee un sistema de abastecimiento y entrega ya sea el caso de pasajeros, materiales u operación logística, esta estudia variables como programación, planeación, documentación, legalización de las actividades propias de la operación y otras adicionales que están relacionadas al mantenimiento y conservación así como el cumplimiento de las necesidades del cliente parcial o final.

Algunas actividades adicionales relacionadas:

- Planificación diaria de rutas e itinerarios del transporte
- Planificación de carga de cada vehículo y de la flota
- Gestión de flotas en una sola base o en varias bases

- Calculo de rutas e itinerarios a escala callejero
- Seguimiento y programación de rutas para flotas en tiempo real con respuesta inmediata a imprevistos como cambio de horario de servicio, avería de un vehículo, baja de un conductor, servicio urgente, etc.
- Gestión de usuarios múltiples con la capacidad de establecer una planificación central con control local
- Simulación y análisis de escenarios para la adquisición de vehículos, reorganización de zonas, etc.
- Planificación estratégica. (Mira, 2010, p.278).

### 6.11 Administración Científica

Estados Unidos es el país donde se concentra principalmente el desarrollo histórico de la administración y del estudio de las organizaciones. Cabe destacar que, debido a sus particularidades económicas, sociales, políticas y geográficas, este país es cuna de la segunda revolución industrial (1880-1930 aproximadamente), en la que se da la transición hacia la producción masiva de la gran industria. Es en este país donde se dieron las condiciones más adecuadas para la concepción, difusión y experimentación de principios de administración aplicados a las empresas, así como el análisis de problemas comunes a las organizaciones resultado de su acelerado desarrollo, lo que hizo posible el desarrollo del pensamiento organizacional dominante. Entre estas condiciones, destaca la hegemonía política y económica de la minoría blanca, sajona y protestante de las primeras migraciones europeas hacia territorio norteamericano en los siglos XVII y

XVIII, que impuso el puritanismo calvinista preocupado por preservar y agrandar la individualidad expresada en la ansiedad de la propiedad. De esta manera, el surgimiento del modelo organizacional americano estuvo muy influido por la disposición mental de los primeros inmigrantes de naturaleza práctica, inventiva y curiosa, entre los que la acumulación de la riqueza individual era señal de haber sido escogido y gratificado por Dios. Por ello se explica, en parte, que autores como Frederick W. Taylor estuvieran más preocupados por estudiar la manera de racionalizar las operaciones más elementales en la fábrica, y en esta misma dirección, la imposición de una actitud paternalista y disciplinaria sobre el obrero. En este contexto, cabe destacar que al final del siglo XIX y principios del XX se instala la tradición estadounidense de sistematizar los conocimientos emergentes de las experiencias de la aplicación de nuevas técnicas y procedimientos de la administración en la industria naciente. Ejemplo de esta tradición lo muestra la práctica de los ingenieros y asociaciones ingenieriles de Estados Unidos que se esforzaron por documentar los hallazgos relacionados con la administración industrial, como lo muestra, por ejemplo, el Reporte principal del subcomité sobre administración de la sociedad americana de ingenieros mecánicos, publicado en el año de 1912. En este informe se afirma, entre otros argumentos, que la importancia de extender el conocimiento de los nuevos descubrimientos de los principios de administración aplicados, por ejemplo, en la operación del ferrocarril, hacen posible un ahorro de un millón de dólares al día y es más, estos principios pueden ser aplicados con igual éxito en todas las formas de la actividad de negocios” (Thompson, 2001:153). Por otra parte, en este periodo en Estados Unidos se desarrolla un interés creciente por sistematizar y difundir los hallazgos relacionados con la administración, con la finalidad de crear un espacio de reflexión y discusión que

permitiera el mejoramiento continuo de la práctica administrativa en las empresas.  
(BARBA ALVAREZ, 2010, pp. 18,19).

### 6.12 Actualidad

Actualmente se observa que las empresas bien administradas han adoptado una visión prospectiva de oportunidades, usualmente soportada por:

- Rutinas sistematizadas para minimizar mantenimiento
- Sistemas de mantenimiento con auxilio de procesamiento electrónico de datos
- Herramientas y dispositivos de medición
- Asesorías competentes en la determinación del potencial de mejoramiento e implantación de soluciones estratégicas. En las rutinas sistematizadas, se busca establecer las necesidades reales de intervención y la aplicación, lo mejor posible, de las tablas que, además de compactar la información, permiten estandarizar la búsqueda de registros y filtros necesarios para la elaboración de los reportes históricos y el apoyo al análisis de fallas, evaluando la disponibilidad y los costos. En los sistemas de mantenimiento con el apoyo del procesamiento electrónico de datos, se busca almacenar el máximo posible de información relacionada con los equipos (registro) y materiales (repuestos), establecer las tareas adecuadas para ejecución de intervenciones programadas por los mantenedores y operadores, definir el momento adecuado para la ejecución y los recursos que serán utilizados (planificación), reducir al máximo las tareas burocráticas de los ejecutantes de mantenimiento, al mismo tiempo que se establece, de forma completa los registros que serán recuperados en una intervención relacionada con registros de otras áreas, directa o indirectamente implicadas con la función mantenimiento. (Tavares, 1999, p. 6).

### 6.13 Análisis de la Productividad y Eficiencia de los Puertos Colombianos

Los puertos marítimos están inmersos en la dinámica del comercio internacional y forman una parte fundamental, en la económica de cada nación. Como es destacado, en el mundo existen países que dependen en gran medida del comercio internacional, por lo tanto, se observa que los puertos toman un valor muy alto para llevar a cabo con éxito las labores de importación y exportación de un país y a su vez, para realizar dichas actividades es necesario que los puertos cuenten con recursos suficientes de infraestructura (instalaciones, maquinaria y equipo) recurso humano calificado y tecnología de punta con coordinación y administración apropiada y eficiente para obtener la productividad esperada por los inversionistas y generar servicios de manera eficiente a los usuarios de la Carga. Desde tiempos remotos los puertos marítimos han sido sinónimo de progreso y desarrollo continental, permitiendo el surgimiento y desarrollo de grandes ciudades como Londres, Hong Kong o Nueva York. En la actualidad, aparte de inyectar dinamismo a las economías de las ciudades costeras, los puertos han pasado de ser simples centros de distribución y almacenamiento de mercancías a convertirse en instrumentos indispensables en el comercio exterior de los países. Así, hoy en día los puertos son considerados grandes nodos logísticos que ofrecen servicios integrales de valor a toda la cadena de operadores de la logística internacional. Dentro de sus ventajas en materia logística se destaca la capacidad de carga que pueden manejar, competitividad en materia de servicios a la carga con fundamento en las conferencias marítima y acuerdos especiales con las Navieras, dinamizan las operaciones de negocios, dan flexibilidad en el manejo de la carga y continuidad en las operaciones, haciendo de las plataformas logísticas de los usuarios una gana, gana económico. Las

instalaciones, maquinaria y equipo, con que los puertos cuentan para llevar a cabo sus actividades, juegan un papel importante. En el caso de América Latina, la mayoría de los países del subcontinente han entrado en procesos encaminados a abrir sus economías, buscando impulsar así su crecimiento económico, lo que conlleva a su vez a que tengan una necesidad cada vez mayor de servicios de transporte internacional de carga, que puedan manejar una gran afluencia de mercancías y que resulten de bajo costo. Lo anterior ha llevado a que los puertos de los países latinoamericanos se vean en la fuerte necesidad de buscar formas de incrementar con celeridad su capacidad operativa, para poder mantener la competitividad y ser capaces de recibir la gran cantidad de buques y de carga que ingresa desde los diferentes mercados internacionales. Esto suele representar la implementación de procesos encaminados a optimizar la administración de los muelles, usualmente privatizando su manejo, en la búsqueda de un trabajo más eficiente de carga y descarga. (Quintero Quintero, 2015, pp. 15,20).

#### ***6.13.1 Descripción geográfica Sociedad portuaria de Barranquilla***

Puerto marítimo y fluvial localizado en la costa atlántica de Colombia, sobre el margen occidental de río magdalena, es el puerto más al norte del continente sur americano. Creado en 1936, el terminal fue concebido con el fin de alimentar por vía fluvial, aérea y terrestre el interior del país, así como de manejar la carga que conformaba el comercio marítimo internacional del país y la ciudad. La sociedad portuaria regional de barranquilla está localizada a 22 kilómetros de la desembocadura del río magdalena, principal arteria fluvial de Colombia. Su muelle marítimo de 1058 metros lineales cuenta con un calado de 34 pies mínimos que le permiten atender hasta 7 buques al tiempo. El terminal también cuenta con un muelle fluvial de 550 metros lineales dedicado al manejo

de barcazas fluviales con un calado máximo de hasta 12 pies. (Quintero Quintero, 2015, p. 32)

### ***6.13.2 Descripción geográfica Sociedad Portuaria de Buenaventura.***

Se encuentra cerca del canal de Panamá, equidistante entre Vancouver y Valparaíso. Es uno de los puertos del continente americano más cercanos al Lejano Oriente. Está en el centro del mundo, cerca de las principales rutas marítimas que atraviesan el planeta de norte a sur y de oriente a occidente. Las condiciones geográficas le permiten ser un puerto concentrador y de transbordo, optimizando el uso de los barcos de gran porte.

(Quintero Quintero, 2015, p. 31)

### ***6.13.3 Descripción geográfica Sociedad portuaria de Cartagena.***

La Bahía está localizada en la zona central del Caribe colombiano con 82 km<sup>2</sup> de superficie y una profundidad promedio de 43 pies, sus aguas calmas y la posibilidad de cargue en la orilla permiten efectuar operaciones marítimas amplias y seguras durante todo el año. Se encuentra ubicada al norte de Colombia en el departamento de Bolívar. Dispone de un canal natural de acceso (por Bocachica) que ofrece gran seguridad para el tránsito de grandes embarcaciones sin ocasionar daños medioambientales, lo cual es reforzado por el completo sistema de boyas con que se encuentra señalizado. Además, a través del Canal del Dique, tiene conexión directa con el corredor fluvial más importante de Colombia, el río Magdalena, que atraviesa el corazón económico e industrial de la nación, permitiendo establecer una eficaz y productiva conexión con el interior del país.

(Quintero Quintero, 2015, p. 29)

#### ***6.13.4 Descripción geográfica Puerto de Santa Marta.***

Se localiza a 11° 15' de latitud Norte y 74° 13' de longitud Oeste en el extremo noroccidental de la ciudad, al norte por los cerros de San Martín y al occidente por el cerro Ancón y la ensenada de Tanganilla. Posee un calado natural que beneficia el transcurso y los abordajes de los barcos, además de ser el puerto más profundo del continente americano y uno de los más seguros del mundo; es el único puerto de la Costa Atlántica con servicio de ferrocarril, ofreciendo la posibilidad de efectuar cargues descargues directos en los muelles. (Quintero Quintero, 2015, p. 30)

#### **6.14 Desarrollo Portuario**

La actividad portuaria representa una alternativa real para el crecimiento económico y comercial de las naciones, pues son fundamentales para el intercambio comercial internacional por ser lugares de resguardo de las embarcaciones en las que se desarrollan operaciones de carga, descarga, embarque y desembarque de gran cantidad de mercancías necesarias para el consumo de las poblaciones. En este sentido, Encinas (2017), expone: “El transporte marítimo es actualmente el medio más eficaz de transportar mercancías, su bajo costo, gran capacidad de transporte masivo de mercancías, movimientos en largas distancias son algunas razones que sostienen este mecanismo comercial como el más conveniente y rentable. (Falla, 2018, pp. 4,5).

## 7 Estado del Arte

El estado del arte a referenciar en esta investigación, busca establecer los antecedentes referentes a los sistemas de mantenimiento y productividad que se desarrollan generando modelos y parámetros con la filosofía centrada en confiabilidad.

### 7.1 Estado del Arte Local

#### 7.1.1 *Programa de mantenimiento preventivo para un sistema multiradar*

Realizando la investigación sobre el estado del arte, observamos la propuesta “PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA MULTIRADAR” desarrollada por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, CARLOS OSWALDO PINEDA ARTEAGA, JUAN MANUEL VILLALBA ROMERO, podemos identificar que los modelos de mantenimiento se generan a través de una necesidad latente frente al papel que desempeña el activo y su relevancia en un proceso de producción o un proceso que impacte la seguridad en las operaciones humanas, es por ello que el modelo propuesto en este proyecto tiene una importante relevancia frente a la seguridad humana ya que los activos estudiados deben generar un alto nivel de operación fiable a todos los usuarios y operadores del sector aeronáutico del país. Adicional, con los activos seleccionados, se observa que el período de evaluación del modelo propuesto permitió realizar un levantamiento de información histórica, que conllevó a identificar la priorización de adaptación del modelo propuesto como una herramienta que generaría la optimización de los activos, creando una reducción de los costos, así como a dejar el activo en condiciones de operación con protocolos estandarizados mundialmente.

También se destaca el aprovechamiento del personal capacitado, al realizar la adaptación del conocimiento complementario que permite el cambio de tecnología para mejora y seguridad en las operaciones aéreas del país.

### ***7.1.2 Diseño de un modelo gerencial de servicios para el sector automotor***

Complementando la investigación, observamos la propuesta “DISEÑO DE UN MODELO GERENCIAL DE SERVICIOS PARA EL SECTOR AUTOMOTOR BOGOTANO”, desarrollado por HENRY ELÍAS ZAMBRANO PIÑEROS de la Universidad Industrial de Santander en el año 2000, observamos que mediante la evaluación consciente del servicio que ofrece la industria del sector automotriz local y a nivel nacional en Colombia , es preciso que la propuesta del modelo gerencial citado , extraiga la importancia que tendría la implementación y ejecución de los planes propuestos, ya que en el medio automotriz una de las grandes falencias operacionales es precisamente la carencia de modelos gerenciales que permitan desarrollar estrategia de sostenibilidad a un largo plazo mediante la filosofía de servicio y la integración del área como su servicio postventa, complementándolas en un justo a tiempo como técnica para alcanzar los objetivos de reducción de costos operacionales evitando así la exclusión de personal calificado . De igual forma mediante la propuesta citada se pretendería lograr captar un número mayor de usuarios adicionales a los que se encuentren dentro de los períodos de garantía, usuarios que deben cancelar grandes valores por los costos operativos que se cargan en cada intervención, los cuales podrían ser la causa del descenso de clientes potenciales, por lo que el desarrollo integral de esta propuesta en cada una de las áreas de impacto como lo son servicio, administración y operaciones lograrían reducir costos directos e indirectos permitiendo que la generación de nuevos

clientes y la implementación de estas estrategias sean modelos viables para toda organización del sector automotriz. Por otro lado, el desarrollo de programas de formación para el personal del concesionario, genera un valor adicional en la prestación de servicio, ya que tener un personal calificado reducirá el proceso de análisis del problema junto al uso de las herramientas especializadas, lo que permitirá generar una optimización de los espacios de trabajo. Esta propuesta ratifica la importancia en la generación de propuestas gerenciales que sean evaluadas por la dirección de la Empresa, ya que desde el gerenciamiento del mantenimiento se promueven estrategias integrales para la optimización de los recursos y gestión de los activos.

### ***7.1.3 la gestión administrativa del mantenimiento de aeronaves en colombiana***

Continuando con la investigación observamos la propuesta “MODELO GERENCIAL PARA LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL MANTENIMIENTO DE AERONAVES EN UNA AEROLÍNEA COLOMBIANA”, desarrollada por ORLANDO ZULUAGA LÓPEZ estudiante de la Universidad Industrial de Santander, en esta visualizamos la relevancia de la generación e integración de los grupos o equipos de trabajo como elemento esencial de la implementación del modelo, esta propuesta tiene como objeto complementar los procesos de mantenimiento en línea que la industria aeronáutica desarrolla de forma general, por lo tanto el modelo de equipos de trabajo desarrolla una de los pilares más importantes de un proceso como lo es la gestión Humana. Complementariamente el modelo de mantenimiento propone realizar un cambio a los índices de gestión del mantenimiento, lo que conlleva a mencionar que el diseño de programas de mantenimiento lógicamente estructurados, permiten a las instituciones y la alta gerencia trazar y alcanzar metas de cumplimiento generando una efectividad en sus

operaciones y logrando un nivel de costos y gastos bajo presupuestos determinados que optimizan los activos intervenidos. La investigación sobre los temas relacionados en nuestra propuesta, evidencia que la gestión de activos desarrollada bajo modelos de mantenimiento es la mejor opción para lograr una eficiente operación de las compañías que asimilen, entienden, y visualicen la importancia en la gestión del gerenciamiento desde la gestión de activos y mantenimiento.

#### ***7.1.4 Gestión del mantenimiento del parque automotor “trasmédica s.a***

Generando una ampliación en nuestra investigación observamos el trabajo “GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA EMPRESA “TRASMÉDICA S.A””, elaborado por PRÓSPERO ROJAS ESTUPIÑÁN, de la Universidad Industrial de Santander. comprobando que la gestión de planes de mantenimiento en el sector automotriz representan un desarrollo altamente complejo para evidenciar la rentabilidad de las inversiones en activos como los vehículos, ya que generalmente los procesos de mantenimiento asociados a este sector industrial se asocian a un incremento de gastos , pero a través de las propuestas de gestión gerencial en mantenimiento se logra identificar que estas propuestas permiten mantener los activos con un valor menor de depreciación y a su vez permite que estos activos mantengan un nivel de confiabilidad que es esencial para la operación descrita y para operaciones que requieren recolección, asociación y evaluación de datos para la toma de decisiones en el plan de gestión. De igual forma el desarrollo integral de los planes de mantenimiento reducen el impacto administrativo y financiero a este tipo de compañías.

### ***7.1.5 Análisis de modos y efectos de fallas, aplicado al centro de cómputo de la biblioteca Luis ángel Arango***

En relación con los planes centrados en confiabilidad observamos el trabajo “ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS, APLICADO AL CENTRO DE CÓMPUTO DE LA BIBLIOTECA LUIS ÁNGEL ARANGO”, desarrollado por los alumnos JAIRO FLECHAS VILLAMIL y HERNÁN ORJUELA PÉREZ, identificando que estos planes basados en propuestas de confiabilidad representan una de las filosofías con mayor auge de aplicación en los procesos de mantenimiento de los activos de una compañía; se observa que a pesar de que este tipo de mantenimiento centrado en confiabilidad se requiere una gran inversión para su implementación. Con este proceso se logra que los operadores de los activos realicen la contextualización del mantenimiento de equipos de una forma metódica, dando la importancia a la detección de fallas a través del conocimiento del activo, generando soluciones integrales mediante la participación del recurso humano como herramienta esencial, buscando la seguridad en la operación del activo a través de la evaluación de distintos niveles de efectividad y riesgo. También se logra identificar que los planes basados en confiabilidad pueden lograr que los activos con tendencia a la falla sean monitoreados de tal forma que los recursos asignados a éste, permitan que el activo se restaure con el objeto de que cumpla su función de diseño, logrando alcanzar un nivel de mayor aceptación en su disponibilidad para producción o servicio. Cabe resaltar que, si la confiabilidad del mantenimiento se logra en cada subsistema o sistema de proceso, la confiabilidad general de un activo será más elevada. De igual forma si cada subsistema de un activo es intervenido con base en el mantenimiento centrado en la confiabilidad, podemos generar una cadena de análisis

basados en esta filosofía, lo que nos permitiría desarrollar éstos sistemas como un sistema completo y en cadena o como elemento individual que integra un sistema. La estrategia de mantenimiento centrado en confiabilidad, no solo debe dirigirse hacia la optimización de los activos, sino debe integrar la funcionalidad de la empresa que lo implemente, ya que parte de sus objetivos en el desarrollo de la filosofía mediante la integración de grupos de trabajo para desarrollar una mejora total. Las áreas de mantenimiento de la industria moderna deben prepararse para un entorno dinámico, propio de una economía globalizada y de constante evolución tecnológica, adoptando esquemas flexibles que le permitan cambiar y evolucionar en todos los aspectos de la organización a fin de asegurar su viabilidad futura.

#### ***7.1.6 La gestión integral del mantenimiento de Oliverio García Palencia, universidad pedagógica y tecnológica de Colombia***

LA GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO DE OLIVERIO GARCÍA PALENCIA, UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA; busca que se genere al cliente interno o externo la disponibilidad de los activos fijos, cuando lo requieran con Confiabilidad y Seguridad Total, durante el tiempo óptimo necesario para operar con las condiciones tecnológicas exigidas previamente, para producir bienes o servicios que satisfagan necesidades, deseos o requerimientos de los usuarios, con los niveles de calidad, cantidad y tiempo solicitados, en el momento oportuno, al menor costo posible y con los mayores índices de productividad, rentabilidad y competitividad por lo tanto podemos observar que el área de mantenimiento debe realizar grandes transformaciones dejando de ser vista como un centro de costos, para pasar a ser un proceso integral que contribuye a la generación de utilidades industriales, y

es responsable de la sobrevivencia de la empresa. El mantenimiento actual posee un rol destacado dentro de la Confiabilidad Operacional por su importante contribución a la Seguridad, respeto al Medio Ambiente, Productividad y Rentabilidad industrial, garantizado una alta disponibilidad y confiabilidad de los activos.

#### ***7.1.7 Desarrollo de un modelo de organización administrativa del departamento de mantenimiento de plantas para los eventos menores de mantenimiento***

En la investigación sobre la propuesta citada como DESARROLLO DE UN MODELO DE ORGANIZACIÓN ADMINISTRATIVA DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO DE PLANTAS PARA LOS EVENTOS MENORES DE MANTENIMIENTO desarrollado por JOSÉ JOAQUÍN HERNANDEZ VILORI de la universidad tecnológica de bolívar , podemos resaltar La mayoría de las veces, los beneficios obtenidos en un ejercicio de Optimización de recursos se logra a través de soluciones que encierran acciones de Gestión y Control sobre la tarea que se hace en periodos cortos de tiempo, lo que con lleva a mencionar que muchas veces las soluciones a situaciones o problemas que enfrenta una empresa surgen en momentos de “crisis”, donde la empresa exige más de sus administradores como elementos fundamentales para realizar desde el mantenimiento acciones de mejoramiento continuo basado en la optimización de los recursos asignados, adicional a esto, el área de mantenimiento posee la virtud de conocer la estrategia de asociación de los procesos operacionales con mantenimiento , lo que siempre permitirá que desde esta área se logren realizar sugerencias para optimizar recursos que impacten producción y mantenimiento.

***7.1.8 Metodología para decidir la implementación de un programa de mantenimiento productivo total (T.P.M)***

Con relación a la continuidad en la investigación sobre la asociación de nuestras palabras claves observamos el proyecto METODOLOGÍA PARA DECIDIR LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) desarrollado por RAFAEL ANTONIO DEL RISCO NAVAS , EMERSON MURILLO PADILLA de la universidad tecnológica de Pereira contemplamos el factor preponderante sobre la relevancia de “El departamento de Mantenimiento” que tiene como misión la de mantener y mejorar la disponibilidad de los equipos y su rendimiento e instalaciones de la empresa, para lograr en un futuro no muy lejano “ una Empresa dentro de la empresa”, es decir, para lograr esto la dirección de Mantenimiento deben ser líderes de alta gerencia, que conduzcan al mejoramiento continuo, interpretando, interactuando, y prestando la atención pertinente a conceptos como: Colombia como país en vía de desarrollo tiene como característica la escasez de capital; es por lo tanto de esperar que sus bienes de capital sean mantenidos tan bien o mejor que en los países donde el capital abunda; por lo tanto, si mantenimiento significa la protección y conservación de las inversiones, la garantía de una producción, la seguridad de un servicio y la defensa del capital, se debería trabajar en mantenimiento con factores que permitan sostenerse en el mercado. De igual forma es preciso resaltar, que uno de los objetivos de un plan de mantenimiento de cualquier sector industrial debe cumplir con factores como son el aumento del volumen de producción por disponibilidad, reduciendo los costos de operación mediante la innovación de procesos, procedimientos y en calidad del producto final.

## 7.2 Estado del arte Internacional

### 7.2.1 *Evaluación y análisis de la aplicabilidad de las Herramientas de Confiabilidad*

Con relación al impacto de la implementación de un Modelo de mantenimiento basado en estrategias de mantenimiento centrado en confiabilidad podemos citar al ingeniero Guerrero, J. (2001). Con el proyecto, Evaluación y análisis de la aplicabilidad de las Herramientas de Confiabilidad. Facultad de Ingeniería. UNEFA. Maracay. Venezuela donde observamos que el análisis del El A.M.E.F es un método que nos permite determinar los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan. De esta forma se podrán clasificar las fallas por orden de importancia, permitiéndonos directamente establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando un mayor impacto económico, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo. De esta forma podemos mencionar que junto a una gestión integral del mantenimiento la implementación del concepto de confiabilidad realza la importancia de los beneficios que se puede obtener mediante el desarrollo integral de la filosofía RCM.

### 7.2.2 *Aspectos financieros de mantenimiento*

El señor FERNANDO ESPINOZA FUENTES DE LA UNIVERSIDAD DE TALCA CHILE EN EL AÑO DE 2004, en el proyecto realizado a los aspectos financieros de mantenimiento el cual nace de la necesidad de establecer una conexión entre los requisitos que deben poseer los recursos y los requisitos que deben ser atendidos por la empresa, los cuales, a su vez, son determinados por la evolución del mercado (competidores, proveedores, consumidores y productos alternativos), además de la reglamentación ambiental. Esta relación debe ser sustentable en el tiempo para que la

contribución que hace la función mantenimiento sea relevante para la ventaja competitiva que la empresa desea conseguir. Las decisiones estrategias involucran evaluar detalladamente la pertinencia de invertir recursos financieros en actividades para innovar en mantenimiento con la finalidad de entregar a la empresa un real apoyo para hacerla más competitiva. En efecto, factores como alta confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y seguridad, además del bajo costo de mantenimiento, alta calidad de productos elaborados, depreciación adecuada de los equipamientos, pueden dar un impacto fundamental a la empresa para ser altamente competitiva. El producto o servicio que una empresa ofrece al mercado consumidor es el reflejo de su nivel o capacidad tecnológica, pero este producto debe poseer ciertas características de calidad para el uso previsto, tener un tiempo determinado para llegar a su destino final y ser producido en un volumen que es necesario satisfacer. Para todo esto la función de mantenimiento tiene un papel muy importante: es una de las responsabilidades directa para que estos requisitos se cumplan.

### ***7.2.3 Cálculo del costo del NO mantenimiento del sistema de climatización de la instalación***

EL INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA DE LA HABANA CUBA DEPARTAMENTO PROTOTIPO. FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SEPTIEMBRE DE 2008, cálculo del costo del NO mantenimiento del sistema de climatización de la instalación, permito cuantificar la extraordinaria suma de dinero que se perdió por este concepto de un periodo de dos años, correspondiente solamente a un sistema de la instalación. La metodología propuesta, constituye una herramienta que permita un análisis cuantitativo de los costos asociados al

no mantenimiento de cualquier equipo o sistema ingenieril, realizándole los ajustes correspondientes a sus características individuales. Se requiere para la aplicación eficaz de esta propuesta de metodología, de una correcta organización del mantenimiento. El costo del NO mantenimiento resulta un elemento indispensable a considerar en el control de los gastos asociados a la función de mantenimiento, así como en la propia gestión económica y empresarial de la instalación.

***7.2.4 Los gastos en insumos de mantenimiento correctivo de las cuñas tractoras en empresa de transporte.***

EN LA UNIVERSIDAD DE HOLGUIN CUBA, LOS ESTUDIANTES B. RIGOL CARDONA, D. PEÑA ESCOBIO, C. BATISTA RODRIGUEZ, realizaron un Estudio en el año 2008, de los gastos en insumos de mantenimiento correctivo de las cuñas tractoras en empresa de transporte. Las cuñas tractoras son vehículos de transporte utilizados en cuba bajo intensas condiciones de explotación, con un sistema de mantenimiento preventivo, que teóricamente simultánea a la alta disponibilidad técnica a gastos aceptables. El trabajo presenta los gastos en insumos de mantenimiento correctivo en pesos convertibles cubanos y su arancel en pesos cubanos tras exportar ocho meses consecutivos una flota de 20 cuñas marca Renault, de la filial de transporte en la provincia de Holguín en una empresa transportista nacional. Los objetivos del artículo son: recopilar la información sobre gastos de mantenimiento, realizar un análisis estadístico, obtener el comportamiento relativo de los gastos e interpretar los resultados. Los métodos empleados fueron, observación no participante, porcentajes competentes, análisis clúster, análisis de varianza, diferencias significativas sobre los gastos en CUC de mantenimiento correctivo, donde se originan tres grupos de supuesta aplicación de

mantenimiento preventivo y se determinaron los vehículos con mayores gastos, empleándose en la actualidad esta herramienta para la toma de decisiones de la gerencia.

## 8 Marco Normativo y Legal

### 8.1 Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes en Vehículos Automotores. NTC 5375

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vehículos automotores en la Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes en los Centros de Diagnóstico Automotor.

Esta norma no aplica a los vehículos agrícolas, maquinaria rodante de construcción o minería, montacargas, vehículos antiguos, clásicos, los cuatrimotos ni los “*Sidecar*” de las motocicletas.

#### 8.1.1 Referencias normativas

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento referenciado (incluida cualquier corrección).

**NTC 4231**, Procedimientos de evaluación y características de los equipos de flujo parcial necesarios para medir las emisiones de humo generadas por las fuentes móviles accionadas con ciclo DIÉSEL. Método de aceleración libre.

**NTC 4983**, Calidad del aire. Evaluación de gases de escape de fuentes móviles utilizando motores basados en el ciclo OTTO. Método de ensayo en marcha mínima (ralentí) y velocidadcruce, y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación.

**NTC 5365**, Calidad del aire. Evaluación de gases de escape de motocicletas, motociclos, moto triciclos, motocarros y cuatrimotos accionados tanto con gas o gasolina (motor a cuatro tiempos) como con mezcla gasolina aceite (motor dos tiempos). Método de ensayo en marchamínima (Ralentí) y especificaciones para los equipos empleados en esta evaluación.

**NTC 5385**, Centros de Diagnóstico automotor. Especificaciones del servicio.

### ***8.1.2 Clasificación de defectos***

Los defectos en los vehículos automotores, se clasifican en:

#### **Defectos Tipo A**

Son aquellos defectos graves que implican un peligro inminente para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, la de sus ocupantes, la de los demás usuarios de la vía pública o al ambiente.

## **Defectos Tipo B**

Son aquellos defectos que implican un peligro potencial para la seguridad del vehículo, la de otros vehículos, de sus ocupantes o de los demás usuarios de la vía pública o al ambiente.

### ***8.1.3 Vehículo aprobado***

El vehículo debe ser aprobado cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a) No se encuentren defectos Tipo A para vehículos de servicio particular, público, tipomotocicleta, motocarro, remolque y enseñanza automotriz.
- b) La cantidad de defectos Tipo B encontrados son:
  - Menores a 10 para vehículos de servicio particular.
  - Menores a 5 para vehículos de servicio público.
  - Menores a 5 para vehículos tipo motocicleta.
  - Menores a 7 para vehículos tipo motocarro.
  - Menores a 5 para vehículos de enseñanza automotriz.

### ***8.1.4 Vehículo rechazado***

El vehículo debe ser rechazado cuando se presente uno de los siguientes casos:

- a) Se encuentre al menos un defecto Tipo A para vehículos de servicio particular,

público, tipo motocicleta, motocarro, remolque y enseñanza automotriz.

b) La cantidad total de defectos Tipo B encontrados son:

- Iguales o superiores a 10 para vehículos particulares.
- Iguales o superiores a 5 para vehículos públicos.
- Iguales o superiores a 5 para vehículos tipo motocicleta.
- Iguales o superiores a 7 para vehículos tipo motocarros.
- Iguales o superiores a 5 para vehículos de enseñanza automotriz.

#### ***8.1.5 Pre-revisión***

El vehículo debe presentarse descargado (vacío) y en estado de limpieza que permita la labor de inspección del vehículo. Igualmente debe estar sin tapacubos (copas) y la alarma desactivada.

- Ingreso al CDA.

Ingreso de información referente al vehículo, en cuanto a su identificación con la licencia de tránsito y seguro obligatorio de accidentes de tránsito, y confrontarla con las bases de datos del RUNT.

- Traslado a la línea de revisión.

Se debe comprobar la identificación del vehículo confrontando: placa, marca, clase de vehículo, servicio y color, con base en los siguientes documentos:

- ✓ La licencia de tránsito del vehículo.
- ✓ El seguro obligatorio de accidentes de tránsito vigente.

- ✓ Para los vehículos convertidos para funcionar con gas natural, se debe verificar la vigencia del certificado de revisión de la instalación exigido por la reglamentación para este tipo de vehículos.

La revisión en cuanto a los defectos presentados en este numeral se debe realizar a todo tipo de vehículo.

Cuando los vehículos automotores por especificaciones de equipo original, presenten diferencias con los criterios establecidos en la presente norma, se debe tener en cuenta tales especificaciones previa verificación de los manuales de fabricante correspondiente.

#### **8.1.6 Revisión exterior**

Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

**Tabla 1**

*Revisión interior de vehículos livianos y pesados*

<b>Descripción del defecto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Presencia de aristas vivas o bordes cortantes exteriores en el vehículo.	X	
Cierre inadecuado de puertas o capó.	X	
Cierre Inadecuado del baúl.	X	
Partes exteriores de la carrocería o cabina en mal estado (flojas, sueltas), que presenten peligro para los demás usuarios de la vía.	X	
Mal estado de los elementos de sujeción de la carrocería al chasis.	X	
Roce o interferencia entre las llantas y el guardabarros, carrocería o suspensión.	X	

Corrosión o mal estado de la carrocería.		X
Perforaciones que permitan la entrada de agua o gases en el habitáculo de pasajeros.	X	
Mal estado o problemas en el funcionamiento de los dispositivos de sujeción de las cabinas basculantes.	X	
La inexistencia de los sistemas mecánicos, neumáticos y eléctricos de acoplamiento. (Es aplicable a vehículos diseñados para llevar remolques o semi-remolques).	X	
Presencia de fisuras, cortes, dobleces o corrosión de los largueros y travesaños del chasis.	X	
Inexistencia o riesgo de desprendimiento de defensas o parachoques.	X	
Mal estado de parachoques y/o defensas.		X
El cumplimiento de alguno de los requisitos establecidos en el Anexo B, sobre placas en vehículos de servicio público.	X	
Inexistencia o mal funcionamiento de los limpiaparabrisas delanteros.	X	
La inexistencia o deterioro de peldaños o estribos para acceso y salida del vehículo.	X	
La inexistencia de al menos dos espejos retrovisores funcionales e independientes, o cámaras que cumplan esta función.	X	
Estado de las superficies o fijación deficiente de cualquier espejo retrovisor funcional.	X	
Soporte de fijación roto o alguno de sus anclajes.	X	
Holgura con riesgo de desprendimiento de la rueda de repuesto.	X	
Vidrio(s) parabrisas que distorsionan y/o deforman el campo de visión mínima del conductor	X	
Inexistencia de alguno de los parabrisas o de los vidrios móviles.	X	
Inexistencia de algún vidrio fijo diferente a los parabrisas.	X	
La existencia de fisuras, impactos o láminas adheridas, publicidad o adhesivos al (a los) parabrisa (s), que dificulten el campo de visión mínima del conductor.	X	
La inexistencia o mal funcionamiento de los mecanismos de accionamiento de alguno de los vidrios para vehículos de transporte público o especial de pasajeros.	X	

La inexistencia o mal funcionamiento de los mecanismos de accionamiento de alguno de los vidrios para vehículos particulares.	X	
Vidrios que no sean transparentes en los vehículos de transporte público de pasajeros de circulación urbana.	X	
Mal estado de los anclajes y demás elementos para sujetar los contenedores cuando sea aplicable.	X	
La inexistencia o mal funcionamiento de puertas o compuertas de carga para vehículos con platón, estacas o furgones.	X	
Puertas o compuertas de carga que no dispongan de los cierres adecuados para impedir que estas se abran por las fuerzas normales que actúan en su movilización.	X	

*Nota. Descripción de los defectos tipo A y tipo B los cuales se revisan con el inspector de línea de forma visual. Fuente: Norma NTC 5775*

### 8.1.7 Revisión interior

Mediante inspección sensorial, se debe detectar:

**Tabla 2**

*Revisión interior de defectos en vehículos livianos y pesados*

<b>Descripción del defecto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Asientos mal anclados o con riesgo de desprendimiento.	X	
El número de sillas excede con lo estipulado en la licencia de tránsito.	X	
Elementos deteriorados, sueltos o con riesgo de desprendimiento que pueden ocasionar lesiones a los ocupantes del vehículo. (Asideros, manijas, y portaequipajes).	X	
La existencia en el interior del habitáculo o cabina de partes puntiagudas o con aristas que puedan lesionar a los ocupantes del vehículo.	X	
Estado deficiente de las sillas o tapicería (Rota, cortada, descocidos) en vehículos de servicio público o especial de pasajeros.	X	

Sillas, carteras y tapizados en mal estado (Rota, cortada, descocidos) en vehículos deservicio particular.	X	X
Estado o funcionamiento deficiente de las chapas y seguros.	X	
Estado o funcionamiento deficiente del sistema de cierre y apertura de puerta(s) de servicio accionado por el conductor cuando aplique.	X	
La inexistencia, mala sujeción o el mal funcionamiento de los timbres o dispositivos similares, en vehículos de servicio público de transporte colectivo de pasajeros.	X	
Agujeros, cortes o perforaciones visibles en el habitáculo o cabina, que permitan la entrada de gases o agua, o que representen peligro para los ocupantes del vehículo.	X	
Tubos de escape en el habitáculo o cabina de los pasajeros o conductor.	X	
Batería ubicada en el habitáculo de pasajeros o del conductor.	X	
Inexistencia o mal funcionamiento del cinturón (anclajes dañados, cierre del broche no funcional, sujeción deficiente y/o deterioro evidente en el área de la correa).	X	
La inexistencia de los elementos de control de velocidad y tipos de alarma reglamentados de acuerdo con la modalidad del servicio para los vehículos de transporte público de pasajeros por carretera, vehículos de servicio público especial (turismo, empresarial y escolar)	X	
La no ubicación de la alarma o dispositivo sonoro en la parte delantera del vehículo, dentro del área dispuesta para los pasajeros y no audible para el conductor del vehículo.	X	
La no ubicación de la pantalla digital en la parte superior delantera del vehículo, dentro del área dispuesta para los pasajeros	X	
El mal funcionamiento del sistema de chequeo que no permita verificar el dispositivo sonoro y la pantalla digital, al ser activado en estado de reposo, de acuerdo con el tipo de alarma correspondiente	X	
La inexistencia de la calcomanía reglamentada para informar sobre la existencia del dispositivo de control de velocidad a los usuarios de los vehículos de transporte público de pasajeros por carretera, de servicio público especial, (turismo, empresarial y escolar)	X	
La existencia de algún tipo de dispositivo o accesorio diseñado para producir ruido, tales como válvulas, cornetas y pitos adaptados a los sistemas de bajo y de frenos de aire.	X	
Ausencia o defectos como perforaciones no originales o fisuras de los sistemas de salida de gases.	X	

Presencia de resonadores en el sistema de escape de gases.	X	
El no funcionamiento de la bocina, pito o dispositivo acústico.	X	
El no funcionamiento de los comandos que encienden y conmutan las luces.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o nofuncionamiento de cualquier luz direccional.		X
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz (luces) de parada o freno	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz (luces) de reversa.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz (luces) de estacionamiento.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de las luces delimitadoras o de posición.	X	
El no funcionamiento de las luces o indicadores de tablero de instrumentos, (como mínimo luces plenas o altas, batería, aceite y falla de motor si aplica).		X
Mal estado o funcionamiento parcial de las luces interiores en los vehículos de servicio público de pasajeros.		X
Falla total de las luces interiores en vehículos de servicio público de pasajeros.	X	
Inexistencia de las señales reflectivas reglamentarias, de acuerdo con las normas vigentes.	X	
Mal estado o el no funcionamiento de la luz que indica que se encuentra libre para prestar el servicio, en los vehículos públicos de servicio individual urbano (Ejemplo: Taxis).		X
Testigos o indicadores encendidos en el tablero de instrumentos que indican falla.		X
Cantidad o número de luces mínimas reglamentarias y/o color de luz emitido diferente en la estipulada en la reglamentación vigente o disposiciones legales.	X	

Existencia de luces exploradoras traseras.	X	
Existencia de luces exploradoras delanteras por encima del nivel de las defensas, cuando es equipo original del fabricante.	X	
Inexistencia o mal funcionamiento del dispositivo de control de velocidad, para vehículos de servicio público de pasajeros en los que aplique, de acuerdo a la reglamentación vigente y con el procedimiento adoptado por la autoridad competente.	X	
La intensidad en algún haz de luz baja, es inferior a los 2,5 klux a 1 m o 4 lux a 25 m.	X	
La intensidad sumada de todas las luces que se puedan encender simultáneamente, no puede ser superior a los 225 klux a 1 m de distancia o 360 lux a 25 m.	X	
La desviación de cualquier haz de luz en posición de bajas esta por fuera del rango 0,5 y 3,5 %, siendo 0 el horizonte y 3,5 % la desviación hacia el piso.	X	
La inexistencia de una (1) salida de emergencia en vehículos de transporte colectivo de pasajeros con capacidad superior a 10 pasajeros sin incluir el conductor.	X	
La inexistencia del número de salidas adicionales requeridas para vehículos de transporte colectivo de pasajeros con capacidad superior a 15 pasajeros sin incluir el conductor.	X	
La falta de señalización, la imposibilidad de leer la leyenda "SALIDA DE EMERGENCIA" o ilegibilidad de la misma.	X	
La inexistencia de mecanismos de expulsión o fragmentación de la ventana dispuesta como salida de emergencia.	X	
Empuñadura exterior de la puerta, dispuesta como salida de emergencia, ubicada a una altura superior a 1,8 m con respecto al pavimento (piso).	X	
La puerta dispuesta como salida de emergencia no abre hacia afuera del vehículo sino hacia adentro o existen obstáculos que impidan el cumplimiento de su función.	X	
Inexistencia o mal funcionamiento del mecanismo de control manual que impide el accionamiento involuntario cuando el vehículo está dotado de escotillas eyectables dispuestas como salida emergencia.	X	
Carrera o movimiento de los dispositivos de accionamiento del sistema de frenos sean excesivos o insuficientes.	X	
Retorno inadecuado del pedal.	X	

Desajuste o desgaste de la superficie antideslizante del pedal.	X	
Mandos, fundas, cables, guayas o varillas deterioradas, con riesgo de desprendimiento o interferencia con otros elementos.		X
Inexistencia o Inoperancia de freno de estacionamiento.	X	
Bomba de vacío deteriorada o con riesgo de desprendimiento.		X
Compresor deteriorado o con riesgo de desprendimiento.	X	
Presión o vacío insuficiente para permitir al menos dos frenadas a fondo, consecutivas, una vez que se pone en marcha el dispositivo de aviso.	X	
Pérdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o pérdidas de aire audibles cuando esté o no aplicado el freno.	X	
Inexistencia de un dispositivo capaz de indicar los límites de la presión o vacío de funcionamiento.	X	
Mal estado del mando que opera el sistema de freno de estacionamiento (de parqueo, o de mano).	X	
Presencia de fugas de aire al tener accionado el freno neumático.	X	
Montaje con riesgo de desprendimiento.	X	
Goteo continuo de aceite del compresor.	X	
Descarga visible de fluido hidráulico en los frenos mixtos.	X	
Tanques o depósitos de presión excesivamente corroídos, con pérdidas o con riesgo de desprendimiento.	X	
Dispositivo de purga inoperante (si no es automático).	X	
Válvulas de aislamiento o de cierre automáticas deterioradas o con pérdida de aire excesiva y audible.	X	
Servofreno deteriorado o con fugas.	X	
Cilindro de mando (bomba de freno) deteriorado, con pérdidas o con riesgo de desprendimiento.	X	

Cantidad de líquido de frenos por fuera de los niveles indicados.		X
Ausencia de la tapa del depósito de líquido de frenos.	X	
Pérdidas de líquido en los tubos, mangueras o en las conexiones.	X	
Tubos o mangueras deteriorados, dañados, deformados o excesivamente corroídos o con riesgo de desprendimiento.	X	
Cilindros con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento (faltan tornillos).	X	
Válvulas con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento.	X	
Falta de una o más tuercas, espárragos, tornillos, o pernos en cualquier rueda del carro.	X	
Deformaciones excesivas en cualquiera de los rines.	X	
Fisuras en cualquiera de los rines.	X	
Inexistencia de algún rin o llanta, en los vehículos que usan más de dos ruedas por eje.	X	
Deterioro, deformaciones, fisuras o riesgo de desprendimiento en los aros de los rines artilleros.	X	
Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, menor a 1.6 mm o inferior a las marcas de desgaste especificadas por los fabricantes. Es aplicable a vehículos con peso bruto vehicular hasta 3 500 kg.	X	
Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, es menor a 2 mm o es inferior a las marcas de desgaste especificadas por los fabricantes. Se aplica para vehículos con peso bruto vehicular igual o mayor a 3 500 kg.	X	
Inexistencia de la llanta de repuesto, o inadecuado estado para su servicio, cuando aplique.	X	
Despegue o rotura en las bandas laterales de una o más llantas.		X
Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.	X	
En cualquiera de las llantas con banda de rodamiento regrabadas, a excepción cuando es permitido por el fabricante.	X	
Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión.	X	
Elementos de la suspensión rotos, deformados o con excesiva	X	

corrosión.		
Inexistencia de alguno de los amortiguadores.	X	
Fugas visibles o audibles en los amortiguadores.		X
Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión.		X
Mal estado o fijación defectuosa de muelles, resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.	X	
Barra estabilizadora mal anclada o fracturada, cuando sea aplicable.	X	
Tirantes o brazos de la suspensión deformados o con riesgo de desprendimiento.	X	
Inexistencia o ruptura de los guardapolvos de las rótulas de suspensión.		X
Fijación defectuosa o riesgo de desprendimiento en cualquiera de los elementos de la dirección.	X	
Holguras y/o desgaste excesivo en cualquiera de los elementos que conforman el sistema de dirección.	X	
Guardapolvos inexistentes o rotos.		X
Fugas visibles sin goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.		X
Fugas con goteo continuo en el sistema hidráulico de dirección.	X	
Desviación lateral en el primer eje superior a $\pm 10$ [m/km].	X	
Desviación lateral para los demás ejes superior a $\pm 10$ [m/km].		X
Mala fijación, deterioro excesivo, fugas, riesgo de desprendimiento del depósito y de los conductos del combustible.	X	
Juegos mecánicos (holguras) excesivos en las juntas del cardán.		X
Perdidas de aceite sin goteo continuo en la transmisión o caja.		X
Perdidas de aceite con goteo continuo en la transmisión o caja.	X	
Existencia de holguras excesivas en los elementos de la transmisión.		X
Inexistencia de protector para desprendimiento del cardan trasero.	X	
Pérdidas de aceite sin goteo continuo.		X
Pérdidas de aceite con goteo continuo.	X	
Mal estado, mala distribución y/o sujeción de cualquier componente del sistema eléctrico.	X	
Batería con soporte suelto o con riesgo de desprendimiento.		X

**Nota.** Se describen todos los defectos de tipo A y defectos tipo B para vehículos livianos y pesados en relación a la revisión interior de defectos en vehículos livianos y pesados. Fuente: Norma NTC 5775

- Condiciones por medir

Esta inspección se debe realizar por medio de un frenómetro o dispositivo similar que cumpla la misma función. Se debe verificar en el mismo cada uno de los ejes del vehículo, comprobando:

- ✓ El frenado de las ruedas.
- ✓ La progresión no gradual del frenado (agarre).
- ✓ El retraso anormal en el funcionamiento de los frenos en cualquiera de las ruedas.
- ✓ La existencia de fuerzas de frenado en ausencia de acción sobre el mando del freno.
- ✓ La eficacia.

Al utilizar el frenómetro para la realización de esta inspección, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Una incorrecta presión de los neumáticos puede dar lugar a lecturas erróneas, por lo que es necesaria una correcta presión de los mismos. Así mismo la banda de rodadura debe presentar un labrado suficiente.
- ✓ En algunos vehículos dotados de sistemas antibloqueo se puede encender el testigo de avería del sistema al entrar en funcionamiento los rodillos del frenómetro. Para corregir este problema una vez que el vehículo haya salido del frenómetro, se parará el motor y se efectuará una nueva puesta en marcha del motor, con lo cual el testigo se apagará tras el chequeo del sistema. En algunos casos habrá que realizar un pequeño recorrido para que éste se apague.

- ✓ En los vehículos dotados de sistema de control de tracción, para efectuar la prueba en el frenómetro será necesario parar el motor y con la llave de contacto en la posición stop, proceder normalmente. Si el vehículo posee un dispositivo que deje fuera de servicio el sistema, se procederá a su desconexión antes de posicionarlo en el frenómetro.
- ✓ Los vehículos con sistema de tracción integral mecánico, que no puedan ser desacoplados manualmente, tendrán que ser inspeccionados teniendo en cuenta las características que presenta dicho sistema. Por lo general el proceso de pruebas es más largo que en un vehículo normal pues tienen que efectuarse cuatro frenadas para poder evaluar correctamente el sistema de frenos.

En el caso de vehículos con dobles o triples ejes de tracción no desacoplables, o en aquellos que por geometría no sea posible su comprobación mediante frenómetro, solo se comprobará la eficacia de frenado mediante un decelerómetro en prueba en pista u otros dispositivos que cumplan la misma función.

- Desequilibrio por eje

Se entiende por *desequilibrio (D)* la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje. La medida del desequilibrio se efectuará, por consiguiente, por cada eje, y se hallará como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frena más. Se tomará, para cada rueda, como esfuerzo de frenado, el valor máximo que indique el frenómetro.

**8.1.8 Revisión técnico-mecánica para remolques**

Mediante inspección sensorial, se busca detectar:

**Tabla 3**

*Revisión técnico - mecánica para remolques*

<b>Descripción del defecto</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
Partes mal ensambladas o que se proyecten por fuera del vehículo.	X	
Mal estado de los elementos de sujeción de la carrocería.	X	
Roce o interferencia entre las llantas y el guardabarros, carrocería o suspensión.	X	
Corrosión en carrocería.		X
Presencia de fisuras, cortes, dobleces o corrosión de los largueros y travesaños del chasis.	X	
La inexistencia de los sistemas mecánicos, neumáticos y eléctricos de acoplamiento.	X	
Soporte o broche con riesgo de desplazamiento o desprendimiento.	X	
Mal estado de los anclajes y demás elementos para sujetar los contenedores cuando sea aplicable.	X	
La inexistencia o mal funcionamiento de puertas o compuertas de carga.	X	
Existencia de algún tipo de dispositivo o accesorio diseñado para producir ruido.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz(luces) direccionales traseras.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz(luces) de parada o freno.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz(luces) de reversa.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de cualquiera de la(s) luz(luces) de estacionamiento.	X	
Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de las luces delimitadoras, cuando sea aplicable. (Véase el numeral 3.1.8).		X

Mal estado (con riesgo de desprendimiento o ausencia de las pastas o vidrios) o el nofuncionamiento de los "cocuyos". (Véase numeral 3.1.8).	X	
Cantidad o número de luces mínimas reglamentarias y/o color de luz emitido diferente en la estipulada en la reglamentación vigente o disposiciones legales.	X	
Pérdida de aire que provoca un descenso apreciable de la presión o vacío, o pérdidas de aire audibles cuando este o no aplicado el freno.	X	
Montaje con riesgo de desprendimiento.	X	
Pérdidas de líquido en los tubos, mangueras o en las conexiones.	X	
Tubos o mangueras deteriorados, dañados, deformados o excesivamente corroídos o con riesgo de desprendimiento.	X	
Válvulas con fugas visibles o con riesgo de desprendimiento.	X	
Mal estado de las fijaciones al chasis de los elementos de la suspensión.	X	
Elementos de la suspensión rotos, deformados o con excesiva corrosión.	X	
Inexistencia o mal estado de los topes de suspensión.		X
Mal estado o fijación defectuosa de muelles, resortes, tijeras, espirales, ballestas o barras de torsión.	X	
Falta de una o más tuercas, espárragos, tornillos, o pernos en cualquier rueda del vehículo.	X	
Deformaciones excesivas en cualquiera de los rines.	X	
Fisuras en cualquiera de los rines.	X	
Deterioro, deformaciones, fisuras o riesgo de desprendimiento en los aros de los rines artilleros.	X	
Profundidad de labrado en el área de mayor desgaste de cualquiera de las llantas de servicio, es menor a 2 mm o es inferior a las marcas de desgaste especificadas por los fabricantes.	X	
Despegue o rotura en las bandas laterales de una o más llantas.	X	
Protuberancias, deformaciones, despegue o rotura en la banda de rodamiento de una o más llantas.	X	
La inexistencia de la placa impresa en los vehículos de servicio público en los costados o en el techo del vehículo.	X	
La ubicación de la placa en la parte externa lateral en lugar diferente a la parte media del costado en el caso de los vehículos clase bus, buseta y microbús.	X	
La ubicación de la placa en la parte externa lateral en lugar diferente a la parte media de las puertas traseras en el caso de los vehículos clase automóvil y camioneta.	X	
La ubicación de la placa en la parte externa lateral en lugar diferente a la parte media de las puertas delanteras en caso de los vehículos	X	

tipo campero.	
La ubicación de la placa en la parte externa lateral en lugar diferente a la parte media de las puertas de la cabina en el caso de los vehículos de transporte de carga.	X
La ubicación de la placa en el techo en lugar diferente al eje longitudinal del vehículo cualquiera sea la clase de vehículo (debe estar colocada en cualquier punto a lo largo del eje longitudinal en forma perpendicular y centrada transversalmente).	X
La ubicación de la placa en la parte externa lateral en lugar diferente a la parte media del segundo cuerpo de cada costado del vehículo en los vehículos de servicio público de transporte masivo, tipo articulado y biarticulado.	X

**Nota.** *Revisión técnico - mecánica para remolque donde se revisa de forma visual los defectos tipo A y defectos tipo B. Fuente: Norma NTC 5775.*

## 8.2 Procedimientos de Evaluación y Características de los Equipos de Flujo

### Parcial Accionadas con Ciclo Diésel NTC 4231

Esta norma tiene como objeto establecer la metodología para estimar indirectamente la emisión de material particulado en el humo de escape de los vehículos que operan con ciclo Diésel, mediante las propiedades de extinción de luz que esta emisión presenta. La metodología es desarrollada en condiciones de aceleración libre, cuyo resultado es comparado con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente.

Ésta metodología es también conocida como *Snap acceleration* o aceleración súbita por su traducción del inglés.

#### 8.2.1 Metodología de medición de opacidad

- Condiciones ambientales

Al comienzo de la prueba, se deben cumplir las siguientes condiciones ambientales para la realización de la prueba:

- a) Temperatura ambiente entre 5 °C y 55 °C.
- b) Humedad relativa no mayor a 90 %.

En caso de no cumplirse estas condiciones no se debe realizar la prueba, dada su influencia en el resultado de la medición.

- c) En caso de ser realizada en un recinto de pruebas, este debe contar con buena ventilación, evitándose la acumulación de gases de escape, que puede afectar el resultado de la prueba y la salud de los inspectores.

### ***8.2.2 Preparación del equipo de medición***

Antes de llevar a cabo el ensayo de aceleración libre, debe configurarse la unidad de datos del medidor de humo. Se recomienda consultar las instrucciones de operación provistas por el fabricante de la unidad de procesamiento, para procedimientos específicos de configuración; sin embargo, se deben cumplir los siguientes pasos funcionales.

- Se debe seleccionar como unidad de medida, aquella requerida por la autoridad ambiental competente (porcentaje de opacidad ó densidad de humo).
- Solamente, en el caso de requerirse el reporte de unidades en porcentaje de opacidad, la unidad de procesamiento de datos debe realizar las correcciones de Beer-Lambert, como se describen en el Anexo B, para reportar el resultado de la prueba a las condiciones de medida del tubo de escape estándar u otra Longitud de Trayectoria Óptica Efectiva Estándar definido por la Autoridad Ambiental Competente.

El equipo debe realizar los siguientes procedimientos sin los cuales no debe permitir la

realización de la prueba de opacidad.

Indicar en pantalla que la sonda debe estar fuera del tubo de escape, o dar garantía de que esto se cumple antes de ser realizadas las rutinas de purga, limpieza y calentamiento.

El equipo debe realizar las rutinas de calentamiento especificadas por el fabricante de forma automática. No debe permitir la realización de mediciones hasta la culminación de dichas rutinas.

El equipo debe realizar las rutinas de purga y limpieza necesarias, de forma automática o manual. No debe permitir la realización de mediciones hasta no terminar estos procedimientos.

El equipo debe verificar el valor mínimo (0 %) y máximo (100 %) en la escala, comparándolos con valores de referencia propios, los cuales son determinados en las rutinas de ajuste inicial.

En caso de presentarse desviaciones superiores a  $\pm 1$  % en la escala de opacidad para alguno de estos dos puntos, el software de aplicación no debe permitir la realización de la prueba de opacidad. Ante esta situación, deben realizarse nuevamente los procedimientos de purga y limpieza, y luego las rutinas de ajuste inicial, antes de una nueva verificación de valores mínimo y máximo.

Las rutinas de ajuste inicial se ejecutan después de garantizada la realización de los procedimientos de purga y limpieza. En estas rutinas automáticas son ajustados los valores mínimo y máximo, y se realiza una redefinición de la escala en el software de aplicación:

- a) Ajuste del valor mínimo en la escala (0 %): el equipo debe ajustar su valor mínimo en la escala, 0 %, con una tolerancia de  $\pm 1$  % de opacidad, ante la ausencia de cualquier obstrucción entre el emisor luminoso y el receptor del equipo. Esta condición es garantizada con los procedimientos de purga y limpieza previos.
- b) Ajuste del valor máximo en la escala (100 %): el equipo debe ajustar su valor

máximo en la escala, 100 %, con una tolerancia de  $\pm 1$  % de opacidad, ante la obstrucción totalal paso de luz entre el emisor luminoso y el receptor del equipo.

- c) Redefinición de la escala: este procedimiento implica que el software de aplicación, después de tener determinados los valores mínimo y máximo de la escala, debe definir una línea recta entre estos puntos, dentro de la cual se encuentren cien (100) divisiones, cada una correspondiente a 1 % de opacidad. Esta redefinición de la escala es necesaria para que el ajuste relativo del 0 % y el 100 % de opacidad no generen desviaciones en los resultados entregados.

El software de aplicación debe solicitar el ingreso de los datos de registro del vehículo en evaluación. La información mínima debe ser la siguiente: vehículos matriculados, información establecida en el numeral 8, vehículos no matriculados, VIN (Vehicle Identification Number por sus siglas en inglés) o serial.

### ***8.2.3 Inspección previa y preparación inicial del vehículo***

Deben ser verificados los siguientes aspectos:

Si el vehículo posee transmisión manual, ésta debe estar en posición neutro y el pedal de embrague debe estar libre, durante toda la prueba de opacidad.

Si el vehículo posee transmisión automática, esta debe estar en posición de parqueo. Si la transmisión no presenta esta opción, debe ubicarse en la posición de neutro, durante toda la prueba de opacidad.

Las ruedas del vehículo deben estar bloqueadas o el vehículo debe estar inmovilizado para evitar que se ponga en movimiento durante la prueba, poniendo en peligro a los inspectores.

Las luces del vehículo deben estar encendidas.

El sistema de aire acondicionado debe estar apagado.

Si el vehículo posee freno de motor o de escape, estos deben desactivarse.

Todo sistema de precalentamiento del aire de admisión debe estar apagado.

Se debe verificar que no se presente ninguna de las siguientes condiciones anormales:

- Existencia de fugas en el tubo, uniones del múltiple y silenciador del sistema de escape del vehículo.
- Salidas adicionales en el sistema de escape diferentes a las de diseño original del vehículo.
- Ausencia de tapones de aceite o fugas en el mismo.
- Ausencia de tapones de combustible o fugas en el mismo.
- Instalación de accesorios o deformaciones en el tubo de escape que no permitan la introducción del acople.
- Incorrecta operación del sistema de refrigeración, cuya verificación se hará por medio de inspección.
- Ausencia o incorrecta instalación del filtro de aire, y Activación de dispositivos instalados en el motor o en el vehículo que alteren las características normales de velocidad de giro y que tengan como efecto la modificación de los resultados de la prueba de opacidad o que impidan su ejecución adecuada. Si no pueden ser desactivados antes de la siguiente prueba, el vehículo es rechazado por operación inadecuada.

En caso de presentarse alguna de estas condiciones, el inspector ingresará la respectiva observación al software de aplicación para que se genere automáticamente el informe de rechazo para el vehículo en prueba.

El Opacímetro debe registrar la temperatura de operación del motor con el fin de establecer la

correcta operación del mismo. Esta temperatura debe ser estimada por medio de la medición del aceite de lubricación u otros métodos disponibles. En esta inspección se pueden presentar dos circunstancias:

- En caso de que la temperatura registrada por el equipo sea superior o igual a 50 °C, se realiza la prueba. No obstante, es responsabilidad del inspector garantizar que se alcance la temperatura óptima de operación justo antes de realizar la prueba.
- En caso de que la temperatura registrada por el equipo sea inferior a 50 °C, la prueba puede realizarse, bajo las siguientes consideraciones. Se registra la temperatura inicial y final de la prueba unitaria de aceleración. Si se presenta una diferencia igual o superior a 10 °C entre estas temperaturas, la prueba unitaria es abortada. Se realiza una prueba unitaria más. Si se presenta este fenómeno nuevamente, se rechaza el vehículo por operación incorrecta.

**NOTA:** En cualquier caso, antes de realizar el registro de temperatura se recomienda operar el motor a revoluciones medias por un tiempo prudencial, dependiendo de la temperatura inicial medida y el modelo del motor, hasta que se determine que la temperatura es estable. Esta acción conducirá a: alcanzar la temperatura normal de operación, obtener un resultado de opacidad representativa del motor en prueba y evitar condiciones de aborto por variaciones de temperatura, en especial cuando no es posible el registro de temperatura.

El software de aplicación debe solicitar la realización de una aceleración suave, con el fin de determinar la correcta operación de los sistemas de control de velocidad de giro del motor. En caso de evidenciarse la incorrecta operación de este sistema o su ausencia, se emitirá concepto de rechazo, debido a que presenta deficientes condiciones de operación.

El software de aplicación debe registrar los valores de la velocidad mínima (ralentí) y máxima

(gubernación).

En caso de que los valores registrados se encuentren fuera de los intervalos establecidos por el fabricante del vehículo (ficha técnica o manual de operación), se rechaza el vehículo, por presentar malas condiciones de operación. En caso que no se cuente con ninguna información, se debe seguir el siguiente procedimiento:

Con el motor en ralentí, se presiona lentamente el acelerador y se permite que la velocidad del motor se incremente gradualmente para alcanzar su velocidad gobernada. A medida que se incrementa la velocidad se debe prestar atención a cualquier indicación visible o sonora que pueda poner en duda las condiciones normales del motor o del vehículo.

Si no hay señales de problemas, se debe permitir que el motor incremente su velocidad hasta tal punto en que sea posible comprobar que el sistema de inyección de combustible limita la velocidad máxima del motor. Si hay algún indicio de que la capacidad limitadora del sistema de inyección de combustible no está operando, o que se esté presentando algún daño en el motor o alguna condición insegura para el personal o el equipo, debe liberarse inmediatamente el acelerador y rechazar el vehículo.

El software de aplicación debe solicitar la realización de una aceleración súbita, en la cual el acelerador es accionado a fondo en un tiempo igual o inferior a 1 s. Si el vehículo no alcanza la velocidad de gubernación registrada previamente con una variabilidad máxima de  $\pm 100$  r/min en menos de 5 s, se repite la aceleración dos veces más. Si en ninguna de estas aceleraciones se alcanza la velocidad de gubernación en el tiempo indicado, se rechaza el vehículo, debido a presentar condiciones deficientes de operación.

#### **8.2.4 *Introducción de sonda de muestreo***

Cumplidos los requisitos descritos, el equipo mostrará en pantalla un mensaje indicando al inspector que realiza la prueba que puede introducir la sonda dentro del tubo de escape.

Una vez ingresada la sonda de muestreo, deben garantizarse las siguientes condiciones:

La punta o cabezal de la sonda de muestreo debe ubicarse garantizando una posición contra corriente, es decir paralela y en dirección opuesta al flujo de los gases de escape, sin ser conectada al opacímetro. Verifique que se presente flujo de gas a través de la sonda, con el motor encendido, y continuar con el procedimiento.

En caso de múltiples salidas de escape, se realiza la medición únicamente en una de ellas, con base en los siguientes criterios:

- Efectuando las aceleraciones necesarias a velocidad gobernada, si no existe diferencia apreciable entre el nivel de opacidad en cada uno de los escapes; se debe medir el humo en aquel que permita instalar más fácilmente el opacímetro. Esta determinación se debe tomar por inspección visual.
- Si existe una diferencia apreciable entre el nivel de humo proveniente de cada una de las salidas del escape, se debe ingresar la sonda del opacímetro y efectuar la prueba de opacidad sobre la salida de escape que presente el mayor nivel de opacidad (por inspección visual).

### **8.3 Medición de Opacidad**

Una prueba unitaria de aceleración es la secuencia de cuatro (4) aceleraciones súbitas, acotadas por las velocidades mínima y máxima de acuerdo con las registradas anteriormente. En esta prueba unitaria de aceleración, las cuatro (4) aceleraciones son

registradas, descartando la primera y empleando las tres (3) restantes para el cálculo del resultado final de opacidad.

El inspector del vehículo debe desarrollar la siguiente secuencia asistida por el opacímetro:

- Oprimir completamente el acelerador en un tiempo menor o igual a 1 s, lo cual se verifica visualmente por el inspector del equipo o auxiliar encargado. Sostener el acelerador totalmente oprimido hasta alcanzar la velocidad de gobernación.

El opacímetro indicará el punto de inicio de la aceleración y verificará que las revoluciones de gobernación se alcancen en menos de 5 s a partir del accionamiento del acelerador. En caso de no satisfacerse este tiempo, el opacímetro abortará la prueba unitaria de aceleración.

- Alcanzada la velocidad de gobernación y verificada por el opacímetro, debe mantenerse entre 2 s y 4 s. Esta secuencia es asistida por el opacímetro, el cual detectará el punto en que es alcanzada la velocidad de gobernación y contabilizará la permanencia en esta.
- Garantizado el tiempo de sostenimiento a la velocidad de gobernación, el inspector debe liberar el acelerador para que el motor regrese a la velocidad de ralentí. El opacímetro indicará en qué punto es liberado el acelerador.
- Una vez liberado el acelerador debe transcurrir entre 15 s y 20 s antes de iniciar la siguiente aceleración súbita. El opacímetro debe contabilizar este tiempo e indicar en qué punto es iniciada la siguiente aceleración súbita. El opacímetro controlará el desarrollo de la prueba, registrando las velocidades durante cada ciclo de aceleración, comparando estos valores con los registrados en la preparación del vehículo se permitirá

una variabilidad máxima de  $\pm 100$  r/min. Así mismo, para cada una de las cuatro (4) aceleraciones se debe controlar la tasa de aceleración, en caso de presentarse un incumplimiento de estos requisitos se abortará la prueba unitaria de aceleración.

Si durante la ejecución de la prueba se evidencia una falla técnica en el motor y/o sus accesorios, se debe dar por terminada la prueba por parte del inspector, e ingresar la condición de rechazo por falla súbita del vehículo.

- Prueba de opacidad

Una prueba de opacidad consta de la inspección y verificación de requisitos y la aplicación de un máximo de tres (3) pruebas unitarias de aceleración.

En caso de no ser satisfechos los requisitos de validación o de ejecución de la prueba al cabo de tres (3) pruebas unitarias de aceleración, y descartando errores asociados al opacímetro y a los inspectores, se emitirá concepto de rechazo al vehículo.

- Registro de datos

El opacímetro registrará, de manera continua, toda la prueba unitaria de aceleración, desde el punto inicial (0) hasta el punto final de la aceleración cuatro (4). No obstante, en caso de no ser posible este registro continuo por ningún método disponible, los intervalos sin registro están comprendidos entre el segundo 13 y el 15 después de ser liberado el acelerador, para cada una de las cuatro aceleraciones. Se cuenta con 2 s, suficientes para el procesamiento de los datos antes de iniciar el nuevo registro.

### ***8.3.1 Criterios de validación de la prueba de opacidad***

Al ser finalizada una prueba unitaria de aceleración, el opacímetro debe validar automáticamente los resultados por medio de los siguientes criterios, previa aplicación de las correcciones de la presente norma:

- La desviación del cero no debe exceder el  $\pm 2$  % de opacidad reportado a la Longitud de trayectoria óptica efectiva del equipo (LTOE), o un valor de  $0.15 \text{ m}^{-1}$  en densidad de humo. Para esto es necesario que la sonda del equipo sea retirada del tubo de escape. En caso de que el equipo cuente con controladores de entrada del humo, este procedimiento se puede realizar automáticamente.
- La diferencia aritmética entre el valor mayor y menor de opacidad de las tres (3) aceleraciones empleadas para calcular el valor final, no debe:
  - Ser mayor a 10 % de opacidad si el reporte de valor de humo máximo se hace a una LTOE estándar de 430 mm;
  - Ser mayor a 5 % de opacidad si el reporte de valor de humo máximo se hace a una LTOE estándar de 200 mm o menor;
  - Ser mayor a  $0.5 \text{ m}^{-1}$  si el reporte de valor de humo máximo se hace en densidad de humo.
- En caso de presentarse incumplimiento en tres (3) pruebas unitarias de aceleración consecutivas, la prueba de opacidad debe ser abortada y repetida cuando se hayan resuelto las posibles anomalías del opacímetro.
- En caso de incumplimiento del criterio en tres (3) pruebas unitarias de aceleración consecutivas, se emitirá el concepto de rechazo, debido al mal funcionamiento del vehículo.

- En caso de no cumplirse es necesario realizar la verificación de los valores mínimo y máximo de la escala siguiendo el procedimiento antes de ser realizada la siguiente prueba unitaria de aceleración. Si se presentan desviaciones fuera de las establecidas, es necesario realizar los procedimientos de purga y limpieza, seguidos de las rutinas de ajuste inicial.

### ***8.3.2 Cálculo y reporte de resultado final de la prueba de opacidad***

Una vez cumplidos los criterios del numeral 3.2.4, se deben considerar los resultados como válidos y se realizará el cálculo y reporte del resultado final de la prueba de opacidad.

El resultado final es el promedio aritmético de los valores de las tres (3) últimas aceleraciones de la prueba unitaria.

El software de aplicación del opacímetro debe comparar el resultado final de la prueba de opacidad con lo establecido en la reglamentación ambiental vigente, y de acuerdo con dicha comparación, debe emitir el certificado de aprobación o rechazo del vehículo en los términos y características establecidas por la autoridad competente.

### ***8.3.3 Especificaciones de los equipos de ensayo***

Esta sección establece especificaciones para el equipo de ensayo requerido y sus periféricos, empleados en el ensayo de aceleración libre.

- Requisitos generales

Para realizar la prueba de opacidad se requiere el uso de un opacímetro que debe tener las siguientes unidades funcionales:

- Un opacímetro de flujo parcial, que cumpla todos los requisitos expuestos en esta

norma.

- Una unidad de procesamiento de datos capaz de realizar las funciones descritas en los Anexos A y B, que además de controlar la ejecución de la prueba, almacene los resultados en medio magnético e imprima los resultados de la prueba.
- Dispositivos de impresión, registro y transmisión de los datos requeridos por la autoridad ambiental competente,

Las unidades funcionales pueden integrarse en un solo componente o suministrarse como un sistema de componentes conectados entre sí.

#### ***8.3.4 Requisitos generales para el equipo de medición de humo***

- Unidad de medición

El opacímetro entregará los resultados en unidades de opacidad, en la escala de 0 a 100, referida a una LTOE estándar o densidad de humo, que establezca la autoridad ambiental competente. El equipo debe realizar el cálculo automático para entregar los resultados con base en la LTOE estándar o densidad de humo.

- Linealidad

Los puntos de verificación deben ser: máximo de la escala (100 %), mínimo de la escala (0 %) y dos valores intermedios. La separación mínima de estos puntos debe ser de 15 % de opacidad, con el fin de verificar el comportamiento general de la escala, sin excluir ninguna sección dentro de la misma. Si se supera el error máximo, debe ser corregido de forma inmediata. El error máximo permitido para el opacímetro es de  $\pm 2$  unidades de opacidad para los dos valores intermedios y  $\pm 1$  unidad para los valores extremos de la escala (0 y 100). En caso contrario, el software de aplicación del equipo no debe permitir la realización de pruebas de opacidad.

- Desviación del cero

El equipo debe presentar una desviación del cero inferior a  $\pm 1$  % de opacidad cada hora. Es indispensable que el equipo realice automáticamente la verificación de este aspecto.

Así mismo, el software de control del equipo debe revisar la desviación del cero al finalizar cada prueba unitaria de aceleración como parte de los criterios de validación.

- Tiempo de respuesta general

El tiempo total de respuesta del instrumento ( $t$ ) debe ser:  $0,500 \text{ s} \pm 0,015 \text{ s}$ ; se define como la diferencia entre los tiempos cuando el resultado del medidor de humo alcanza el 10 % y el 90 % de la escala total, cuando la opacidad del humo que se mide está cambiando en menos de 0,01 s; debe incluir todos los tiempos de respuesta física, eléctrica y del filtro.

Matemáticamente, se representa con la siguiente ecuación. (Para una metodología más detallada y un cálculo de ejemplo, véase el Anexo A).

- Tiempo de respuesta física ( $t_p$ )

Es la diferencia entre los tiempos cuando la salida de un receptor de respuesta rápida (con un tiempo de respuesta de no más de 0,01 s) alcanza el 10 % y el 90 % de la desviación completa cuando la opacidad del humo que se mide cambia en menos de 0,1 s.

El tiempo de respuesta física se define sólo para el medidor de humo y excluye la sonda y la tubería de muestra. Sin embargo, en algunos sistemas de medición de humo en uso, la sonda y la línea de muestra pueden afectar de manera significativa el tiempo de respuesta general del sistema. De ser necesario, se debe tener en cuenta esto para cualquier sistema de medición de humo particular.

Para medidores de humo del tipo de flujo parcial donde la zona de medición es una sección recta de la tubería de diámetro uniforme, se puede calcular la respuesta física por medio de la siguiente ecuación:

Para tales instrumentos, la velocidad del gas que se encuentra a través de la zona de medición no debe diferir en más del 50 % de la velocidad promedio sobre el 90 % de la longitud de la zona de medición.

Para todos los medidores de humo, debe medirse el tiempo de respuesta si la respuesta física se calcula como superior a 0,2 s.

- Tiempo de respuesta eléctrica ( $t_e$ )

Se define como el tiempo necesario para que el resultado del registrador vaya del 10 % de la escala máxima al 90 % del valor de escala máxima, cuando se coloca una pantalla completamente opaca en frente de la fotocelda en menos de 0,01 s, o se apaga el diodo emisor de luz (LED). Esto a fin de incluir todos los efectos del tiempo de respuesta del resultado del registrador.

- Tiempo de respuesta del filtro ( $t_F$ )

En la mayoría de medidores de humo será necesario filtrar la señal de humo para lograr un tiempo de respuesta general de  $0,500 \text{ s} \pm 0,015 \text{ s}$ . La mayoría de medidores de humo presentan un tiempo de respuesta eléctrica muy rápido, aunque los tiempos de respuesta física variarán de un dispositivo a otro dependiendo del diseño y flujo de humo.

- Determinación del valor de humo pico

Se debe emplear el algoritmo en el Anexo A para determinar los niveles máximos de opacidad.

- Procesamiento de resultados

Ya que el tiempo general del instrumento es inferior al tiempo de respuesta específico de cada equipo, debido a su tecnología y manufactura, es necesaria la implementación de un filtro de señal, configurado para generar el retraso necesario. El filtro de señal implementado debe ser pasabajos de segundo orden.

### ***8.3.5 Sensor, fuente y detector***

- Fuente de luz

La fuente de luz debe ser una lámpara incandescente con una temperatura de color en el rango de 2 800 K a 3 250 K, o un diodo emisor de luz (LED) verde con un pico espectral entre 550 nm y 570 nm.

- Detector de luz

El detector de luz debe ser una fotocelda o un fotodiodo (con un filtro óptico, si es necesario). En el caso de una fuente luminosa incandescente, el detector debe presentar una respuesta espectral de pico en el intervalo de 550 nm a 570 nm y debe tener una reducción gradual en la respuesta a valores menores al 4 % del valor de respuesta pico por debajo de 430 nm y por encima de 680 nm.

- Paralelismo del haz luminoso

Los rayos del haz luminoso deben ser paralelos dentro de una tolerancia de 3° del eje óptico. El sistema óptico debe diseñarse de modo tal que el detector no se vea afectado por rayos de luz directos o indirectos con un ángulo de incidencia superior a 3° en el eje óptico.

- Sistema auxiliar

Cualquier sistema adicional al sistema óptico, como por ejemplo aquellos que se emplean para proteger la fuente luminosa y el detector del contacto directo con los gases de escape, como la purga de humo. Debe diseñarse para minimizar cualquier efecto desconocido en la LTOE. Para los opacímetros especificados en esta norma, el fabricante debe dar cuenta de cualquier efecto de los sistemas auxiliares, al especificar la LTOE del opacímetro.

- Tasa de muestreo y digitalización de datos

La tasa de muestreo y digitalización de las unidades de procesamiento por parte de la unidad de procesamiento de datos debe ser de al menos 20 Hz.

- Sonda de muestreo de gases de escape

La sonda de muestreo de los gases de escape debe tener la longitud, el material y las características especificadas por el fabricante. No son permitidas modificaciones y/o alteraciones de las características de fábrica.

- Punta de sonda

El cabezal de muestreo o punta de sonda debe estar diseñado para tomar la muestra en contracorriente y de forma paralela al flujo de gases de escape. Además, debe garantizar una separación mínima de 5mm entre la punta de la sonda de muestreo y la pared del tubo de escape. Sólo son permitidas las puntas de la sonda de muestreo especificadas por el fabricante, excluyéndose así cabezales con alteraciones de estas características de fábrica.

- Sensor de temperatura

El opacímetro debe contar con un sensor adecuado para la estimación de la temperatura de operación del motor. El sensor debe estar acoplado al software de aplicación. El error máximo permitido para este sensor es de  $\pm 2$  °C en un rango mínimo de medición de 0 a 100° C.

- Sensor de velocidad de giro

El opacímetro debe contar con un sensor de velocidad de giro acoplado al software de aplicación, con el fin de realizar las inspecciones iniciales y el control sobre la prueba unitaria de aceleración (véase el numeral 3.2.1.). El error máximo permitido para este sensor es de 2 %, para una velocidad de giro medida en revoluciones por minuto (r/min).

- Sensor de temperatura ambiente

Se debe contar con un sensor para la medición de la temperatura ambiente. El sensor debe estar acoplado al software de aplicación, con el fin de realizar las notificaciones y restricciones. El error máximo permitido para este sensor es de  $\pm 2$  °C.

- Sensor de humedad relativa

Se debe contar con un sensor para la medición de la humedad relativa. El sensor debe estar acoplado al software de aplicación, con el fin de realizar las notificaciones y restricciones especificadas. El error máximo permitido para este sensor es de  $\pm 3$  %.

- Filtros de densidad neutra

Cualquier filtro de densidad neutra empleado en conjunto con la calibración del medidor de humo, mediciones de linealidad, o configuración del rango de la escala, debe tener valor conocido dentro del 0,5 % de opacidad o de  $\pm 0,04$  m<sup>-1</sup> de densidad de humo. Se debe revisar

el valor mencionado del filtro por lo menos cada año empleando una referencia trazable a un patrón nacional o internacional.

En caso de no contarse con materiales de referencia trazables, el valor de opacidad de los filtros empleados para verificación de linealidad y procedimientos de comparación y ajuste, debe sustentarse con certificados emitidos por un laboratorio o entidad de metrología acreditada. Estos certificados deben especificar como mínimo: el número de serie del filtro, el valor nominal, el error del instrumento, el método de medición, la fecha de expedición y el plazo de caducidad (en caso de existir).

Estos filtros, por sus características constructivas, son propensos a desgaste y a adquirir suciedad, por lo cual deben estar sujetos a buenas prácticas de uso y limpieza, así como a verificaciones periódicas de su valor nominal. La frecuencia de verificación debe estar definida por el usuario y sustentada en las recomendaciones del fabricante, dependiendo del uso del instrumento.

### ***8.3.6 Mantenimiento, comparación y ajuste del opacímetro***

El mantenimiento al opacímetro se debe realizar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los procedimientos de comparación, ajuste y corrección deben ser realizados con material de referencia trazable a un patrón nacional o internacional. En caso de no contarse con este material, se realizará con los filtros de densidad neutra.

Los equipos deben identificar cualquier error de linealidad o ajuste en los procedimientos de verificación de linealidad en los siguientes casos:

- al iniciar una jornada de trabajo
- al realizar la verificación de escala mínima y máxima al inicio de una prueba

- unitaria de aceleración, y
- al realizar la verificación de la desviación del cero al término de una prueba unitaria de aceleración.

En caso de presentarse desviaciones superiores a lo estipulado en por lo menos alguno de estos procedimientos, el equipo debe imposibilitar la realización de pruebas hasta ser solucionadas las anomalías. Si éstas no son resueltas mediante las rutinas de limpieza, purga y similares, el equipo debe someterse a las rutinas correctivas y de mantenimiento necesarias.

Es obligatorio tener los manuales de operación y mantenimiento del opacímetro en el sitio de medición, disponibles para uso de los inspectores y consulta de las autoridades.

### ***8.3.7 Especificaciones del software***

- Sistema operativo

Las características del sistema operativo deben ser definidas por el ensamblador del equipo o por el diseñador del software de aplicación.

La forma de encriptación debe ser definida por las autoridades competentes.

- Secuencias funcionales mínimas

El software de aplicación debe garantizar el desarrollo automático y secuencial de las funciones relacionadas con: la preparación y ejecución de la prueba de opacidad, el cumplimiento de los requisitos funcionales y estructurales del opacímetro para efectuar una adecuada toma y análisis de la muestra, el almacenamiento, la transferencia de la información y la impresión de los resultados de la prueba.

Como mínimo debe garantizar el desarrollo automático y secuencial de las siguientes funciones:

- Acceso del inspector mediante una clave.
- Ingreso de información básica, como la identificación del vehículo, del usuario y los datos de la prueba (fecha, ciudad, hora, dirección, etc.). Los datos relacionados con la identificación del establecimiento u organización deben aparecer automáticamente en la pantalla, ya que esta información debe ser registrada al momento de instalar el software de aplicación en el opacímetro.
- Ejecución de las secuencias relacionadas con la preparación del equipo de medición, preparación del vehículo y procedimiento de medición respectivamente.
- Ejecución de los procedimientos del opacímetro, en relación con la realización del cero automático, las necesidades de comparación y ajuste, requisitos sobre el tiempo de calentamiento, bloqueos automáticos, notas informativas, entre otros.

El software de aplicación debe permitir la realización de estas pruebas, chequeos y requisitos de forma automática, presentando mensajes en la pantalla que instruyan de manera adecuada y conveniente al inspector, y bloqueando las demás funciones cuando sea necesario y hasta tanto no se hayan realizado los procedimientos o funciones indicadas, de acuerdo con lo establecido en la presente norma.

### ***8.3.8 Características generales del software de aplicación***

El software de aplicación debe:

Poseer la capacidad de producir resultados de configuración múltiple en formato de archivo plano encriptado, para ser entregado a la autoridad ambiental competente en modo directo, vía

módem o a través de Internet.

Mostrar en pantalla el número asignado al establecimiento u organización, el número de Resolución otorgado por el Ministerio de Transporte o autoridad competente de acuerdo a su uso previsto, fecha, hora y resultado de la última verificación de linealidad; el serial y marca del opacímetro, la cantidad de pruebas realizadas (aprobadas, rechazadas y abortadas), fecha y hora actuales, versión del programa y nombre del usuario que está utilizando el sistema.

Identificar y validar el opacímetro al que está conectado, y además solicitar las secuencias de verificación de linealidad en caso de haber sido reemplazado.

Generar un procedimiento para obtener copias de seguridad, las cuales deben cumplir los requisitos definidos por la autoridad competente.

### **8.3.9 Características de Seguridad del Software de Aplicación**

El software de aplicación debe incluir características de seguridad para el equipo, los programas, la información almacenada y en general para la prueba, de manera que asegure la mayor confiabilidad en la realización de la misma.

Como mínimo, el software de aplicación, debe:

- Impedir la visualización de los resultados de la prueba, hasta tanto estos no hayan sido encriptados, impresos, y grabados en el disco duro.
- Restringir el acceso a la aplicación y a su operación, sólo a los usuarios autorizados, a través de la asignación de contraseñas. El acceso al sistema operativo, a la raíz del disco duro o a cualquier programa de exploración de contenido del disco duro o de los programas, solo debe ser permitido para el administrador del sistema, quien debe ser definido por la organización. No se debe permitir la modificación de la base de datos.
- Permitir el acceso al opacímetro y a su operación únicamente a los inspectores

autorizados, mediante de la asignación de contraseñas.

- Impedir la realización de las pruebas cuando el equipo no haya alcanzado sus condiciones requeridas de calentamiento y estabilidad, temperatura de operación y, en general, todos aquellos requisitos de la presente norma, hasta tanto los mismos no estén dentro de los parámetros fijados.
- Advertir al inspector a través del aviso en pantalla y no permitir el funcionamiento del opacímetro, es decir, mantener automáticamente bloqueado el equipo, hasta tanto no se verifique la capacidad de recibir y almacenar información en la base de datos.
- Llevar un registro de la fecha (año, mes, día) y hora en la cual se realizó la copia de seguridad de la información que la autoridad competente defina como necesaria. Estos datos hacen parte de la información por reportar a la autoridad competente.
- A petición de la autoridad ambiental, activar un bloqueo automático en la secuencia de prueba, cuando se haya intentado alterar o violar los programas o archivos del software de aplicación.
- Comprobar la presencia y la debida conexión y comunicación con el computador de al menos una impresora.
- Tomar un registro completo (fecha, hora y demás información que se haya digitado) cada vez que una prueba haya sido abortada.
- Para efectos de lo establecido en los anteriores ítems, los proveedores o fabricantes de equipos deben proporcionar un código de seguridad a la respectiva autoridad competente o a quien ésta designe para el control y auditoría de los equipos.

### ***8.3.10 Especificaciones del hardware computacional***

El hardware computacional debe soportar el funcionamiento del software de aplicación propuesto, de tal manera que cuente con los dispositivos necesarios para manejar configuración en formato de archivo plano, y pueda establecer comunicación con un servidor remoto.

Así mismo, se debe contar con los dispositivos necesarios para registrar, almacenar y mantener la información de manera segura, según los requisitos establecidos por la autoridad competente, y para asegurar un funcionamiento autónomo durante el tiempo definido, también, por la autoridad competente.

- Utilización del equipo

El equipo especificado en esta norma sólo puede ser empleado en las labores propias de control de opacidad de gases de escape, cuando haya sido aprobado para este fin por la autoridad competente, y debe ser de utilización exclusiva para esta labor.

## **8.4 Norma Técnica NTC 5771**

### ***8.4.1 Gestión de servicio para talleres de mecánica automotriz***

Esta norma establece los requisitos para la gestión del servicio en establecimientos que cumplen la función de reparación y mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos automotores.

#### **8.4.2 Calidad del servicio de mantenimiento y reparación de vehículos**

La calidad del establecimiento de reparación y mantenimiento de vehículos está constituida por un gran número de criterios. Estos criterios representan el punto de vista del cliente sobre el servicio prestado. Dentro de las principales se pueden considerar:

- a) **Servicio ofertado:** alcance del servicio ofertado en términos de horario y tipo de arreglo.
- b) **Accesibilidad del establecimiento:** aspectos relativos a la facilidad de ingreso a las instalaciones, las cuales deben ser aptas para la atención y espera de los vehículos que serán reparados.
- c) **Información:** aspectos tratados en los requisitos específicos.
- d) **Presentación locativa:** aspectos relacionados con la organización del establecimiento, infraestructura, puesto de trabajo, etc.
- e) **Atención al cliente:** elementos de servicio introducidos para asegurar la mejor adecuación posible entre el servicio de referencia y los requisitos de cada cliente individual.
- f) **Seguridad:** sensación de tranquilidad y confianza del cliente al dejar su vehículo en el establecimiento, protegido contra eventualidades y bajo supervisión del personal calificado.
- g) **Impacto medio ambiental:** acciones dispuestas por el establecimiento encaminadas a la protección del medio ambiente al realizar la reparación o mantenimiento de un vehículo automotor.

#### **8.4.3 Requisitos del servicio – Credibilidad**

Se considera adecuado cuando:

- a) La administración garantice que la publicidad y las campañas profesionales no induzcan a error o engaño respecto a los productos y servicios anunciados ni respecto al propio establecimiento.
- b) El personal del establecimiento entregue siempre una información veraz sobre las características del servicio, así como de los servicios ofertados.
- c) El personal del establecimiento en ningún caso presione a los clientes para realizar servicio de reparación.
- d) El personal del establecimiento permita a los clientes examinar los repuestos a instalar, siempre que este lo solicite y dentro de los límites establecidos por la administración o por la naturaleza del producto.
- e) Los compromisos establecidos por la administración sean cumplidos por todo el personal del establecimiento.
- f) La administración asuma todos los compromisos adquiridos por el personal del establecimiento para sus clientes.
- g) Cualquier queja o reclamación que los clientes presenten, sea analizada y se comunique al cliente una respuesta adecuada.

**Capacidad de respuesta:** nivel de capacidad de respuesta se debe considerar adecuado cuando:

- a) Periódicamente, la administración realice una previsión de necesidades adicionales adecuadas a las características propias del establecimiento y las solicitudes de los clientes. En la elaboración de esta previsión se tendrá en cuenta:
  - Temporalidad, efectividades y similares
  - Capacidad de atención del establecimiento

- Previsión de servicios adicionales
- b) La administración identifique épocas y horas de mayor afluencia de clientes con antelación suficiente, realice una previsión de las necesidades de personal y gestione su contratación. El personal del establecimiento será el necesario para atender al público en cada momento y reducir la espera de los clientes en el establecimiento.
  - c) Ante la necesidad de repuestos de los que no disponga en el establecimiento, el personal del establecimiento haga las gestiones necesarias para satisfacer dicha solicitud, en la medida de lo posible, fijando la manera de notificar al cliente el resultado de las gestiones.
  - d) Para la facturación y el cobro, el establecimiento disponga de sistemas manuales para cubrir cualquier eventualidad de fallos en los terminales o en las comunicaciones.
  - e) La administración coordine los servicios adicionales para cumplir los plazos de entrega de los productos a los clientes.
  - f) Cuando la información requerida por los clientes sobre los productos sea muy técnica, el dependiente haga las gestiones necesarias para suministrar esta información en el menor plazo posible.
  - g) Cuando el cliente efectúe una queja o reclamación, el establecimiento ofrezca al cliente una solución adecuada.
  - h) La administración del establecimiento establezca una política para la gestión de sus compras que recoja los compromisos de calidad y de servicio hacia su clientela.

**Comprensión del cliente:** Se debe considerar adecuado cuando:

- a) El personal del establecimiento ponga atención en todo lo que el cliente exprese e identifique sus necesidades para tratar de ofrecerle los productos que mejor se

- adapten a dichas necesidades. Para ello, el personal del establecimiento confirmara sus conclusiones acerca de las necesidades del cliente.
- b) La administración determine las diferentes formas de pago aceptadas. Entre otras: tarjetas débito, crédito, cheques, domiciliación recibos, transferencias, pagos aplazados o financiación.
  - c) El establecimiento adapte, en la medida de lo posible, sus horarios de apertura a las necesidades de sus clientes o en su caso se ofrezcan alternativas que amplíen las posibilidades de atención al cliente, entre ellos, apartar citas por teléfono, fax, correo electrónico o servicio a domicilio.

**Comunicación:** Se debe considerar adecuado cuando:

- a) El establecimiento exhiba el horario adoptado en un lugar visible en el interior y desde el exterior, incluso cuando el establecimiento se encuentre cerrado. De la misma forma, anuncie los días festivos en los que permanecerá abierto. Además, en su caso, informara de aquellas alternativas que amplíen las posibilidades de atención al cliente.
- b) El establecimiento tenga anunciados los compromisos generales adquiridos con el cliente, para que sean conocidos por este.
- c) Las formas de pago y sus condiciones de aceptación estén anunciadas visiblemente en el establecimiento.
- d) En el interior del establecimiento exista un cartel donde se muestre una lista con los servicios adicionales a disposición del cliente, sus tarifas, sus plazos y funcionamiento.

- e) En caso de que se trate de una queja o reclamación fundamentada, el personal del establecimiento ejerza una escucha activa, interesándose por el tema en concreto e informe al cliente sobre las soluciones posibles.
- f) Existirá un mecanismo para recopilar las sugerencias o quejas de los clientes de forma anónima, por ejemplo, un buzón de sugerencias.

#### ***8.4.4 Requisitos del servicio - Requisitos específicos***

- **Documentación legal**

- a) El establecimiento debe identificar y aplicar normatividad colombiana legal vigente, respecto a permisos de funcionamiento expedidas por las alcaldías de los municipios y ciudades donde funcionan.
- b) El establecimiento debe especificar su modalidad de servicio de mantenimiento y reparación, asegurando el cumplimiento de esas disposiciones, antes, durante y después de la prestación de servicio.
- c) El establecimiento debe documentar el cumplimiento de los requisitos de la operación, por ejemplo: lista de chequeo, orden de trabajo, hoja de vida del vehículo, etc.

- **Identificación y Revisión de los Requerimientos de los Clientes**

- a) Previo a la prestación de servicio el establecimiento debe identificar, revisar y registrar los requisitos de los clientes y confrontarlos con su capacidad de atención e infraestructura.

- b) Cuando se presenten imprevistos la prestación de servicio, el establecimiento debe revisar identificar y registrar los nuevos requerimientos comunicándole al cliente antes de realizar las modificaciones necesarias.
  - c) El establecimiento debe definir sus políticas respecto a los repuestos y comunicarle al cliente con anticipación y por escrito sobre la procedencia, garantía, calidad y costo de los repuestos.
  - d) El establecimiento debe establecer los mecanismos para atender comunicaciones con los clientes.
- **Infraestructura**
    - a) El establecimiento debe disponer de las áreas y de los medios necesarios para la prestación del servicio.
    - b) En aquellos establecimientos donde se utilicen equipos especiales para efectuar determinados tipos de reparaciones, las dimensiones de los puestos de trabajo deben adecuarse a los requerimientos mínimos de espacio para la instalación y funcionamiento de tales equipos.
    - c) Cada puesto de trabajo debe estar claramente demarcado en el piso con pintura y señalizado adecuadamente donde se requiera.
    - d) En aquellos establecimientos en los cuales se utilicen equipos elevadores, la altura debe ser la adecuada para prestar el servicio.
    - e) Las columnas interiores del establecimiento deben estar pintadas partiendo del piso hacia arriba, con franjas de colores amarillo tráfico y negro intercalados.
    - f) La fachada y la parte interna del establecimiento deben conservarse en buen estado de pintura y limpieza.

- g) Se debe disponer como mínimo de una toma de aire, provista de acoples tipo rápido, por cada dos puestos de trabajos adyacentes.
- h) Se debe disponer de un área para almacenamiento de materiales y sustancias inflamables, la cual debe estar ubicada en un área separada y distante de los lugares donde se llevan a cabo operaciones de pintura, soldadura u otras que proporcionen fuente de ignición.
- i) Se debe disponer de un área específica para depósito temporal de desechos.

- **Seguridad industrial**

Los establecimientos de reparación de vehículos automotores, deben cumplir con la reglamentación nacional y local vigente, la resolución que la modifique o la sustituya, respecto a las disposiciones de seguridad industrial, salud pública y seguridad social. Respecto a disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

- **Gestión Ambiental**

Los establecimientos de servicio de vehículos automotores, deben cumplir con la reglamentación nacional y local vigente respecto a: gestión ambiental, la legislación que la modifique o la sustituya, entre otras.

- **Áreas de atención al cliente**

Se debe disponer de un área dotada de los mobiliarios adecuados y sanitarios independientes para hombres y mujeres, para la atención de los clientes durante su permanencia en el establecimiento.

- **Equipos y herramientas**

- a) Se debe disponer de herramientas, equipos, manuales y medios necesarios de acuerdo al tipo de trabajo a realizar.
- b) Los equipos o instrumentos de medición para las tareas o trabajos que así lo requieran, deben ser calibrados o verificados a intervalo especificado por el fabricante o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables o patrones de mediciones nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones, debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación. Se deben conservar registros de estas calibraciones o verificaciones.
- c) Las herramientas y equipos deben conservarse en buen estado de uso y una vez utilizados, se deben regresar en perfecto estado de limpieza a su lugar específico de ubicación.

- **Mantenimiento**

Los establecimientos deben realizar mantenimiento periódico preventivo de los equipos, el cual debe efectuarse de acuerdo a la inducción de los manuales de fabricante.

El mantenimiento debe incluir como mínimo:

- a) Verificación visual diaria.
- b) Limpieza y verificación de operaciones de los equipos.
- c) Verificación de calibraciones periódicas.
- d) Elaboración de bitácoras de mantenimiento.

- **Personal**

Personas entrenadas y/o capacitadas para realizar una labor específica.

#### ***8.4.5 Garantía del servicio de reparación de vehículos automotores***

Las condiciones de las garantías emitidas por un establecimiento de mantenimiento automotriz deben ser como mínimo:

- ✓ El periodo de la garantía comienza en el momento de entrega del vehículo al cliente y por el periodo y kilometraje establecido en la cotización
- ✓ El establecimiento, dará por entendido que cuando se cumpla el periodo estipulado en la cotización o el kilometraje, terminaran los beneficios que se pactaron al iniciar el trabajo por efecto de la reparación y piezas utilizadas.
- ✓ Quedan excluidos de esta garantía, las reparaciones realizadas por un tercero, cuando el vehículo reparado se encuentre en garantía, o le fuesen presentadas facturas de otro establecimiento, para cubrir las mismas por otro servicio de reparaciones, es necesario una autorización expresa del establecimiento para que ordene las rectificaciones a la reparación afectada.
- ✓ La garantía se prestará en horarios establecidos por el establecimiento.
- ✓ En las cotizaciones, facturas y documentos emitidos por el establecimiento, no podrán tener cláusulas o anexos cuyo tamaño de letra sea inferior a 1.5 mm de altura.
- ✓ El establecimiento responde por la garantía solo si el vehículo es usado en condiciones normales o no ha existido negligencia por parte del beneficiario a quien este permita el uso del vehículo reparado ya antes identificado; y la obligación versara sobre la misma reparación y en esta misma especie.
- ✓ Las averías o imprevistos que eventualmente puedan aparecer durante la reparación del vehículo deberán ser informados al usuario y sus costos y

consecuencias. Solamente previa conformidad expresa del mismo podrá realizarse la reparación.

- ✓ En todos los casos en que el vehículo quede depositado en el establecimiento, tanto para la elaboración de una cotización como para llevar a cabo una reparación previamente aceptada, el establecimiento entregara un soporte de tenencia al cliente.
- ✓ Todo usuario o quien actué en su nombre tiene derecho a una cotización escrita que tendrá una validez mínima que contenga:
  - a) El nombre del establecimiento, el NIT, la dirección y el teléfono.
  - b) El nombre y domicilio del usuario.
  - c) La identificación del vehículo, con descripción de marca, modelo, matrícula y número de kilómetros recorridos.
  - d) Reparaciones a efectuar, elementos a reparar o sustituir y/o cualquier otra actividad, con indicación del precio total.
  - e) La fecha y la firma del prestador del servicio.
  - f) Indicación del tiempo de validez de la cotización.
  - g) Espacio reservado para la fecha, nombre de quien autoriza, y/o la firma de aceptación por el usuario.
  - h) Una nota en la que especifique que la cotización inicial no cubre imprevistos.
- ✓ El establecimiento debe informar al cliente sobre los costos por parqueadero del vehículo cuando se ha terminado la reparación.

- ✓ El establecimiento garantiza la composición del conjunto, partes y piezas de carrocería, incluyendo pintura y acabado, durante el tiempo expresado en la cotización inicial.
- ✓ Las partes o piezas utilizadas para la reparación del vehículo deben ser preferiblemente nuevas y originales; en caso de no serlo, deben ser autorizadas expresamente por escrito por el cliente, previamente a su instalación.
- ✓ En caso de que las piezas no sean nuevas ni originales de fábrica, o que el cliente traiga dichas partes para su instalación el establecimiento no asume garantías sobre las piezas instaladas ni la mano de obra realizada.
- ✓ El establecimiento debe entregar conjuntamente con el vehículo reparado, las piezas o partes cambiadas que fue necesario sustituir, dejando constancia de su recibo, a excepción de partes cuya disposición sea reglamentada por normas ambientales, por ejemplo, baterías, aceites, etc.
- ✓ Para vehículos y partes nuevas, las garantías son establecidas por el circular No. 10 de la superintendencia de comercio, la reglamentación que la sustituya o modifique.

#### **8.4.6 *Calidad en el servicio***

La implantación de la mejora continua se debe considerar adecuada cuando:

- ✓ La administración defina un sistema de quejas y reclamos. Este sistema debe ser conocido y utilizado por todo el personal y debe incluir el uso de formatos de quejas y reclamos
- ✓ Cualquier sugerencia, queja, reclamación, garantías de los clientes realicen o cualquier incidencia que afecta a la calidad del servicio en el establecimiento, sea

documentada y comunicada a la administración para su análisis, de forma que se tenga en cuenta para la mejora del servicio prestado.

- ✓ La administración consulte periódicamente la opinión de los clientes para conocer su grado de satisfacción y detectar fallos, y registre los resultados para poder actuar sobre la mejora de la calidad del servicio prestado. Estas consultas contemplan aspectos con los que se relacionan a continuación, y de las cuales el establecimiento decide cuales encuestar:
  - a) El comportamiento y trato del personal del establecimiento en los diferentes momentos del servicio.
  - b) La honestidad y sinceridad del establecimiento y su personal.
  - c) La gestión de las quejas, reclamaciones y garantías realizadas.
  - d) La amplitud del horario de atención al público.
  - e) La cantidad de operarios y personal en el establecimiento.
  - f) Los medios de pago disponibles.
  - g) La información suministrada tanto física como verbal.
  - h) La calidad del servicio.
  - i) La relación calidad – precio.
  - j) Los descuentos y atenciones recibidas.
  - k) La profesionalidad de los operarios y del personal del establecimiento.
  - l) Sugerencias del cliente. }
- ✓ La administración defina un sistema para recibir sugerencias y propuestas del personal del establecimiento, de forma que se tenga en cuenta para la mejora del

servicio prestado. Este sistema debe ser conocido y utilizado por el personal del establecimiento.

- ✓ La administración analice periódicamente la información proporcional por los clientes, por el personal del establecimiento o por la verificación propia, y la utilice para detectar fallos y áreas de mejora, tomar decisiones e iniciar acciones de mejora, que eleven la calidad del servicio futuro en el establecimiento y satisfaga las demandas de los clientes.
- ✓ La administración comunique al personal del establecimiento las acciones de mejora a implantar y los resultados obtenidos.

#### ***8.4.7 Requisitos de personal***

- ✓ La imagen del personal del establecimiento se debe considerar adecuada cuando:
  - a) La apariencia del personal sea aseada y cuidada.
  - b) El personal del establecimiento utilice uniforme de uso exclusivo en el establecimiento, que debe estar siempre limpio y en buen estado.
- ✓ El nivel de competencia del personal del establecimiento se debe considerar adecuado cuando:
  - a) La administración defina funciones y responsabilidades de cada puesto de trabajo del establecimiento. El personal del establecimiento conocerá las funciones y responsabilidades asociadas a su puesto y su relación con el resto del personal.
  - b) El personal del establecimiento disponga de la formación, experiencia, conocimientos, aptitudes y actitudes necesarios para atender los requerimientos del puesto de trabajo.

- c) Todo el personal del establecimiento reciba una formación, que incluya, al menos los siguientes aspectos:
- Funcionamiento general del establecimiento, entre otros: horarios, días de apertura, formas de pago, servicios adicionales y similares.
  - Funcionamiento de los equipos y herramientas, según los requerimientos de su puesto de trabajo.
  - Pautas de comportamiento ante el cliente establecidas por la dirección, que reflejen el estilo propio del establecimiento.
- d) Se identifiquen las necesidades de formación del personal requeridas para mantener su capacidad profesional y la dirección asigne los recursos necesarios para satisfacerlas.

#### ***8.4.8 Trazabilidad***

El establecimiento debe registrar con fecha los datos del cliente, del vehículo, estado del vehículo en el momento de entrada y salida del establecimiento, inventario de entrada y salida del mismo y descripción de la reparación efectuada.

#### ***8.4.9 Orden de trabajo***

Todos los trabajos realizados por el establecimiento deben ir registrados con la siguiente información como mínimo:

- ✓ Fecha. Y datos del cliente.
- ✓ Tipo de motor (VIN).
- ✓ Numero de orden y trabajos a realizar.
- ✓ Partes cambiadas.

## 9 Metodología

Para este proyecto de investigación se toma como enfoque al cuantitativo ya que vamos a tomar datos relacionados a la productividad en la ruta a estudiar y la evaluación de los costos de mantenimiento preventivo específicamente en el sistema de frenos y las llantas. Así mismo se tomará el nivel explicativo donde vamos a tener una causa – efecto en la producción generada con viajes sencillo y viajes compensados en la ruta estudiada tomando en cuenta los tipos de fuente como el evaluativo ya que tomaremos datos y parámetros de costos y producción el tractocamion como prototipo.

### 9.1 Recolección de la Información

#### 9.1.1 Fuentes primarias

Son tenidas en cuenta como fuentes primarias para la presente investigación todas aquellas que aparecen dentro de la formulación del problema y el desarrollo de la posible solución, entre estas se encuentran, personal operativo y administrativo de la empresa donde se desarrolló la investigación, contratistas, y los investigadores mismos, como también así mismo los conductores, las personas que realizan el mantenimiento, los despachadores e instructores de seguridad vial. Con esta información fue posible generar el planteamiento del problema, desarrollar su análisis y proponer una posible solución.

### **9.1.2 Fuentes secundarias**

Dentro del proceso de mantenimiento preventivo se ejecutó el análisis al desgaste del sistema de frenos ya que el trayecto: La Calera – Villavicencio en un alto porcentaje es bajada lo cual hace que con el peso de 30 toneladas de cemento empacado en bultos en el volco provoque un mayor trabajo por lo tanto un mayor desgaste. Si comparamos el trayecto con el tractocamión vacío es de un 20 % más de desgaste, para calcular esta información se tuvo presente los manuales de servicio técnico del tractocamión, en este caso la marca International, este desgaste estuvo reflejado especialmente en las zapatas, cojinetes, campana de freno, resortes, de las 12 ruedas, este trabajo investigativo se realizó con relación a los mantenimientos preventivos del sistema de frenos que se realiza cada 16.000 kilómetros en promedio.

En relación al estudio del desgaste de las llantas se tomó algunos textos y libros como también los fabricantes de llantas que informaban los pasos correctos y técnicos para que la llanta tenga un correcto uso y durabilidad de aproximadamente 80.000 kilómetros en el trayecto que se movilizaba vacío, sin embargo cuando el vehículo se transportaba lleno en el trayecto La Calera – Villavicencio se obtuvo un desgaste mayor de 65.000 la diferencia de desgaste se vio reflejado en los dos trayectos ya que inicialmente se realizó una altura del labrado de cada una de las llantas para los dos casos, dando como resultado un desgaste mayor de un 12% en promedio en el trayecto La Calera – Villavicencio con el aditamento y el volco cargado de cemento empacado en bultos.

## **9.2 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que vamos a realizar es el del nivel explicativo, El caso específico es la flota de camiones propios de la Empresa Cemex de Colombia para el

cubrimiento de la ruta: La Calera – Villavicencio – Bogotá. En esta ruta vamos a realizar el estudio del trayecto: La Calera – Villavicencio. En este trayecto el vehículo se moviliza vacío, ya que el remolque tipo volcó es exclusivo para material agregado y no para el transporte de cemento empacado en bultos que produce la planta La Calera generando cero producciones. Por lo anterior se busca realizar el estudio y análisis para mejorar la productividad y evaluar los costos con los viajes compensados implementando un aditamento en volco del tractocamión para el transporte de cemento empacado en bultos. El universo de la información son los camiones que prestan servicios a Cemex a nivel nacional cubriendo las rutas para el transporte de los requerimientos de material de la compañía.

### 9.3 Herramientas

En primer lugar, debemos mencionar como una herramienta principal como lo es el tractocamión y montaje del aditamento en el volco en el mismo se realizó una estructura enserchada donde se utilizaba soldadura eléctrica para fijación de la misma. Después se realizó el diseño y montaje de los winches (motor eléctrico) utilizando herramientas básicas y tecno básicas como los es las llaves mixtas en mm, destornilladores, pinzas, esmeril, taladro, pulidora entre otros. Para la toma de datos y almacenamiento de la información del diseño del aditamento y recolección de la información del mantenimiento preventivo del tractocamión entre otros se utilizó el computador exclusivamente para la realización del proyecto en general.

### **Evaluación de las Rutas**

Cemex de Colombia es una empresa de producción y transporte de agregados para la construcción, Cemex de Colombia. Esta empresa tiene desarrollados en el país, 3 unidades de negocio así:

**Cemex Transporte:** Unidad de negocio encargado del movimiento de materias primas para la elaboración del cemento tales como Clinker, cal, yeso, puzolana, carbón, y a su vez la distribución del cemento ya sea empacado en bulto, en bigbag y en cisternas.

**Cemex Concretos:** Unidad de negocio la cual se encarga de procesar y distribuir en camiones especializados como los vehículos para mezclar (mixer), el concreto bajo las múltiples características que el cliente exija.

**Cemex Agregados:** Se encarga de la explotación, compra y movimiento del material agregado (arena y piedra) para la elaboración de concreto.

El área de Agregados de la empresa cuenta en la ciudad de Bogotá con 65 tractocamiónes con carrocería tipo volco, los cuales esta destinados para mover el material agregado desde las minas hasta las plantas ubicadas en Bogotá y municipios aledaños como se indican en las tablas 4 y 5. Así mismo en la tabla 6 se realiza la descripción de todos los productos de negocio que tiene la empresa, en este caso estamos realizando el estudio del cemento empacado desde la planta: La Calera, hasta su destino que es Villavicencio.

**Tabla 4***Ubicación minas, duración del ciclo en Kms*

Mina	Ubicación	Duración del recorrido - ciclo
<b>Apulo</b>	Apulo	194 kms
<b>Villavicencio</b>	Villavicencio	284 kms
<b>Centrasa</b>	Saldaña	364 kms
<b>Floresta</b>	Nilo	244 kms
<b>A y G</b>	Saldaña	364 kms
<b>Garagoa</b>	Garagoa	284 kms
<b>B y F</b>	Nilo	240 kms
<b>Mega equipos</b>	Pandi	190 kms
<b>Extraboqueron</b>	Melgar	205 kms

**Nota.** *Ubicación minas, duración del ciclo del recorrido en Kms desde la ciudad de Bogotá hasta la mina.*

**Tabla 5***Ubicación de las plantas*

<b>PLANTA</b>	<b>UBICACIÓN</b>
<b>Plantas Zona Industrial</b>	Av. de las Américas con Cra 43
<b>Plantas Sur</b>	Av. Boyacá con calle 77 sur
<b>Planta Bosa</b>	Autopista sur con calle 63 sur
<b>Planta Fontibón</b>	Calle 13 con Cra 100
<b>Planta norte</b>	Autopista sur con calle 240

<b>Planta Mosquera</b>	Vía Mondoñedo puente de piedra
<b>Planta Soacha</b>	Vía indumil antes del rio Bogotá
<b>Planta Tocancipa</b>	Vía del norte km 8

**Nota.** *Ubicación de las diferentes plantas que fabrican los productos como Agregados.*

**Tabla 6**

*Productos, orígenes y destinos*

<b>Producto</b>	<b>Origen</b>	<b>Destino</b>
Carbón	Sabana de Bogotá	Ibagué
Carbón	Sabana de Bogotá	Calera
Carbón	Sabana de Bogotá	Bucaramanga
Caliza	Cali	Ibagué
Klinker	Puerto de Buenaventura	Ibagué
Klinker	Puerto de Buenaventura	Calera
Yeso	Bucaramanga	Ibagué
Puzolana	Paipa	Ibagué
Cemento Empacado	Calera	Villavicencio
Agregado	Villavicencio	Bogotá

**Nota.** *Se describen los productos de fabricación, los orígenes a nivel nacional y los diferentes destinos donde se distribuyen en general.*

El consumo de material agregado de las plantas es de 9500 toneladas diarias, utilizando el equipo propio de agregados no se puede suplir tal demanda, por eso se contratan camiones

terceros siendo más la flota de terceros. Según el ministerio de transporte el parque automotor de carga de Colombia es de 330.000 vehículos presentando una sobre oferta de 50.000 vehículos,

Este problema se acentúa más teniendo en cuenta que en el sector petrolero están quedando vehículos sin carga por la creación de una empresa por parte de Ecopetrol para el movimiento de crudo. Una de las grandes obras de infraestructura, como el oleoducto del bicentenario dejó cesante más de 5000 vehículos de carga, los propietarios de estos vehículos adquirieron obligaciones de tipo bancario para la compra de los mismos. Estos camiones al quedar cesantes presentan una sobre oferta de parque automotor de carga, esto se va a ver reflejado en la disminución del valor de los fletes. En el caso particular de Cemex, trae como consecuencia que, en algunas rutas de material agregado hacia Bogotá, sean más atractivo utilizar vehículos terceros que la flota propia de agregado. Véase tabla 7.

**Tabla 7**

*Distribución de la flota*

<b>Ruta – Origen</b>	<b>Destino</b>	<b>Tipo de Flota</b>	<b>Número de Vehículos</b>	<b>Promedio consumo de combustible</b>	<b>Kilometraje promedio a Bogotá</b>
<b>Apulo</b>	Planta Fontibón, Planta Mosquera	Propia	20	50	194 Km
<b>Floresta</b>	Planta Fontibón, Planta Mosquera	Propia	30	50	244 Km
<b>B y F</b>	Planta Fontibón, Planta Mosquera	Propia	5	48	240 Km
<b>Mega equipos</b>	Plantas Bogotá,	Propia	3	45	190 Km

	Planta Soacha				
<b>Extra boquerón</b>	Plantas Bogotá, Planta Soacha	Propia	7	45	205 Km
<b>Garagoa</b>	planta 240	Tercera	15	48	260 Km
<b>Garagoa</b>	Planta Tocancipa	Tercera	15	48	284 Km
<b>Apulo</b>	Planta Fontibón, Planta Mosquera	Tercera	20	50	194 Km
<b>Villavicencio</b>	Plantas Bogotá	Tercera	25	64	284 km
<b>Centrasa</b>	Plantas Bogotá, Planta Soacha	Tercera	30	65	364 Km
<b>A y G</b>	Plantas Bogotá, Planta Soacha	Tercera	30	65	364 Km
<b>B y F</b>	Plantas Bogotá, Planta Soacha	Tercera	12	48	240 Km

**Nota.** Se describen los diferentes lugares donde se distribuyen los diferentes vehículos ya sean propios y terceros.

#### 9.4 Diseño del Aditamento e Implementación en los Viajes Compensados

Para este aditamento se realizó un diseño tomando las medidas del volco, la carga del cemento empacado, la medida de las estibas, la longitud, ancho y alto (volumen) del volco para definir la capacidad de carga que para este caso y la forma como están dispuestos es de (30 toneladas de cemento). Se realizó el estudio del pago de los fletes (36.720 pesos) lo cual dio como resultado que era factible o rentable para el transporte del cemento empacado.

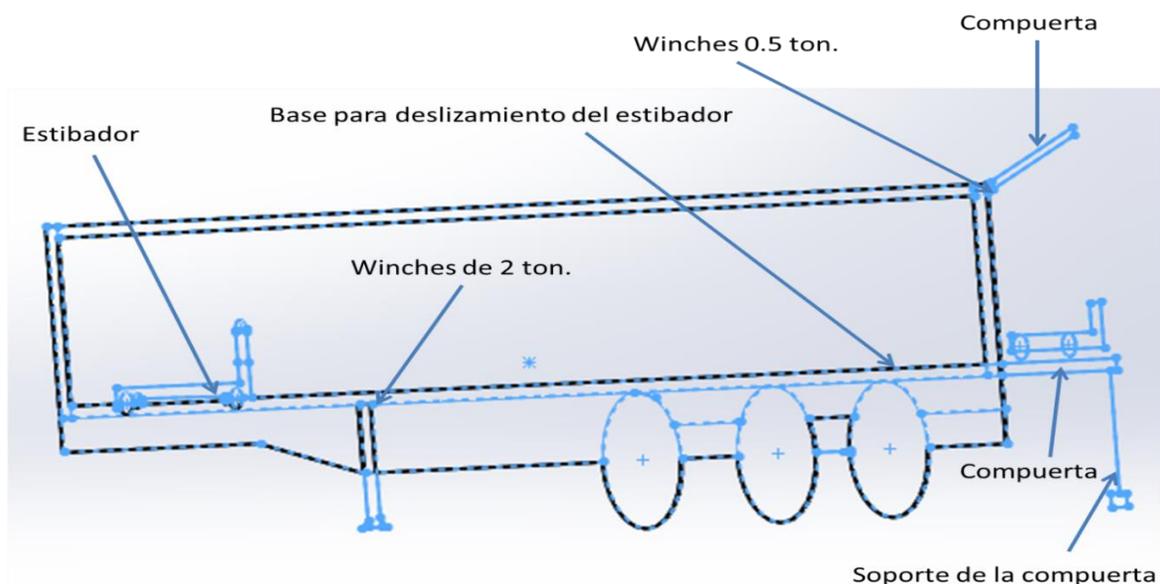
Este prototipo tiene cuenta con los siguientes componentes: dos motores eléctricos (winches de 5 toneladas de capacidad de carga), dos motores eléctricos (winches de 0.5 ton.) para hacer abatible la compuerta, la modificación de la compuerta del volco para que, de doble servicio, (el soporte para el estibador y la salida de los agregados).

Al volco se le realizo un sobre piso de lámina de 3/16 con pliegues para que el carro estibador se pudiera desplazarse sobre la misma con la ayuda de los winches de 5 toneladas para poder transportar las estibas con cemento empacado de forma organizada hacia los espacios libres del volco, como también realizar el retorno del estibador para nuevamente pueda cargar las estibas los nuevos bultos de cemento empacado y así sucesivamente 7 veces hasta llenar el volco.

Como se ilustra en la ilustración 1, se muestra el diseño del aditamento en vista lateral.

### Ilustración 1

*Diseño del aditamento- sección lateral*



**Nota.** Vista lateral del diseño del aditamento con sus respectivos componentes

La instalación del aditamento como prototipo en el volco se realizó por partes, tomando las medidas relacionadas al diseño en el software con algunos puntos estratégicos donde se puso soldadura

## 10 Análisis de resultados

La metodología presentada a continuación está relacionada al estudio de caso de dos trayectos de la ruta: La Calera - Villavicencio – Bogotá, en la empresa Cemex de Colombia los cuales utilizan tractocamiones con remolque tipo volco exclusivo para el transporte de material agregado.

Para el trayecto: Villavicencio – Bogotá, se evaluará y se estudiará los costos de mantenimiento y la productividad relacionada al transporte de agregado. Debemos mencionar que la empresa Cemex de Colombia está generando una pérdida importante en la ruta establecida La Calera – Villavicencio y un alto costo de mantenimiento especialmente en el sistema de frenos y el alto costo en el desgaste de las llantas en general.

En el trayecto: La Calera – Villavicencio, se realizará el estudio y análisis del montaje de un aditamento que va en el volcó de los vehículos propios exclusivos para el transporte de material agregado, esto con la finalidad de realizar viajes compensados con cemento empacado en bultos para mejorar la productividad de los tractocamiones ya que en el trayecto: Bogotá – Villavicencio se movilizan vacíos, porque no se le puede cargar con estibas el cemento empacado en bultos desde la planta La Calera y en consecuencia no generan ningún tipo de rentabilidad causando también altos costos de mantenimiento entre otros.

### 10.1 Costo de Mantenimiento de los Vehículos en los Viajes Sencillos y Viajes Compensados

Teniendo en cuenta la tabla 8 se muestra el análisis durante un año de observación y seguimiento de los costos de los diferentes mantenimientos a los sistemas y componentes del tractocamión especialmente en las llantas, ya que es un componente que genera el mayor desgaste por lo tanto el mayor costo.

**Tabla 8**

*Resultados de costos de mantenimiento y llantas con viaje Sencillo*

#### Resumen de costos de Mantenimiento con viaje sencillo

Base de Flotillas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mes/Días	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Tipo Camión Ref. 9200PS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Cantidad de Kms recorrido / mes	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Total kilómetros	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000	90000
Costo/Km Total <b>Llantas</b>	\$ 231	\$ 115	\$ 158	\$ 115	\$ 120	\$ 178	\$ 158	\$ 143	\$ 173	\$ 173	\$ 143	\$ 120
Costo/Km Total General de <b>Mantenimiento</b>	\$ 464	\$ 580	\$ 537	\$ 580	\$ 575	\$ 517	\$ 537	\$ 552	\$ 522	\$ 522	\$ 552	\$ 575

**Nota.** Resultados de costos de mantenimiento preventivo y correctivo en los tractocamiones y llantas con viaje Sencillo.

Analizando la tabla 8 tenemos los 12 meses de año Vs una columna relacionada a los costos de mantenimiento y los costos del sistema de frenos y llantas. El tractocamión realiza los 25 viajes en la ruta estudia, estos 25 viajes los realiza 15 tractocamiones los cuales cada uno recorre 6000 Kms mensuales. Inicialmente estudiaremos el costo de cada llanta que tiene el tractocamión que en total serian de 22 llantas donde se tiene tres grupos de trabajo, las 2

direccionales, las 8 de tracción y las 12 del volco cada conjunto cumple un trabajo diferente, por lo tanto, hay un desgaste y un valor de compra diferente. Hay que saber que el costo de cada conjunto de llanta tiene una vida útil diferente y con base a esta información realizamos una fórmula que nos arroja los valores mensuales de costo por kilometraje recorrido como se muestra en las tablas 8 y 9.

De igual manera para el análisis de los resultados de costo por mantenimiento, hacemos una formula la cual inicia con base del costo del recorrido del tractocamión por kilómetro, hay que tener en cuenta que la base de costo de rodadura por kilómetro en los viajes sencillo con los viajes compensados cambia ya que la distancia recorrida es mayor en los viajes compensados como también el desgaste mayor que tiene especialmente las llantas y el sistema de frenos entre otros. Véase tablas 8 y 9.

**Tabla 9**

*Resultados de costos de mantenimiento y llantas con viaje compensado*

**Resumen de costos de Mantenimiento con viaje Compensado**

Base de Flotillas	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mes/Días	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Tipo Camión Ref. 9200PS	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Cantidad de Kms recorrido / mes	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750	7750
Total Kilómetros	116250	116265	116280	116295	116310	116325	116340	116355	116370	116385	116400	116415
<b>\$/Km Total Llantas</b>	\$ 300	\$ 144	\$ 205	\$ 147	\$ 152	\$ 228	\$ 200	\$ 186	\$ 220	\$ 225	\$ 182	\$ 156
<b>\$/Km Total General de Mantenimiento</b>	\$603	\$759	\$698	\$ 756	\$751	\$ 675	\$ 703	\$ 717	\$ 683	\$ 678	\$ 721	\$ 747

**Nota.** Resultados de costos de mantenimiento preventivo y correctivo de los tractocamiones y las llantas con viaje compensado

## 10.2 Cálculos de Costos en la Ruta: La Calera – Villavicencio - Bogotá

Acorde al desarrollo de los objetivos planteados se procederá a presentar la información requerida para su desarrollo.

Para la simulación y cálculo de los costos variables, fijos y otros se determinará mediante una proyección de kilometrajes mensuales teniendo en cuenta las rutas establecidas y el número de viajes por vehículo, de esta manera se proyecta el número de rutinas de mantenimiento preventivo mensuales. Para los elementos de desgaste tales como frenos, llantas, rodamientos, embrague, uniones cardánicas, campanas de frenos, elementos de desgaste en suspensiones, baterías, arranques, alternadores etc. Se realizará un promedio de duración y consultará su valor comercial. Para mantenimientos rutinarios como lavados, engrases, alineaciones, balanceos, rotación de llantas, se generó una periodicidad y de la misma manera que en los casos anteriores. A continuación, les presento una proyección mensual de costos y la discriminación mensual de llantas, se contemplan con un desecho de llantas del 10% mensual, además se proyecta lo relacionado al mantenimiento preventivo en general del vehículo como se ilustra en la tabla 9.

## 10.3 Análisis de la Información

Iniciaremos explicando el trayecto: Villavicencio – Bogotá. Esta operación se desarrollará con tractocamiones dotados de tráileres tipo volcos capacitados para carga total de 35 toneladas, por normativa vial el peso bruto es 52.4 toneladas, referenciando el peso del vehículo, la cantidad de combustible la instrucción es salir de la fuente con no más de 34 toneladas de carga. Se tendrá en cuenta las rutas y las horas de recorrido.

Estos vehículos Inician el recorrido a las 5:00 am con llegada a la fuente sobre las 7:30 a 8:00 am, se realiza proceso de cargue, pesaje, remisiones y carpado. Iniciando retorno a Bogotá sobre las 9:30 a 10:00 am. Ingresan a Bogotá por la AV Boyacá y dependiendo del flujo vehicular está llegando a las plantas sobre la 1:00 a 2:00 pm, teniendo el vehículo descargado sobre la 3:00 pm en la ciudad de Bogotá.

En este ejercicio podemos determinar que cada vehículo presenta una producción de \$ **2.795.000** ya que en el trayecto: Bogotá – Villavicencio los vehículos se transportan vacíos, y como resultado de la producción podemos concluir que es muy bajo frente a la inversión del vehículo como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 10**

*Producción mensual en la ruta: Bogotá - Villavicencio - Bogotá con viaje sencillo*

<b>Producción mensual en la ruta: Bogotá - Villavicencio - Bogotá con viaje sencillo</b>	
<b>Bogotá con viaje sencillo</b>	
<b>Ciclos en el Mes</b>	25
<b>Toneladas por Ciclo</b>	35
<b>Toneladas Mes</b>	875
<b>Valor Tonelada</b>	\$ 36.720
<b>Valor Producción Mensual bruto</b>	\$ 32.130.000
<b>Costos Fijos Operativos Mes</b>	\$ 29.335.000
<b>Total Producción Mes</b>	<b>\$ 2.795.000</b>

**Nota.** *Producción mensual en la ruta: Bogotá - Villavicencio - Bogotá con viaje sencillo*

Adicionalmente a este valor de la producción de esta ruta se tiene que tener en cuenta el valor de los costos fijos mensuales de \$ **1.173.400** que se ven reflejados en los peajes, viáticos, conductor, mantenimiento del tractocamión en general, como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 11**

*Costeo por vehículo ruta: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje sencillo*

<b>Costos Fijos mensuales del RUTA: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje sencillo</b>	
<b>Total Kilometros del trayecto</b>	250
<b>Total Kilometros Mensuales</b>	6000
<b>Galones de ACPM Ciclo</b>	41
<b>Valor ACPM Ciclo</b>	\$ 389.500
<b>Duración del Ciclo</b>	1 Turno
<b>Valor Peajes Ciclo</b>	\$ 450.000
<b>Valor Estimado en Mantenimiento</b>	\$ 173.500
<b>Salario Operador</b>	\$ 136.400
<b>Viaticos Operador</b>	\$ 24.000
	<b>\$ 1.173.400</b>

**Nota.** *Costeo por vehículo en la ruta: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje sencillo o sin aditamento*

Hay que mencionar que en el trayecto: Bogotá – Villavicencio se encuentra un resultado de cero productividades, además tenemos unos costos de mantenimiento, combustible y otros como se muestra en la tabla 10. Donde ese trayecto se analiza pérdidas en general.

Debemos aclarar que el trayecto La Calera – Bogotá no se movilizan ya que estos vehículos no tienen el aditamento para la respectiva carga de cemento empacado en la planta La Calera.

Realizando el estudio y análisis de Costos Fijos mensuales TRAYECTO: Bogotá – Villavicencio con viaje compensado se obtuvo como resultado que hubo un aumento de \$ **21.905.750**, esto debido principalmente al mayor desgaste que tuvieron las piezas del sistema de frenos como los son principalmente las zapatas, las campanas, los resortes de zapatas.

Así mismo debemos tener en cuenta el resultado que se dio por parte de la vida útil de las llantas el cual dio como resultado un desgaste mayor, esto debido al peso y volumen de cemento que transporta el tractocamión como también el aumento de frenado durante el trayecto La Calera – Villavicencio ya que tenemos un alto porcentaje de la vía que es descenso.

**Tabla 12**

*Producción mensual en la ruta: La Caleras - Villavicencio – La Calera con viaje Compensado*

<b>Producción mensual en la ruta: La Calera - Villavicencio – La Calera con viaje Compensado</b>	
<b>Ciclos en el Mes</b>	25
<b>Toneladas por Ciclo</b>	68
<b>Toneladas Mes</b>	1700
<b>Valor Tonelada</b>	\$ 36.720

<b>Valor Producción Mensual bruto</b>	\$ 62.424.000
<b>Costos Fijos Operativos Mes</b>	\$ 40.518.250
<b>Total Producción Mes</b>	<b>\$ 21.905.750</b>

**Nota.** Producción mensual en la ruta: La Calera - Villavicencio – La Calera con viaje Compensado

**Tabla 13**

*Costos Fijos mensuales del RUTA: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje Compensado*

<b>Costos Fijos mensuales del RUTA: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje Compensado</b>	
<b>Total Kilometros del trayecto</b>	310
<b>Total Kilometros Mensuales</b>	7750
<b>Galones de ACPM Ciclo</b>	60
<b>Valor ACPM Ciclo</b>	\$ 570.000
<b>Duración del Ciclo</b>	1 Turno
<b>Valor Peajes Ciclo</b>	\$ 450.000
<b>Valor Estimado en Mantenimiento</b>	\$ 279.930
<b>Salario Operador</b>	\$ 272.800
<b>Viaticos Operador</b>	\$ 48.000
	\$ 1.620.730

**Nota.** Costos Fijos mensuales del RUTA: Bogotá – Villavicencio – Bogotá con viaje Compensado

Hay que referirse el tractocamión que no se moviliza a la planta de cemento en La Calera, puesto que no tiene el aditamento para la respectiva carga y su recorrido inicia desde la ciudad de Bogotá.

En cuanto al operador, este cuenta con 10 horas de trabajo, impidiendo que realice otro ciclo. Teniendo en cuenta estos tiempos, los vehículos únicamente pueden realizar un viaje diario. En la tabla 12. Se describen los costos fijos por cada viaje sin el aditamento y la productividad mensual por vehículo, incluyendo costos de mantenimiento. De esta están operando los 65 vehículos asignados a Bogotá.

De la tabla 12. Podemos concluir que el vehículo durante la ruta va a estar obligado a unos costos tanto de mantenimiento preventivo y correctivo como también un salario en general del operador.

En el trayecto La Calera – Villavicencio con viajes compensados: Esta operación se desarrollará con tractocamiónes dotados de tráileres tipo volcos capacitados para carga total de 35 toneladas, por normativa vial el peso bruto es 52.4 toneladas, referenciando el peso del vehículo, la cantidad de combustible la instrucción es salir de la fuente con no más de 28 toneladas de carga ya que el aditamento pesa aproximadamente 5 toneladas. Se tendrá en cuenta las rutas y las horas de recorrido.

Estos vehículos Inician el recorrido a las 5:00 am con llegada a la planta de cemento en La Calera sobre las 7:30 a 8:00 am, se realiza proceso de cargue, pesaje, remisiones y carpado. Iniciando el recorrido a Villavicencio sobre las 9:30 a 10:00 am. Ingresan a Villavicencio por la entrada principal y dependiendo del flujo vehicular está llegando a las plantas de descargue del

cemento sobre la 1:00 a 2:00 pm, teniendo el vehículo descargado sobre la 3:00 a 4:00 pm en la ciudad de Villavicencio.

Como lo observamos en la tabla 10. Se muestra en la tabla una proyección mensual durante los doce meses del año de costos de mantenimiento preventivo y correctivo y la discriminación mensual de llantas donde este componente es importante ya que es el que se ve reflejado el desgaste, se contemplan con un desecho de llantas del 10% mensual y el mantenimiento preventivo del tractocamión.

En este ejercicio de la ruta: La Calera – Villavicencio - Bogotá con viaje compensado podemos determinar que cada vehículo presenta una producción de **\$ 21.905.750**, ya que en el trayecto: La Calera – Villavicencio los vehículos transportan cemento empacado en bultos, y como resultado de la producción podemos concluir que es un gran aumento de productividad para poder enfrentar la inversión del vehículo como se muestra en la tabla10.

#### 10.4 Propuesta de solución

Se ejecuta una sistematización a los planes de mantenimiento de los componentes y sistemas de los tractocamiones dando como resultado el aumento de la vida útil de los componentes especialmente que sufren mayor desgaste. Así mismo se ejecuta la realización de los viajes compensados disminuyendo las contrataciones a terceros y obteniendo tanto un aprovechamiento total de los vehículos propios como una mayor productividad en la empresa.

Dividiendo los costos de los viajes por recorrido con cada material tenemos:

- Material agregado

Separando los costos que corresponden a cada trayecto donde se transporta el material agregado tenemos:

- Cemento empacado

Separando los costos que corresponden a cada trayecto donde se transporta el Cemento Empacado tenemos:

La implementación de la propuesta generaría un avance técnico económico basado en la optimización de recursos financieros mediante un desarrollo de conocimiento técnico que permitirían el análisis y comparación relacionada a los mantenimientos rutinarios innecesarios que directamente se mantendrían los costos como Hora hombre, adicional a esto se pretende que las rutinas propuestas generen un número menor de intervenciones impactando al factor financiero de la operación de los tractocamiones.

## 11 Resultados alcanzados y Esperados

### 11.1 Resultados Alcanzados

Con la implementación del proyecto, se espera contribuir con los objetivos financieros de la empresa, a través del incremento en ventas, generado por la consecuencia inmediata al tener mayor disponibilidad del aditamento al servicio de producción, de tal manera que se mejore la productividad y el servicio de atención suministrado al cliente final, reduciendo los pedidos pendientes por falta de producto. De igual manera, la puesta en marcha de éste proyecto, en uno

de los tractocamiones, servirá como pilar para hacer extensiva la filosofía del mantenimiento y productividad centrada en confiabilidad, en los demás tractocamiones que participan en el proceso de instalación del productivo, con lo cual los resultados obtenidos serán ampliamente potenciados. Finalmente, el involucramiento del personal de planta, en el desarrollo del proyecto, permitirá incrementar su nivel técnico, por la metodología de integración de actividades y roles dentro de la organización, trayendo un resultado satisfactorio al aumentar el grado de conocimiento de los operantes de los activos. En resumen, logramos lo siguiente:

- Obtuvimos la productividad de 85%.
- Los gastos de mantenimiento aumentaron solamente en los sistemas de frenos y llantas, pero no se dio un reflejo con relación a la productividad resultante.

### 11.2 Resultados Esperados

El proyecto, permite establecer contacto con la realidad de la Empresa, contribuye con el estímulo para la actividad intelectual creadora de cada uno de los participantes y crea un cambio de mentalidad, porque los procedimientos y resultados requieren disciplina y constancia de cada integrante. Así mismo y teniendo en cuenta que la investigación es sistemática en cuanto a los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo, se requiere vincular o relacionar nuestros pensamientos con los datos derivados del análisis crítico de otras fuentes de conocimiento, dando paso a la integración total del conocimiento. También es importante mencionar, que los participantes desarrollan diferentes habilidades, las cuales definitivamente contribuyen con el logro de una actitud reflexiva, objetiva, ordenada y se adquiere capacidad de análisis y síntesis.

Finalmente, se crea un sentido de pertenencia con la Empresa, porque, el integrante principal del éxito del aumento de vida útil de los sistemas y componentes de los tractocamiones

propios y viajes compensados, es el aprovechamiento del conocimiento que tiene el talento humano, con lo cual, se transmite un grado de importancia tal al empleado, que se convierte en un factor de motivación que se dejará ver en el resultado de aumento de productividad y cumplimiento de objetivos.

Se enfatiza, que para el desarrollo de este proyecto el recurso humano es vital para garantizar el éxito que el mismo pueda tener, por lo tanto para que la información sea la más confiable posible, se definirán roles y responsabilidades a los miembros que operan los tractocamiones como también las personas encargadas de los procesos de mantenimientos en general, con el fin establecer claramente cuál es la función de cada uno durante la realización de las reuniones, esto permitirá elaborar una matriz detallada. Se garantizará contar con información de primera calidad referente a fallas, mantenimiento, repuestos, riesgos etc. que se pueden presentar en la operación de los tractocamiones en la ruta La Calera – Villavicencio – Bogotá.

La implementación del proyecto mejora en la Empresa, su situación financiera, al tratarse de un proyecto que requiere pocos recursos en relación con la generación de ingresos que el mismo produce, tal como se presenta en el estudio del retorno de la inversión, incluida en éste documento. Referente al recurso humano, se incrementa su nivel de preparación, por la metodología planteada para su ejecución e indica a la Empresa, de una manera sistemática, el camino a seguir para la explotación apropiada de sus activos, ampliando el uso de la capacidad instalada.

Que mediante el correcto desarrollo de la propuesta se lograra que la seguridad Industrial y la del entorno operativo de la prensa se incremente , permitiendo una operación más segura a través del mejoramiento del mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes, que a su vez nos conllevan a reducir los modos de fallas que afecten la seguridad y su entorno

operacional, de igual forma la propuesta expuesta nos permitirá realizar énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos, que permitirán desarrollar paralelamente un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia de los modos de falla relacionados con su función y a los análisis de sus efectos .

Para mencionar el impacto operativo podemos mencionar que se podría lograr un aumento en los periodos de las revisiones y logrando en algunos casos la eliminación de estas en algunos subcomponentes permitiendo que se logre la eliminación de elementos poco fiables a través del conocimiento sistemático de la maquina prensa.

Adicional a los aspectos operacionales esperados , uno de los más expectantes es la generación del trabajo del talento humano ya que mediante la implementación del modelo centrado en confiabilidad se quiere que con el conocimiento que se logre desarrollar sobre el aditamento, se realice la generación y ubicación de soluciones más efectivas a través del trabajo en equipo motivado por un planteamiento altamente estructurado a los análisis de los problemas de mantenimiento y la toma de decisiones.

## 12 **Análisis Financiero**

### 12.1 **Costo del Proyecto**

El estudio económico determina cuál será la cantidad de recursos económicos que son necesarios para que este proyecto se realice.

La Evaluación Financiera de Proyectos es el proceso mediante el cual una vez definida la inversión inicial, los beneficios futuros y los costos durante la etapa de operación, permite determinar la rentabilidad de un proyecto.

El objetivo principal del estudio económico y evaluación financiera es determinar la conveniencia de emprender o no un proyecto de inversión, analizar la relación costo-beneficio derivadas de todas las fases del proyecto, asociar el origen y destino de los recursos, y los riesgos involucrados. Adicionalmente se establece la tasa interna de retorno, así como el tiempo estimado de generación de resultados. Para desarrollar el estudio económico de este proyecto se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Presupuesto de inversión
- Depreciación y Amortización de Activos
- Costos de operación.

El presupuesto de inversión es un instrumento importante utilizado como medio administrativo de determinación adecuada de capital, costos e ingresos necesarios en un proyecto.

La ingeniería de proyecto son los costos en los cuales se incurre en este proyecto para la realización de un modelo de mantenimiento preventivo y correctivo en los tractocamiones, tales como verificación, nivelación, ajustes, investigación, asesoría técnica, recolección de información, creación de documentación durante el tiempo de duración del proyecto.

**Tabla 14**

*Detalle presupuesto mano de obra*

<b>Presupuesto Mano de Obra</b>							
Nombre	Preparación académica	Función dentro del proyecto	Horas Mes	Total horas	Fuentes		Total
					Institución	Contrapartida	
Asesores Tesis	Especialista en Mantenimiento.	Asesor	5	5	\$ 40.000		\$ 200.000
Juan Carlos Villalba	Ingeniero Mecánico	Investigador	20	220		\$ 18.000	\$ 3.960.000
Oscar Orlando Bolaños	Ingeniero Mecánico	Investigador	20	220		\$ 18.000	\$ 3.960.000
<b>Total participantes</b>	3	<b>Total Horas</b>		440	<b>Total inversión</b>		\$ 8.120.000

*Nota. Detalle del presupuesto de la mano de obra para la realización del proyecto*

**Tabla 15**

*Detalle Presupuesto Equipos*

<b>Presupuesto Equipos</b>						
Nombre	Función dentro del proyecto	Horas mes	Total horas	Fuentes		Total
				Institución	contrapartida	
Computo	Almacenamiento de información	20	220		\$ 25.000	\$ 5.500.000
Herramienta de Medición	Diagnostico	0,5	55		\$ 65.000	\$ 3.575.000
Herramienta Manuales	Herramienta especializada	0,5	55		\$ 35.000	\$ 1.925.000
Diseño del prototipo / Aditamento	Herramienta especializada de análisis	45	135			45.280.000
<b>Total Horas</b>			330	<b>Total inversión</b>		\$ 56.280.000

*Nota. Detalle del presupuesto de los equipos a utilizar en el proyecto*

## 12.2 Costo del Proyecto

Solo la inversión de materiales, diseño, fabricación e instalación del aditamento en el volco del tractocamión como prototipo. \$ 45.285.000

## 12.3 Utilidad Generada por la Propuesta

Utilidad es de \$ 21.905.750

## 12.4 Cálculo del ROI

ROI = Ingreso - Inversión / inversión

ROI Trimestral = (\$ 21.905.750) 6 – \$ 45.285.000/\$ 45.285.000

ROI Trimestral = \$ 65.717.250 - \$ 45.285.000 / \$ 45.285.000 \* 100

ROI Trimestral = \$ 20.432.250 / \$ 45.285.000 \* 100

ROI Trimestral = 0.45 \* 100

**ROI Trimestral- = 45%**

Para realizar el cálculo ROI anual debemos tener los valores de producción (21.905.750) el cual lo multiplicaremos por los 6 meses del año de análisis y desarrollo del proyecto y restarlo por el valor de la inversión que en este caso es la inversión de los componentes, diseño y construcción del aditamento por un valor de (45.285.000). Este resultado lo vamos a dividir por el valor de la inversión (45.285.000) y del resultado lo multiplicaremos por 100 donde obtenemos finalmente un valor de 45 % trimestral por cada peso que se invierta en este proyecto.

Hay que tener en cuenta que el retorno de la inversión fue de 3 meses como se muestra en la tabla.

**Tabla 16**

*Periodo de retorno*

Mes	Flujo	Acumulado
0	\$ 45.285.000,00	
1	\$ 21.905.750,00	\$ 21.905.750,00
2	\$ 21.905.750,00	\$ 43.811.500,00
3	\$ 21.905.750,00	\$ 65.717.250,00
Periodo de Retorno	3.07	

Nota. Descripción del periodo a tres meses del retorno de la inversión

### 13 Talento Humano

En el presente proyecto el planeamiento del desarrollo del personal busca evolución por competencias, integrada al desempeño del trabajador mediante la identificación de objetivos individuales y seguimiento de la adquisición de conocimiento frente a los conceptos de mantenimiento centrado en confiabilidad y la integración en su operación, permitiéndonos realizar la evaluación del desempeño mediante el desarrollo de la retroalimentación frente a las lecciones aprendidas en los procesos fomentando un crecimiento interior y desarrollo de la persona.

Para poder potencializar el desarrollo del personal que interviene el activo seleccionamos implementar la utilización cruzada y capacitación cruzada; herramienta que nos permite hacer

que la gente realice diversas labores asociadas a la operación y mantenimiento del activo, permitiendo generar varios beneficios potenciales.

Se enfatiza, que para el desarrollo de este proyecto el recurso humano es vital para garantizar el éxito que el mismo pueda tener, por lo tanto para que la información sea la más confiable posible, se definirán roles y responsabilidades a los miembros que operan el respectivo mantenimiento de los sistemas y componentes de los tractocamiones, así mismo el proceso técnico de la realización de los viajes compensados en la ruta la Calera – Villavicencio - Bogotá con el fin establecer claramente cuál es la función de cada uno durante la realización de las reuniones, esto permitirá elaborar una matriz detallada. Como se mencionó sobre las lecciones aprendidas y experiencia adquirida de cada involucrado en procesos de mantenimiento y viajes compensados, se garantizará contar con información de primera calidad referente a fallas, mantenimiento, repuestos, riesgos etc. que se pueden presentar en la operación de los tractocamiones.

El personal involucrado en este proyecto es impactado de la siguiente manera:

**Gerente de proyecto:** Manejo técnico del proyecto, dirigir las reuniones con los jefes relacionados al trabajo y programación de mantenimiento en los tractocamiones y viajes compensados, seguimiento a la evolución del proyecto, responsable de realización de informes y verificación de costeo.

**Instructor de equipo:** Responsable de supervisar los procesos de tiempo en cuanto a los mantenimientos preventivos y correctivos en la ruta establecida, así mismo la realización de los viajes compensados en los vehículos propios.

**Operador de tractocamiión:** Responsable de la verificación de las fallas, mantenimientos, viajes compensados en el tracto camión responsable. Así mismo ejecutar procesos de mejor manejo técnico para el aumento de la vida útil de los componentes y sistemas del tracto camión.

**Tabla 17**

*Contexto organizacional de proyecto*

<b>Clark López</b>	<b>Director de</b>	<b>Logística Centro</b>	<b>Logística</b>
	<b>Logística Centro</b>		
<b>Empresa / Organización</b>	Cemex Administraciones		
<b>Proyecto</b>	Aumento de productividad y análisis de la afectación en costos de mantenimiento realizando viajes compensados en la ruta: La Calera – Villavicencio – Bogotá.		
<b>Fecha de preparación</b>	15 de Febrero de 2022		
<b>Cliente</b>	Dirección de logística Centro		
<b>Patrocinador principal</b>	Fernando Rincón VP de Logística Centro		
<b>Gerente de Proyecto</b>	Juan Carlos Villalba/ Oscar Orlando Bolaños Muñoz		

**Nota.** *Integrantes del contexto organizacional de proyecto*

A través del desarrollo del proyecto , las personas que participan de manera activa, tendrán un enriquecimiento evaluado en la adquisición de un pensamiento reflexivo y metódico , tomando conciencia de que se trata de una actividad que reclama perseverancia, ya que mediante la investigación podemos buscar y dar respuestas propias y originales a las interrogantes que

nosotros mismos formulemos y crear nuevos conocimientos, que aporten a la generación de enfoques distintos en la solución de problemas.

Adicionalmente, el proyecto, permite establecer contacto con la realidad de la Empresa, contribuye con el estímulo para la actividad intelectual creadora de cada uno de los participantes y crea un cambio de mentalidad, porque los procedimientos y resultados requieren disciplina y constancia de cada integrante. Así mismo y teniendo en cuenta que la investigación es sistemática, se requiere vincular o relacionar nuestros pensamientos con los datos derivados del análisis crítico de otras fuentes de conocimiento, dando paso a la integración total del conocimiento.

También es importante mencionar, que los partícipes desarrollan diferentes habilidades, las cuales definitivamente contribuyen con el logro de una actitud reflexiva, objetiva, ordenada y se adquiere capacidad de análisis y síntesis.

Finalmente, se crea un sentido de pertenencia con la Empresa, porque, el integrante principal del éxito en el proyecto del aumento de productividad y análisis de la afectación en costos de mantenimiento realizando viajes compensados, es el aprovechamiento del conocimiento que tiene el talento humano, con lo cual, se transmite un grado de importancia tal al empleado, que se convierte en un factor de motivación que se dejará ver en el resultado de aumento de productividad y cumplimiento de objetivos.

En el presente proyecto el planeamiento del desarrollo del personal busca evolución por competencias, integrada al desempeño del trabajador mediante la identificación de objetivos individuales y seguimiento de la adquisición de conocimiento frente a los conceptos de mantenimiento centrado en confiabilidad y la integración en su operación, permitiéndonos

realizar la evaluación del desempeño mediante el desarrollo de la retroalimentación frente a las lecciones aprendidas en los procesos fomentando un crecimiento interior y desarrollo de la persona.

Para poder potencializar el desarrollo del personal que interviene el activo seleccionamos implementar la utilización cruzada y capacitación cruzada; herramienta que nos permite hacer que la gente realice diversas labores asociadas a la operación y mantenimiento del activo, permitiendo generar varios beneficios potenciales.

La variedad es una de las dimensiones fundamentales del empleo que afectan en la manera de responder de las personas a su trabajo. Además de sus efectos motivacionales, hacer que la gente realice diversas labores tiene otros beneficios importantes. Uno de ellos es lograr que el proceso de trabajo sea al mismo tiempo transparente y tan sencillo como sea posible, complementariamente se pretende que con la capacitación cruzada cualquier personal que intervenga la máquina identifique fallas potencialmente riesgosas para la producción o el mantenimiento. Un segundo beneficio, en cierta forma relacionada, es el potencial para que los operadores vean cosas que se pueden mejorar en los procesos o estrategias de mantenimiento.

## 14 Conclusiones y Recomendaciones

- Para el desarrollo de los diferentes proyectos en general, es de gran importancia aplicar los temas relacionados con la materia.

- Durante el proceso de la realización de un proyecto es de esencial utilizar software de proyectos para llevar una mejor organización de las tareas, recursos tiempo y de prioridades.
- Es de mucha importancia tener una sustentación previa a la presentación final del proyecto, esto con el fin de realizar algunos complementos y lograr al éxito requerido por el ejecutor del proyecto.
- Para estructurar un proyecto es necesario atacar todas las variables, y la forma correcta de hacer es llevando acabo todos los temas tratados en este trabajo de forma organizada, de esta manera se garantiza en el desarrollo del proyecto los imprevistos serán mínimos.
- En el costeo de un proyecto, es necesario incluir los salarios de los implicados, sin importar que estos laboren para la organización, estos son un rubro muy importante y nos describen el verdadero valor del proyecto.
- Cuando por algún motivo se cambia el alcance del proyecto, lo más aconsejable es realizar el análisis nuevamente, “otro alcance es otro proyecto”.

- Para los vehículos que trabajan en Bogotá la única forma de aumentar la productividad es tomando la Ruta en mención, y trabajarla con dispositivos de cargue de Cemento Empacado

## 15 Bibliografía

BARBA ALVAREZ, A. (2010). Frederick Winslow Taylor y la administración científica: contexto, realidad y mitos.

Botero, C. (1991). Mantenimiento preventivo.

Falla, J. D. (2018). La importancia de los puertos dentro de la economía en Colombia y sus países fronterizos.

Gallego, J. C. (2011). *Montaje y Mantenimiento de Equipos*. Segovia: Editex.

Garcia, S. (2012). *Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado*. Madrid: Diaz de Santos.

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

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Diaz de santos.

Garrido, S. G. (2012). *Mantenimiento correctivo en centrales de ciclo combinado: Operación y mantenimiento de centrales de ciclo combinado. .*

Gomez, F. C. (1998). *Tecnología del Mantenimiento Industrial*. Murcia: Universidad de Murcia.

Jaime Mira, D. S. (2010). *Gestión del Transporte*. Valencia: Marge Books.

Palencia, O. G. (2012). *Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial*.

Quintero Quintero, D. K. (2015). Análisis de la productividad y eficiencia de los Puertos Colombianos frente a los principales puertos de Sur América.

Santos, C. G. (2001). *Mantenimiento Productivo Total. Una visión global*.

Sexto, L. F. (2017). Tipos de mantenimiento. *Revista Mantenimiento en Latinoamérica*, 4.

Tavares, L. A. (1999). Administración moderna de mantenimiento.

嶺. (2002). KAIZEN o la Mejora Continua. .