



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A
LOS NEUMÁTICOS DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES DE 300KW, PARA
MAXIMIZAR SU RENDIMIENTO KILOMÉTRICO**

Jorge Isaac Gutierrez Meza

Asesorado por la Msc. Inga. Sandra Ninett Ramírez Flores

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A
LOS NEUMÁTICOS DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES DE 300KW, PARA
MAXIMIZAR SU RENDIMIENTO KILOMÉTRICO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE ISAAC GUTIERREZ MEZA

ASESORADO POR LA MSC. INGA. SANDRA NINETT RAMÍREZ FLORES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

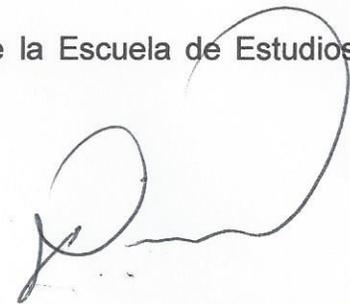
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A
LOS NEUMÁTICOS DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES DE 300KW, PARA
MAXIMIZAR SU RENDIMIENTO KILOMÉTRICO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 16 de mayo de 2019.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'J' followed by a series of loops and a horizontal line extending to the right.

Jorge Isaac Gutierrez Meza

Ref. . AGS-MIMPP-005-2019

Guatemala, 16 de mayo de 2019.

Director
Julio César Campos Paiz
Escuela de **Ingeniería Mecánica**
Facultad de Ingeniería
Su despacho. -

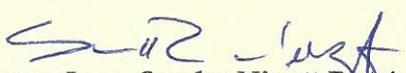
Estimado Director:

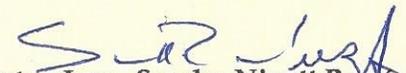
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Jorge Isaac Gutiérrez Meza** carné número **200011408**, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Artes en Ingeniería de Mantenimiento**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

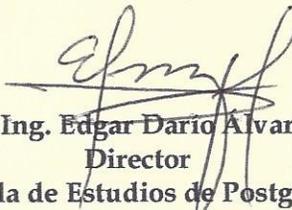
Sin otro particular, atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Maestra. Inga. Sandra Ninett Ramirez F.
Asesor(a)


Maestra. Inga. Sandra Ninett Ramirez F.
Coordinadora de Area
Gestión de Servicios


INGENIERA QUÍMICA, COL. No. 437
Msc. INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO


Maestro Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



No. de Asesoramiento registrado en EEP. 4

Cc: archivo/LZLA.

RESOLUCIÓN DE JUNTA DIRECTIVA: Proceso de Graduación aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011.



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.160.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación de la Coordinadora del Área de Gestión y Servicios de la Escuela de Estudios de Postgrado, modalidad Pregrado-Postgrado de la Maestría de Ingeniería en Mantenimiento, del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LOS NEUMÁTICOS DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES DE 300KW, PARA MAXIMIZAR SU RENDIMIENTO KILOMÉTRICO** del estudiante **Jorge Isaac Gutierrez Meza**, CUI **2335670540413** y Registro Académico No. **200011408** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Julio César Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, mayo 2019

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 321.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO APLICADO A LOS NEUMÁTICOS DE UNA FLOTA DE TRACTOCAMIONES DE 300KW, PARA MAXIMIZAR SU RENDIMIENTO KILOMÉTRICO**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Isaac Gutiérrez Meza**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, julio de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Jesucristo	Por ser mí guía, Señor y Salvador, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y bendecirme con mi familia y amigos.
Mi padre	Jorge Gutierrez Arenales, por ser mi fuente de inspiración, ejemplo de superación y perseverancia, y por su apoyo incondicional.
Mi madre	Esperanza Meza Gómez, por su esfuerzo y apoyo, por su amor y comprensión. Por su dedicación y aliento en mi camino.
Mi esposa	Norma Alejandrina Velásquez, por todos estos años de apoyo y sacrificio. Gracias por ser parte de este esfuerzo.
Mis hijas	Ximena y Camila, motores en mi vida, quienes inspiran mis días, la alegría de mi vida. Que este logro sea de ejemplo en el futuro.
Mis hermanos	Flor Alejandrina, Augusto César, Marcos David y Rocío Gutierrez Meza, por brindarme su apoyo y por las alegrías de los momentos que hemos compartido.

Mis abuelos

Concepción Gómez (q.e.p.d), Héctor Meza
(q.e.p.d), Marcos Gutierrez (q.e.p.d), Georgina
Arenales (q.e.p.d).

AGRADECIMIENTOS A:

Guatemala	Mi país, que me ha dado la oportunidad de servir y aportar como un profesional.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser influencia en mi carrera, ofreciéndome una excelente formación profesional. Gracias gloriosa casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por forjar los conocimientos necesarios, por ser influencia en mi carrera y deseo de aprendizaje.
Mis amigos de la Facultad	Con quienes compartí vivencias, experiencias, horas de estudio y buenas anécdotas.
Mi asesor	Msc. Inga. Sandra Ninett Ramírez Flores, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Mi familia en general	Gracias por su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Descripción del problema	9
3.2. Pregunta central	9
3.3. Preguntas de investigación.....	10
3.4. Consecuencias de la implementación de la investigación	10
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	23
7.1. Concepto de mantenimiento preventivo	23

7.2.	Conceptos básicos	23
7.2.1.	Definición de tractocamión	23
7.2.2.	Configuración de tren motriz	24
7.2.3.	Configuración electrónica	25
7.3.	Definición de neumáticos	26
7.3.1.	Materiales de construcción del neumático.....	26
7.3.2.	Composición y características del neumático.....	27
7.4.	Partes del neumático.....	27
7.4.1.	Banda de rodadura.....	28
7.4.1.1.	Bloques o corona	29
7.4.1.2.	Ranuras.....	29
7.4.1.3.	Hombros.....	30
7.4.1.4.	Cinturones o estabilizadores	30
7.4.1.5.	Capa radial	30
7.4.1.6.	Ceja.....	30
7.4.1.7.	Pared.....	31
7.4.1.8.	Carcasa o casco.....	31
7.5.	Dimensiones de los neumáticos.....	31
7.5.1.	Ancho de sección	31
7.5.2.	Altura de sección.....	32
7.5.3.	Ancho de la banda de rodadura	33
7.5.4.	Medidas del rin	33
7.5.5.	Diámetro del neumático	33
7.5.6.	Deflexión del neumático	33
7.6.	Revoluciones por kilómetro	34
7.7.	Factores que influyen en el rendimiento del neumático	34
7.7.1.	Presión de inflado correcta.....	35
7.7.1.1.	Baja presión o inflado insuficiente	36
7.7.1.2.	Sobrepresión	37

	7.7.1.3.	Sobrecarga	38
7.7.2.		Temperatura interna del neumático	38
7.7.3.		Aplicación del neumático	40
	7.7.3.1.	Aplicación para uso urbano	40
	7.7.3.2.	Aplicación para uso regional.....	40
	7.7.3.3.	Aplicación para uso en autopistas	40
	7.7.3.4.	Aplicación para terracería.....	41
7.7.4.		Aplicación del neumático de acuerdo a su posición	41
	7.7.4.1.	Neumáticos direccionales.....	41
	7.7.4.2.	Neumático para tracción.....	42
	7.7.4.3.	Neumáticos para ejes libres en remolques.....	42
7.7.5.		La construcción del neumático	43
	7.7.5.1.	Neumático convencional.....	43
	7.7.5.2.	Neumático radial.....	43
7.7.6.		Configuración de neumáticos duales.....	44
	7.7.6.1.	Acoplamiento de neumáticos duales ...	44
	7.7.6.2.	Espaciado de neumáticos duales	45
7.7.7.		Conducción del tractocamión.....	46
7.7.8.		Problemas en los sistemas mecánicos del tractocamión	47
	7.7.8.1.	Convergencia y divergencia.....	48
	7.7.8.2.	Desvío del eje de tracción.....	48
	7.7.8.3.	Alineación de remolques	49
7.7.9.		Balanceo de aro y neumático	50
7.7.10.		Mantenimiento de sistema de dirección y frenos....	50
7.7.11.		Estado de las carreteras.....	50
7.8.		Nomenclatura del neumático	51

7.8.1.	Ancho de sección nominal del neumático	52
7.8.2.	Serie del neumático.....	52
7.8.3.	Tipo de construcción del neumático	52
7.8.4.	Diámetro nominal del rin.....	53
7.8.5.	Figura de la banda de rodadura	53
7.8.6.	Índice de capacidad de carga dual.....	54
7.8.7.	Índice de velocidad.....	55
7.8.8.	Utilización de tubo	55
7.8.9.	Nombre del fabricante	55
7.8.10.	Indicación DOT.....	56
7.8.11.	Indicador de desgaste	56
7.8.12.	País de fabricación.....	56
7.8.13.	Remarcado de la banda de rodadura.....	57
7.9.	Vitalización	57
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	59
9.	MARCO METODOLÓGICO	63
9.1.	Enfoque de la investigación	63
9.2.	Diseño de la investigación.....	63
9.3.	Tipo de investigación.....	63
9.4.	Método de análisis de investigación.....	64
9.5.	Método de interacción	64
9.6.	Variables de la investigación	64
9.7.	Fases de la metodología a aplicar	65
9.7.1.	Fase 1: recopilación de información.....	66
9.7.2.	Fase 2: descripción del plan de mantenimiento actual.....	66

9.7.3.	Fase 3: identificación de las causas que afectan el rendimiento kilométrico de los neumáticos	66
9.7.4.	Fase 4: preparación y presentación del informe final	67
9.8.	Resultados esperados	67
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	71
11.	CRONOGRAMA	73
12.	RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	75
13.	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Configuración de un tractocamión 6x4.....	25
2.	Partes de neumático radial.....	28
3.	Sección de banda de rodadura.....	29
4.	Dimensiones en neumáticos.....	32
5.	Presión de inflado correcto.....	35
6.	Baja presión de inflado.....	37
7.	Sobrepresión de inflado.....	37
8.	Recorrido en porcentaje debido a sobrecarga.....	38
9.	Efecto por sobrecalentamiento en ceja.....	39
10.	Aplicación de neumáticos a ejes de dirección.....	42
11.	Aplicación de neumáticos a ejes de tracción.....	42
12.	Aplicación de neumáticos a ejes libres.....	43
13.	Diferencia de diámetros en neumáticos duales.....	44
14.	Acoplamiento de neumáticos duales.....	45
15.	Índice de durabilidad en porcentaje.....	47
16.	Convergencia en neumáticos direccionales.....	48
17.	Desalineación en ejes posteriores.....	49
18.	Alineación de remolque.....	49
19.	Marcaciones sobre una llanta.....	51
20.	Descripción de DOT.....	56
21.	Formato de estudio general de neumáticos.....	69

TABLAS

I.	Esquema de solución.....	21
II.	Composición del neumático	27
III.	Cargas y presiones para neumáticos radiales	36
IV.	Anchos de neumático y espacio mínimo para acoplamientos duales	46
V.	Índice de carga para neumáticos de tractocamiones	54
VI.	Códigos de velocidad para neumáticos	55
VII.	Variables e indicadores.....	65
VIII.	Fórmula para muestra poblacional.....	68
IX.	Cronograma de trabajo	73
X.	Presupuesto de la investigación	76

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Kg	Kilogramo
km	Kilómetros
km/h	Kilómetros por hora
kPa	Kilo Pascal
kW	Kilowatts
%	Porcentaje
Q	Quetzales
R	Rin
rpk	Revoluciones por kilómetro

GLOSARIO

Componente	Pieza esencial para el funcionamiento de una actividad mecánica, crea el potencial para realizar un trabajo.
Defecto	Ocurrencia en un <i>ítem</i> que no impide su funcionamiento.
Desgaste	Pérdida de la estructura superficial de un material, debido a una interacción contante y mecánica con una superficie.
Disponibilidad	Es la medida que indica cuánto tiempo está un equipo operando o listo para operar.
Falla	Ocurrencia de una avería en una máquina o equipo que impide su funcionamiento.
Ofimática	Técnicas, aplicaciones y herramientas informáticas que se utilizan en funciones de oficina para mejorar tareas y procedimientos.
Tiempo medio entre fallas	Promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. Mientras más alto es este valor, más fiable es el equipo

Vida útil

Es la duración estimada que un equipo puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la que ha sido creado.

Vulcanización

Proceso de calentamiento del caucho para mejorar sus características fisicoquímicas, renovando los neumáticos usados.

RESUMEN

El rendimiento kilométrico de los neumáticos es uno de los aspectos buscados por empresas de transportes, dado que mientras mayor es el rendimiento, menor será la inversión que se realice en cuanto al rubro de neumáticos. Dicho rendimiento se logra mediante un adecuado mantenimiento, tanto al tractocamión como al neumático mismo. El mantenimiento consta de establecer procedimientos de medición, ajustes, alineación, cambio de componentes al tractocamión, así como la adecuada elección y aplicación del neumático.

Es conocido que los neumáticos utilizados apropiadamente y cuidados con un mantenimiento bien diseñado aumentan su rendimiento por kilómetro, aunque no se conoce exactamente si el mantenimiento ayuda a que el rendimiento de los neumáticos sea maximizado.

El presente diseño de investigación busca establecer las bases necesarias para realizar un mantenimiento apropiado a las partes mecánicas que interactúan directa o indirectamente con los neumáticos y a los neumáticos mismos, creando una forma para hacer una selección apropiada y una aplicación correcta de los neumáticos, utilizando los datos de medición de desgaste y estimando el tiempo de vida de dichos neumáticos.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa de transporte pesado, ubicada en el Departamento de Escuintla, emplea 45 tractocamiones para su operación, cada tractocamión provisto de 10 neumáticos. Dentro de sus rubros a controlar con mayor interés está el mantenimiento, debido a que de allí depende un mejor manejo de costos y la seguridad de los activos.

El presente trabajo de investigación consiste en una sistematización, presenta un diseño de plan de mantenimiento para neumáticos para incrementar su rendimiento kilométrico.

El problema que se tiene es una deficiencia en la gestión de mantenimiento de los neumáticos, debido a que no existe un control apropiado para mantener o mejorar el rendimiento por kilómetro y de los componentes mecánicos del sistema de dirección, suspensión y frenos.

Los neumáticos son componentes de los tractocamiones que interactúan con la carretera, deben cumplir la función de seguridad, tracción y dirección del vehículo. La interacción entre los neumáticos y el camino genera desgaste, el cual puede ser medible y conocer los kilómetros que recorrerá determinado neumático.

El rendimiento puede maximizarse, realizando acciones que permitan mantener la seguridad de los activos y de las personas, el aspecto ecológico también toma relevancia, ya que no habrá tanto desecho en el ambiente al mejorar la gestión de los neumáticos.

En la empresa es necesario contar con un plan de mantenimiento para prolongar el rendimiento kilométrico de los neumáticos. El plan debe ayudar en el control de rendimientos de los neumáticos y prevención de fallas, se podrán conocer cuáles deben ser las configuraciones de neumáticos apropiadas en los tractocamiones y se podrá contar con una gestión de mantenimiento para realizar las actividades y metodologías que permitan maximizar el rendimiento kilométrico de los neumáticos.

Al mejorar los controles y las técnicas de mantenimiento los costos deben disminuir, las fallas de los tractocamiones también se reducirán y aumentará el tiempo medio entre fallas (TMEF).

Se hará el diagnóstico de la situación actual, con la finalidad de encontrar datos históricos que apoyen la investigación. Se identificarán los controles que tiene la empresa para gestión de los neumáticos y poder utilizarlos como base del estudio. Se identificarán las causas que afectan el rendimiento kilométrico y se hará la propuesta de mejora, determinando que es factible la investigación ya que se cuenta con los recursos necesarios para elaborarla.

Se debe evaluar el rendimiento kilométrico del neumático a través del desgaste de la banda de rodadura, utilizando personal de la empresa que realizará la recopilación de datos en campo. Se propone un plan de mantenimiento de neumáticos y de partes mecánicas del tractocamión para mejorar el rendimiento kilométrico.

El investigador únicamente aportará los recursos del asesor, de movilización y de lo necesario para la elaboración de la propuesta. El estudio es

factible debido a que la empresa cuenta con lo indispensable para el trabajo y se cuenta con los recursos para realizar la investigación.

El primer capítulo consistirá en el marco teórico, que incluye la revisión documental para desarrollar la investigación. Se describe al mantenimiento preventivo y la contextualización de conceptos y definiciones de carácter técnico necesarios para comprender los términos que identifican a un neumático, los materiales de construcción, nomenclatura utilizada, configuraciones de tractocamión y componentes del mismo que interactúan con los neumáticos.

En el segundo capítulo se definirán los factores que influyen en el rendimiento de los neumáticos, detallando los aspectos que deben controlarse en el mantenimiento preventivo. Se detallan los requerimientos de mantenimiento que sugieren los manuales técnicos de los fabricantes de neumáticos y de qué manera se deben monitorear para aumentar su vida útil. El rendimiento de un neumático se basa en las mediciones de profundidad de la banda de rodadura. Se describen los sistemas que deben controlarse para mejorar el rendimiento kilométrico. Con esta información se establecen los lineamientos de mantenimiento que deben seguirse para incidir en la vida útil de los neumáticos.

En el tercer capítulo se definirán las variables de control para estandarizar el proceso de mantenimiento preventivo aplicado a los neumáticos de una flota de tractocamiones para maximizar su rendimiento kilométrico. También se hará el análisis de resultados de los desgastes en las bandas de rodadura, estableciendo el método de control para la captura de información.

Por último, en el cuarto capítulo se diseñará un plan de mantenimiento aplicado a los neumáticos de tractocamiones para maximizar su rendimiento a partir de las necesidades detectadas y con esto cumplir con el objetivo general.

2. ANTECEDENTES

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen, o restablecen para que puedan desempeñar las funciones para las que fueron diseñados (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2000). Por su parte, Hurtado (2017) afirma en su investigación que: “la resistencia a la rodadura, es un fenómeno que produce todas las fuerzas y momentos que se utilizan para alterar el estado del vehículo durante la trayectoria, aceleración, frenado y curvas” (p. 16). Es importante determinar qué variables son las causantes de esta resistencia a rodar.

Muchas tareas de mantenimiento se basan en las condiciones, que se centran en medir un parámetro que indique una degradación en el rendimiento de un equipo o componente (Duffuaa, et al., 2000). El rendimiento del neumático es afectado por variables que deben ser controladas, para lo cual se debe gestionar un adecuado plan de mantenimiento.

García (2010) define al mantenimiento como: “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (p. 1). Al conocer la importancia de los sistemas mecánicos del tractocamión se puede plantear un plan de mantenimiento que fortalezca el cuidado de los componentes mecánicos y contar con los controles para determinar el desgaste en el neumático.

Los neumáticos son los elementos del tractocamión que harán contacto con la carretera, por lo que la seguridad está determinada por esta conexión

(Paucar y Tacuri, 2015). Por tal razón es importante tratar los neumáticos como elementos críticos de control. Además de la seguridad, el neumático es el encargado de la tracción, el frenado, la dirección y la estabilidad del tractocamión. Campos (2008) refiere que el neumático debe adherirse a la carretera y absorber las irregularidades que encuentre, esta adhesión resulta interesante ya que mucho dependerá de los materiales empleados en la fabricación del neumático, de la correcta selección del neumático y del apropiado mantenimiento que se le preste. La unión entre el neumático y la carretera es una propiedad que sirve para mantener la seguridad y la tracción. El neumático debe poder contrarrestar las fuerzas provocadas por la carretera. Por su parte, el asfalto debe ser capaz de soportar las cargas provocadas por el tráfico y debe tolerar las deformaciones provocadas por las huellas de rodadura que dejan los vehículos.

El mantenimiento debe apuntar a mantener la seguridad y a su vez un buen desempeño del tractocamión. La seguridad como punto de partida servirá para apuntalar la investigación, tomando en cuenta que existen componentes que interactúan con el neumático, los cuales deben estar incluidos en el plan de mantenimiento.

Mayen (2017) refiere que el contacto entre el neumático y el pavimento está relacionado con la resistencia al deslizamiento, generación de ruido y el consumo de combustible. En este sentido la resistencia provoca desgaste en el neumático, este desgaste puede reducirse conociendo las características del neumático y mejorando el mantenimiento. Se determinarán causas que afectan el rendimiento kilométrico del neumático, además de estas razones. Estas servirán para realizar la propuesta de mejora.

De acuerdo con la investigación de Paucar y Tacuri (2015), los materiales utilizados en la fabricación de neumáticos son cauchos naturales y sintéticos, alambres de acero y productos químicos que confieren las cualidades deseadas. De acuerdo con las necesidades las composiciones cambian, esto para dar mayores ventajas según la aplicación del neumático. La selección del neumático depende del lugar donde se utilizará y de la ubicación en los ejes del tractocamión. Con esta información se puede construir una segmentación para la aplicación correcta del neumático.

Se pueden identificar las aplicaciones como eje de dirección, eje de tracción y ejes libres (Paucar y Tacuri, 2015). Los segmentos de uso pueden identificarse dependiendo de la región donde se conduzcan los tractocamiones.

Estos conceptos servirán para identificar las causas que provocan desgaste en el neumático y causas que afectan el rendimiento kilométrico, encontrando características que servirán para realizar la propuesta de mejora en el plan de mantenimiento de neumáticos.

Muchas de las variables que provocan un desgaste prematuro en los neumáticos están influenciadas por la aplicación correcta, el mantenimiento de los componentes mecánicos del tractocamión y el cuidado del neumático (Paucar y Tacuri, 2015). Debe gestionarse un mantenimiento adecuado para que el desgaste sea mínimo y sea igual en toda la banda de rodadura. Se identifican claramente los elementos que se deben trabajar para la elaboración de la propuesta de diseño de plan de mantenimiento.

Como una ventaja en su construcción, un neumático para tractocamión puede ser vitalizado. La vitalización se refiere a la acción de poder reutilizar un neumático al cambiarle la banda de rodadura a través de una fábrica que se

dedica a tal actividad. De acuerdo con la tesis de Batz (2013), un neumático de tractocamión nuevo, al desgastar su banda de rodadura, solo gasta el 25% del caucho utilizado en su fabricación, el 75% restante puede volverse a utilizar a través del proceso de vitalización, y esta es beneficiosa debido a que el neumático cumple un papel económico y ecológico.

Con lo anteriormente descrito se pretende contribuir a la mejora en el rendimiento kilométrico de los neumáticos de la empresa y como un valor agregado la disminución de la cantidad de desechos de caucho en el país, al poder vitalizar los neumáticos usados, diseñando el plan de mantenimiento preventivo aplicado a los neumáticos con la finalidad de maximizar su rendimiento kilométrico. En el presente proyecto se tomarán en cuenta los aspectos que influyen en el desgaste del neumático y se plasmarán los lineamientos para realizar mantenimiento y la forma en que debe medirse el rendimiento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe dificultad en el control de la gestión administrativa de mantenimiento, pues no se posee una adecuada planificación y ejecución de trabajos. Esto lleva a tener un mayor número de paradas de equipo, baja disponibilidad (DISP), disminución de tiempo medio entre fallas (TMEF), disminución de índice de vitalización y reducción en el rendimiento kilométrico.

3.1. Descripción del problema

La empresa de transporte pesado, ubicada en el Departamento de Escuintla, realiza traslados sobre carreteras sinuosas sobre asfalto y pavimento. La empresa para su operación cuenta con un parque vehicular de 45 tractocamiones de 300 kW, debido a los inconvenientes presentados referentes a la administración de neumáticos en su mantenimiento, la maximización del rendimiento kilométrico y la aplicación de los neumáticos, se presentan falencias en el área administrativa, como falta de control y gestión o fallas en los equipos como desgaste acelerado y paros no programados.

Por lo expresado anteriormente, surge la pregunta central de la investigación:

3.2. Pregunta central

¿Cómo se puede maximizar el rendimiento kilométrico en los neumáticos de una flota de tractocamiones de 300 kW?

3.3. Preguntas de investigación

- ¿Cómo se realiza el mantenimiento de los neumáticos en la empresa?
- ¿Qué factores son los que afectan el rendimiento kilométrico de los neumáticos?
- ¿Qué variables de control se pueden estandarizar en los procesos de mantenimiento y así aumentar el tiempo de vida de los neumáticos?

3.4. Consecuencias de la implementación de la investigación

De realizarse:

- Aumentar rendimiento kilométrico en los neumáticos de tractocamiones.
- Menor número de paradas de equipos por fallas en neumáticos o componentes mecánicos de suspensión, dirección y frenos, ya que se les realizará mantenimiento preventivo.
- Menor producción de desechos y contaminación por el incremento en el rendimiento kilométrico de neumáticos y mayor número de vitalizaciones.
- Generar ahorro en cambios de neumáticos nuevos.
- Eficiencia en los procesos de mantenimiento.

De no realizarse:

- Se continuará con el desconocimiento de las causas de las fallas en los neumáticos.
- Aumenta el riesgo de accidentes y fallas prematuras en neumáticos.
- No se podrán tomar decisiones oportunas para una mejor aplicación de neumáticos al tener información incorrecta o desactualizada.
- Reducción del tiempo medio entre fallas.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación a tratar se basa en el área de gestión del mantenimiento, específicamente aseguramiento del cumplimiento del programa de mantenimiento de la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento. Fue elegida debido a su aplicación relacionada a los cursos de administración del mantenimiento y mantenimiento predictivo, los cuales proveen la base para poder diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a neumáticos para maximizar su rendimiento kilométrico.

El presente estudio pretende identificar las fallas y desgastes anormales en los neumáticos, deficiencias en los controles de mantenimiento de los elementos mecánicos y de los propios neumáticos, que inciden en la disminución de su rendimiento kilométrico, para poder implementar lineamientos para elaborar el mantenimiento, desarrollando procesos y controles que ayuden al personal técnico y administrativo a mejorar sus prácticas de mantenimiento, para con ello mantener la seguridad de los tractocamiones y contribuir en los procesos de la empresa para adecuarse a las exigencias de sus clientes, garantizando su rentabilidad.

Los neumáticos juegan un papel muy importante en el tractocamión, debido a que son los elementos que permanecen en contacto con el suelo (Paucar y Tacuri, 2015). El rendimiento depende de la superficie de contacto, los neumáticos son los encargados de proporcionar la tracción, soportar el frenado, tienen que proveer la estabilidad en las curvas, influyen en el comportamiento y desempeño del tractocamión, por lo que es esencial que se traten como elementos críticos y cuenten con un plan de mantenimiento, para

que a su vez la conducción sea más segura. De no realizarse la investigación se continuará con la incertidumbre de las causas que generan bajo rendimiento, se mantendrá un tiempo medio entre fallas (TMEF) bajo y se causarán más paradas imprevistas. También se generarán más desechos que contaminarán debido a que se realizarán más cambios de neumáticos por tener menor rendimiento kilométrico.

La empresa tiene falencias en su modelo de gestión de mantenimiento, ya que este debe ser eficaz, eficiente y oportuno, por lo que surge la necesidad de contar con una gestión de mantenimiento apropiada para los neumáticos y componentes mecánicos que intervienen en el sistema de dirección, suspensión y frenos para la flota de tractocamiones de 300 kW.

La motivación del investigador en realizar este trabajo es que el problema planteado presenta un escenario para una solución adecuada que puede ser implementada en otras industrias de transporte. Además de contribuir con la mejora de procesos en la empresa se aportará al país en generar menos desechos y obtener mejores resultados en torno a la seguridad del transporte.

El beneficio para la empresa será la mejora en el rendimiento kilométrico de los neumáticos, obteniendo controles estables en el mantenimiento que mantendrá al piloto, los activos y a los demás conductores en condiciones seguras. Lo anterior se refleja en menos paros no programados, aumento del tiempo medio entre fallas (TMEF), incremento de la disponibilidad (DISP), reducción de costos de mantenimiento y la mejora en el rendimiento del tractocamión.

Batz (2013) refiere como parte importante del mantenimiento la vitalización, ya que se utiliza menos energía en la vitalización que en la

construcción de un neumático nuevo, además que al extender la vida útil de un neumático es menos el residuo que se desecha, de ahí el papel ecológico que se obtiene.

El piloto será beneficiado, ya que la unidad que opera se mantendrá más tiempo disponible (DISP) con mayor confiabilidad. Los gerentes, jefes, supervisores y técnicos de mantenimiento tendrán mejores controles para incrementar el rendimiento kilométrico de los neumáticos. Los propietarios obtendrán beneficios al ver una mejora en los resultados del presupuesto de mantenimiento. El investigador es beneficiado al integrar sus conocimientos al problema planteado y poder plantear la mejora como profesional.

Finalmente se beneficia a la empresa al obtener mejores procesos y beneficios económicos que aportarán a la sociedad para generar oportunidades de empleo. Así mismo se beneficiará al país reduciendo el impacto ambiental de desechos generados por neumáticos usados.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo aplicado a los neumáticos para una flota de 45 tractocamiones de 300 kW para maximizar su rendimiento kilométrico.

5.2. Específicos

- Determinar el método que se utiliza para realizar el mantenimiento de neumáticos en la empresa.
- Establecer las causas que afectan el rendimiento kilométrico en neumáticos de tractocamiones de la empresa.
- Definir las variables de control para estandarizar los procedimientos de mantenimiento, para aumentar el rendimiento kilométrico de los neumáticos.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La necesidad que se pretende cubrir en el aspecto laboral es mejorar los procesos de mantenimiento en los neumáticos de los tractocamiones, ya que se necesita tener una mejor planificación del mantenimiento aumentando el tiempo medio entre fallas (TMEF) y reducir paradas inesperadas, incrementando el rendimiento kilométrico de los neumáticos.

De acuerdo a Hurtado (2017) el neumático experimenta tres fenómenos: tracción, frenado y rodadura, donde la mayor parte de la fluencia y deslizamiento se presenta durante la rodadura. Por esta razón deben de tratarse como elementos de desgaste, su rendimiento kilométrico depende de la banda de rodadura que se encuentra en contacto con el suelo, y de otras partes del neumático que deben de estar en buenas condiciones. Por esta razón es importante que se tenga un plan de mantenimiento que asegure una conducción más eficiente y segura.

La investigación de la gestión de mantenimiento para neumáticos y partes mecánicas del sistema de dirección, suspensión y frenos será de apoyo para técnicos e ingenieros que trabajan directamente en el mantenimiento de tractocamiones, aportando conocimiento técnico y científico para mejorar la productividad y eficiencia de la empresa.

Para completar las necesidades del problema planteado se cumplirán los objetivos siguiendo el siguiente esquema:

- Análisis inicial:

Elaboración de planificación de la investigación que incluye pregunta central y preguntas específicas, objetivos, metodología y cronograma. Esta fase se completará antes de iniciar el trabajo de investigación.

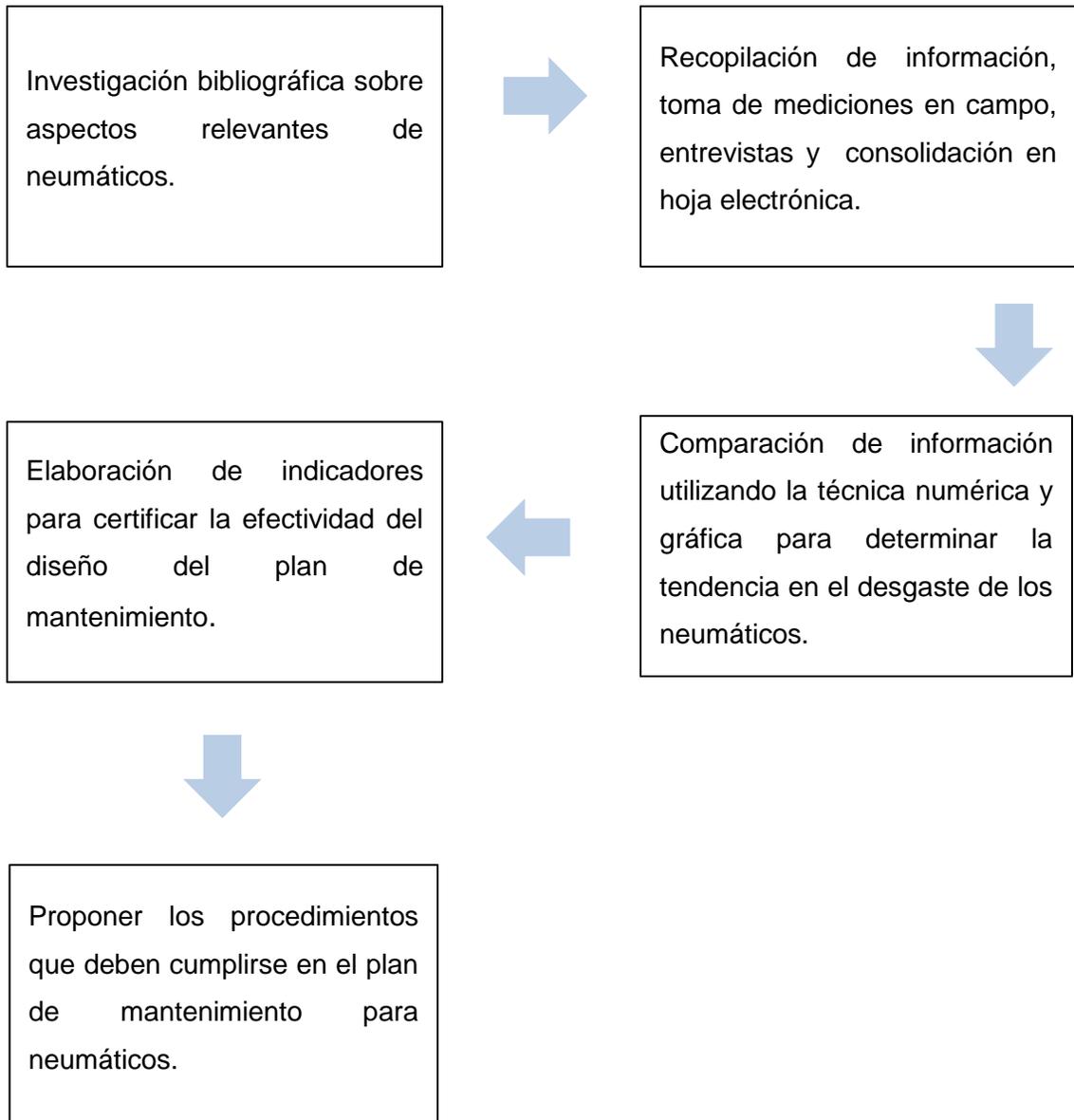
- Fases de investigación para diseñar el plan de mantenimiento aplicado a neumáticos:

- Determinar la información cualitativa del estudio en relación a la forma de realizar el mantenimiento a la fecha de este trabajo.
- Recolección de toda la información por observación, toma de datos y entrevistas sobre el rendimiento de neumáticos.
- Ejecución del análisis de los datos obtenidos de los anexos y de la información obtenida.
- Análisis y discusión de resultados obtenidos de los rendimientos de los neumáticos y propuesta de mejora en el plan de mantenimiento.

- Preparación del informe final:

Consiste en establecer las variables de control que ayuden a mejorar el rendimiento kilométrico de los neumáticos, diseñando un plan de mantenimiento. Con esta fase se da como finalizado el objetivo principal del presente trabajo de investigación. Los resultados esperados se basan en obtener un mejor rendimiento por kilómetro de los neumáticos al estandarizar los procedimientos de mantenimiento.

Tabla I. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Concepto de mantenimiento preventivo

Duffuaa, et al. (2000) definen el mantenimiento preventivo como: “una serie de tareas planeadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de falla potenciales de dichas funciones” (p. 75).

El mantenimiento se define como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (García, 2010).

En el tractocamión las actividades de mantenimiento son indispensables, principalmente el de los sistemas y componentes críticos como los neumáticos, así mismo el mantenimiento de los elementos mecánicos que conjugan e interactúan con estos. Un buen desempeño del neumático es esencial, evitando poner en riesgo la operación y la de vidas humanas.

7.2. Conceptos básicos

A continuación, se detallan conceptos y definiciones sobre el tractocamión y las configuraciones propias del mismo.

7.2.1. Definición de tractocamión

Un tractocamión es un vehículo que cumple con las características de un camión de carga, pero esta tira de la carga para trasladarla, puede transportar

grandes cargas por distancias largas. En el presente estudio se hará referencia a los tractocamiones utilizados para movilizar cargas, que tienen una potencia de 300 kW.

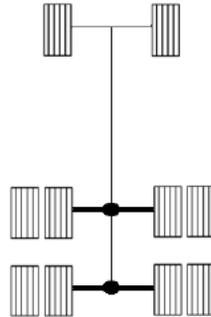
El tractocamión emplea neumáticos que se distribuyen en sus ejes y que de acuerdo con su aplicación son neumáticos direccionales y de tracción, además existen neumáticos del tipo toda posición y para ejes libres (Paucar y Tacuri, 2015).

7.2.2. Configuración de tren motriz

El tren motriz de un tractocamión inicia desde el motor térmico hasta los neumáticos, pasando por los diferentes sistemas que generan torque y potencia. Según se requiera el tractocamión puede tener más torque o más desplazamiento, esto se logra diseñando los sistemas de transmisión, diferenciales y potencia de motor.

Es importante destacar que los tractocamiones que serán objeto de estudio cumplen con una configuración básica del tipo 6x4, es decir que cuentan con tres ejes, pero solo dos de ellos pueden tener tracción, así como se presenta en la figura 1.

Figura 1. **Configuración de un tractocamión 6x4**



Fuente: Paucar, B., Tacuri, L. (2015). *Estudio de las condiciones que generan un desgaste anormal de los neumáticos radiales para vehículos pesados que impiden su reutilización como base para reencauche.*

En los ejes de tracción se cuenta con dos neumáticos para mejorar la tracción e incrementar la capacidad de carga.

7.2.3. Configuración electrónica

Los tractocamiones modernos utilizan más de un módulo de control electrónico para mejorar su desempeño, disminuir su consumo energético y poder diagnosticar sus componentes mecánicos y eléctricos.

Estos módulos de control electrónico cuentan con configuraciones preestablecidas, un dato muy importante a considerar es el de la medida del neumático, ya que este valor es utilizado en múltiples cálculos de los módulos. Si por algún motivo se requiere cambiar la medida del neumático se debe acceder al módulo de control electrónico con una interface y software específico para realizar la modificación pertinente.

7.3. Definición de neumáticos

Los neumáticos son elementos contruidos de hule, fibras, aditivos y acero; su función básicamente es separar al vehículo del suelo, sirve como un contenedor de aire para soportar su carga. Los neumáticos son los que interactúan con el suelo a través de una superficie de contacto. (Corazón, 2014).

La función del neumático es transmitir tracción para generar movimiento, soportar cargas radiales y soportar la carga del vehículo. Debe proporcionar seguridad y conducción estable. Por lo anterior es importante conocer su construcción, las características, aplicaciones, cuidados y mantenimiento.

7.3.1. Materiales de construcción del neumático

Dentro de los materiales que forman parte de la construcción del neumático se encuentran el caucho natural, caucho sintético y pigmentos. El caucho natural se extrae del árbol de Hevea Brasiliensis y el caucho sintético se obtiene de hidrocarburos. Los cauchos o elastómeros son polímeros que pueden variar su forma según sea la carga aplicada, volviendo a su forma original cuando se les retira la carga.

La combinación de estos polímeros se realiza de modo que el caucho natural provee elasticidad y el caucho sintético estabilidad térmica. Además del caucho contienen rellenos reforzantes o negro de humo, fibras textiles y de acero, plastificantes, azufre, antioxidantes para proveer durabilidad y adhesivos. (Castro, 2008).

7.3.2. Composición y características del neumático

Cada material utilizado en la fabricación del neumático cumple su función específica, cada agregado hace que las características cambien de acuerdo con la necesidad (Castro, 2008). La tabla II muestra las proporciones típicas de un neumático, donde cada uno aporta lo necesario para mejorar su funcionalidad.

En cuanto a la composición química, puede variar según el uso al que están destinados los neumáticos. Los porcentajes de las composiciones se realizan de acuerdo con el tipo de neumático deseado. Partiendo de la forma en que se fabrique el neumático, así mismo será su desempeño.

Tabla II. **Composición del neumático**

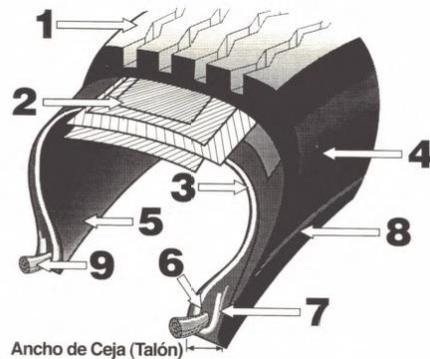
Componentes	Tipo vehículo		Función
	Automóviles % en peso	Camiones % en peso	
Cauchos	48	45	Estructural – deformación
Negro humo	22	22	Mejora oxidación
Óxido de zinc	1,2	2,1	Catalizador
Materia textil	5	0	Esqueleto estructural
Acero	15	25	Esqueleto estructural
Azufre	1	1	Vulcanización
Otros	12		Juventud

Fuente: Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*.

7.4. Partes del neumático

Es importante conocer las partes de los neumáticos para poder comprender e interpretar la nomenclatura. En la figura 2 se muestran las partes del neumático de construcción radial:

Figura 2. **Partes de neumático radial**



Fuente: Corazón, E. (2014). *Diseño de la investigación de la gestión de un programa de mantenimiento a llantas de flotas vehiculares aplicados desde centros de servicio automotrices.*

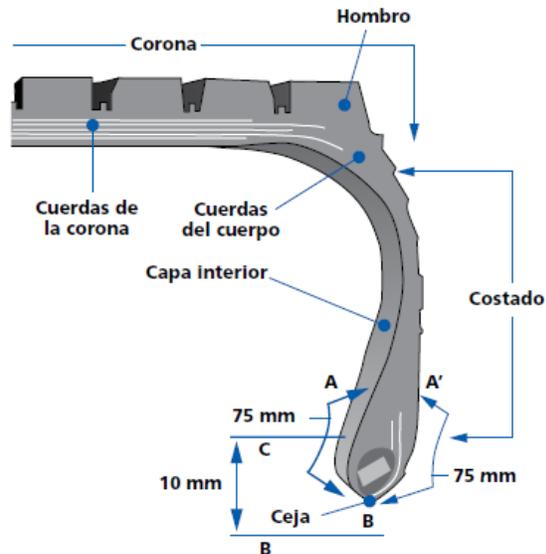
7.4.1. **Banda de rodadura**

La banda de rodadura es la parte que interactúa con la carretera, es la que soporta fuerzas de operación tales como: tracción, frenado y dirección. También se encarga de reducir la temperatura del neumático. Su diseño y composición química son importantes para determinar el desgaste. (Corazón, 2014).

Debe proporcionar tracción en mojado, seco, superficies frías y calientes, además debe proteger la carcasa o casco y la estructura interna, debe resistir la abrasión, desgarres, grietas, etc. (Moscoso, 2010).

La figura 3 muestra la sección de un neumático donde se detallan las partes que componen la banda de rodadura.

Figura 3. **Sección de banda de rodadura**



Fuente: Industrias Michelin. (2019). *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

7.4.1.1. **Bloques o corona**

Son los que generan la tracción y el frenado. Estos son segmentos que están sobre la banda de rodadura, de acuerdo a su aplicación así se define la figura que forman estos bloques. La altura de estos bloques es la que se mide para determinar el desgaste del neumático.

7.4.1.2. **Ranuras**

Son los espacios que existen entre los bloques y son las encargadas de evitar deslizamientos laterales y ayudan a drenar el agua que queda entre la calzada y el neumático. A la vez que forman la banda de rodadura, estos canales sirven para extraer el agua con superficie mojada.

7.4.1.3. Hombros

Se localizan en los costados de la banda de rodadura, mantienen la estabilidad. Esta parte de la banda de rodadura debe soportar las cargas transversales, cuando el tractocamión tiene algún defecto esta sección es una de las más afectadas con desgastes irregulares.

7.4.1.4. Cinturones o estabilizadores

Hacen que la banda de rodadura esté estable y protegen contra objetos extraños. Los estabilizadores mejoran capacidad de carga. (Moscoso, 2010). En su construcción son los que se encargan de darle resistencia al neumático.

7.4.1.5. Capa radial

La capa radial contiene el aire en el neumático junto con los cinturones. La capa radial transmite las fuerzas al aro. (The Maintenance Council, 1995). Los materiales van de extremo a extremo del neumático formando capas que fortalecen el neumático.

7.4.1.6. Ceja

Es la parte que se acopla con el aro, cables acerados forman un anillo formando la circunferencia del neumático. (Blanco, 2016). Es la parte más fuerte del neumático, debe ser capaz de soportar altas temperaturas provenientes del sistema de frenos y debe impedir un patinamiento entre el neumático y el aro, según el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*. (Industrias Michelin, 2019).

7.4.1.7. Pared

Es la parte que queda expuesta a la contaminación del camino, debe resistir agresiones que encuentre en la pista y resiste la flexión provocada por la carga. Esta sección muchas veces determina el fin de vida útil del neumático, ya que este queda lastimado después de sufrir algún impacto, imposibilitando realizarle una vitalización. (The Maintenance Council, 1995).

7.4.1.8. Carcasa o casco

Es la estructura formada por hilos de acero y caucho que dan la forma a los arcos. El casco es el que debe dar robustez estructural al neumático. El aprovechamiento de este casco dará una ventaja competitiva y ecológica, debido a que pueden ser reutilizados cuando se vitalizan.

7.5. Dimensiones de los neumáticos

Las dimensiones son las medidas que identifican y dan a conocer datos técnicos del neumático para su selección, como se ve en la figura 4.

7.5.1. Ancho de sección

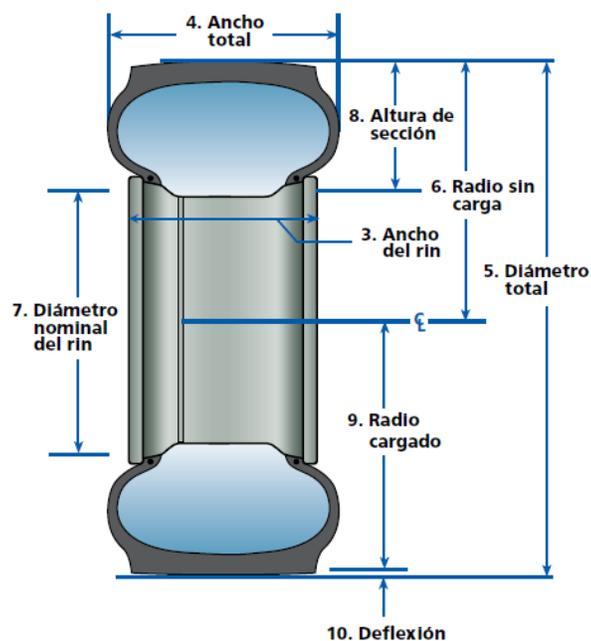
Es la medida que va de lado a lado de la sección del neumático. Cabe mencionar que esta medida es con el neumático descargado. Tal como se describe en el *Manual técnico de neumáticos Double Coin*. Esta medida es la distancia que hay entre las paredes laterales del neumático. Por ejemplo, la medida conocida para tractocamiones de 11R22.5 se encuentra en el sistema inglés y se refiere a un ancho de sección de 280mm (11”), la altura de sección es el 90% del ancho de sección; la R significa radial y el último número

significa la medida del rin en pulgadas 571.5mm (22.5”), según información detallada en el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

7.5.2. Altura de sección

Es la medida que va de la ceja a la banda de rodadura. La altura de sección define cuánto puede soportar de carga el neumático dependiendo de sus características y diseño, así como una mejora en la estabilidad cuanto más baja es esta medida.

Figura 4. Dimensiones en neumáticos



Fuente: Industrias Michelin. (2019). *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

7.5.3. Ancho de la banda de rodadura

Es medido de hombro a hombro del neumático. Ccoñas (2014) menciona que es la medida que tiene el dibujo de la rodadura, mientras más ancha, mayor estabilidad provee y más capacidad de carga tendrá el neumático. Es importante contar con el manual del fabricante para conocer las características de la banda, así como la medida.

7.5.4. Medidas del rin

El diámetro del rin es la medida de su circunferencia, el ancho del rin es la distancia del asiento que soporta la ceja del neumático de extremo a extremo, este concepto es explicado en el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

7.5.5. Diámetro del neumático

Es el diámetro tomando en cuenta la banda de rodadura, esta información es importante para establecer su capacidad y poder realizar gemelados cuando se necesite.

7.5.6. Deflexión del neumático

La deflexión del neumático es la diferencia de medidas entre el radio cargado y el radio descargado. Esta deflexión se origina en el lado del neumático que toca el asfalto y es provocada por la carga del tractocamión. Esta deflexión puede aumentar a mayor carga y menor presión.

7.6. Revoluciones por kilómetro

Las revoluciones por kilómetro (rpk) son el número de vueltas o revoluciones que un neumático da en un kilómetro, medido a 88 km/h con carga máxima, con la presión de inflado correspondiente y en una configuración dual o gemelado (Ccoñas, 2014). Las revoluciones por kilómetro también pueden determinarse con una ecuación matemática.

7.7. Factores que influyen en el rendimiento del neumático

En su investigación, menciona Blanco (2016) que a un neumático se le demandan cualidades, tales como:

- Resistencia al desgaste y cortes
- Adherencia
- Tracción
- Estabilidad
- Baja resistencia a la rodadura
- Que pueda vitalizarse
- Resistencia al calor
- Resistencia a la carga
- Resistencia a la velocidad

El neumático para utilizar será el que minimice los esfuerzos citados. Se debe encontrar la mejor configuración posible, ubicando los neumáticos de acuerdo a su construcción y diseño. Se deben cumplir condiciones en la operación para que las cualidades del neumático se mantengan.

Los neumáticos se deterioran debido a que se utilizan fuera de los límites de diseño, los siguientes parámetros son los más importantes a considerar en el rendimiento del neumático:

7.7.1. Presión de inflado correcta

De acuerdo con la investigación de Ccoñas, (2014), el inflado apropiado es el factor más importante en el cuidado de los neumáticos. La presión de inflado debe realizarse y revisarse con el neumático frío, esto para evitar mediciones erróneas.

Figura 5. **Presión de inflado correcto**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses*.

Existen tablas que indican cuál debe ser la presión correcta en los neumáticos, las cuales tienen relación con la carga que soporta.

La presión de inflado es de las acciones más importantes a considerar en el mantenimiento de neumáticos, un neumático apropiadamente inflado soportará la carga para la que fue diseñado y prolongará su vida útil. El monitoreo constante de la presión de inflado es uno de los factores que se tomarán en cuenta en la presente investigación. Una presión de inflado

correcta hará que la carga se distribuya uniformemente en la banda de rodadura, obteniendo una huella de contacto adecuada.

Tabla III. Cargas y presiones para neumáticos radiales

22.5"			kPa	480	520	550	590	620	660	690	720	760	790	830	830	900
			psi	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
255/70R22.5	*	Dual	kg	-	-	1800	1860	1940	2000	2020	2090	2120	2230	2300 (H)	-	-
		lbs	-	-	3970	4110	4275	4410	4455	4610	4675	4915	5070 (H)	-	-	
		Single	kg	-	-	1900	1980	2060	2120	2220	2300	2360	2450	2500 (H)	-	-
		lbs	-	-	4190	4370	4550	4675	4895	5065	5205	5400	5510 (H)	-	-	
275/70R22.5	**	Dual	kg	-	-	-	2070	2155	2265	2345	2424	2535	2615	2720	2795	2900 (J)
		lbs	-	-	-	4565	4750	4995	5170	5345	5590	5765	5995	6160	6395 (J)	
		Single	kg	-	-	-	2250	2340	2460	2550	2635	2750	2840	2955	3040	3150 (J)
		lbs	-	-	-	4960	5160	5420	5620	5810	6060	6260	6510	6700	6940 (J)	
275/80R22.5	**	Dual	kg	1860	1950	2060	2130	2220	2300	2390	2470	2575 (G)	2630	2800 (H)	-	-
		lbs	4095	4300	4540	4690	4885	5070	5260	5440	5675 (G)	5795	6175 (H)	-	-	
		Single	kg	2040	2140	2240	2340	2440	2500	2620	2710	2800 (G)	2890	3150 (H)	-	-
		lbs	4500	4725	4940	5155	5370	5510	5780	5980	6175 (G)	6370	6940 (H)	-	-	
295/60R22.5 900" wheel @ 65mph	**	Dual	kg	-	-	-	2187	2290	2392	2492	2592	2690	2787	2885	2970	3075 (J)
		lbs	-	-	-	4825	5050	5275	5495	5715	5930	6145	6360	6570	6780 (J)	
		Single	kg	-	-	-	2385	2495	2610	2715	2825	2930	3040	3145	3230	3350 (J)
		lbs	-	-	-	5260	5505	5750	5990	6230	6465	6700	6930	7160	7390 (J)	
295/60R22.5 900" wheel @ 75mph	**	Dual	kg	-	-	-	2187	2290	2392	2492	2592	2690	2787	2885	2970	3075 (J)
		lbs	-	-	-	4825	5050	5275	5495	5715	5930	6145	6360	6570	6780 (J)	
		Single	kg	-	-	-	2385	2495	2610	2715	2825	2930	3040	3145	3230	3350 (J)
		lbs	-	-	-	5260	5505	5750	5990	6230	6465	6700	6930	7160	7390 (J)	
295/75R22.5	*	Dual	kg	1860	1950	2060	2130	2220	2300	2390	2470	2575 (G)	2630	2800 (H)	-	-
		lbs	4095	4300	4540	4690	4885	5070	5260	5440	5675 (G)	5795	6175 (H)	-	-	
		Single	kg	2040	2140	2240	2340	2440	2500	2620	2710	2800 (G)	2890	3150 (H)	-	-
		lbs	4500	4725	4940	5155	5370	5510	5780	5980	6175 (G)	6370	6940 (H)	-	-	
295/80R22.5	**	Dual	kg	2050	2160	2260	2370	2500	2600	2700	2800	2910	3030	3150 (H)	-	-
		lbs	4530	4770	4990	5220	5510	5730	5950	6175	6415	6670	6945 (H)	-	-	
		Single	kg	2380	2500	2630	2740	2900	3020	3140	3250	3350	3450	3550 (H)	-	-
		lbs	5240	5520	5790	6040	6395	6650	6910	7160	7380	7600	7830 (H)	-	-	

Fuente: Continental. (2019). *Información técnica llantas para camión*. Recuperado de <https://blobs.continental-tires.com/www8/servlet/blob/847082/e5d189ae7b81a501beadf47d96b52810/informacion-tecnica-2016-data.pdf>

7.7.1.1. Baja presión o inflado insuficiente

La poca presión de aire es la razón principal del bajo rendimiento de un neumático. Si la presión está por debajo de lo requerido entonces aumentará la temperatura y los hombros se desgastarán irregularmente (Ccoñas, 2014).

Las llantas con presión por debajo de la recomendada llevan a un mayor consumo de combustible y que se desgasten más rápido, de acuerdo al *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

Figura 6. **Baja presión de inflado**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses.*

La investigación de Blanco hace referencia a que un inflado insuficiente provoca directamente un desgaste acelerado, por cada 10% de presión que se reduce aumenta el doble el porcentaje de desgaste.

7.7.1.2. **Sobrepresión**

Al contrario de la baja presión, un neumático con mayor presión que la recomendada forma un desgaste en el centro (Hinostraza, 2016).

Los neumáticos con presión superior a la recomendada reducen la adherencia y facilitan el surgimiento de daños por impacto, de acuerdo al *Manual técnico Michelin.*

Figura 7. **Sobrepresión de inflado**



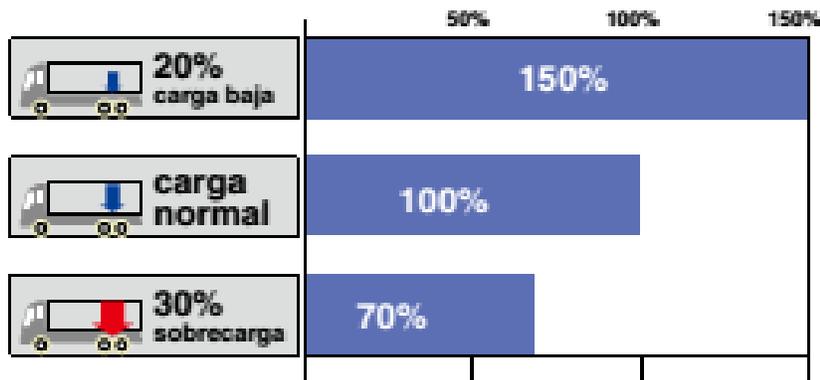
Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses.*

De acuerdo con Blanco (2016), un sobreinflado de un 10% reduce la duración del neumático en un 5%.

7.7.1.3. Sobrecarga

De acuerdo con la investigación de Blanco (2016), la sobrecarga provoca un desgaste prematuro en la banda de rodadura y un incremento en la flexión del neumático, aumentando la temperatura dentro de este. La sobrecarga se refiere a sobrepasar el límite de carga de un neumático y se puede identificar como una llanta con baja presión de inflado.

Figura 8. **Recorrido en porcentaje debido a sobrecarga**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses*.

7.7.2. Temperatura interna del neumático

La temperatura del aire dentro del neumático influye en la duración de este. Las razones por las que puede incrementar la temperatura dentro del neumático, según Blanco (2016), son:

- La acción de los frenos
- La baja presión de inflado o sobrecarga en el neumático

La temperatura elevada en el neumático puede propiciar un bajo rendimiento, la temperatura incrementa debido a acciones mecánicas del tractocamión o debido a sobrecarga o baja presión de inflado en el neumático.

Los frenos son mecanismos que pueden alcanzar temperaturas muy elevadas y ya que se encuentran muy cerca de los neumáticos transfieren este calor, sobre todo a las cejas del neumático. La alta temperatura en la ceja puede afectar drásticamente la vida útil del neumático, por este motivo los fabricantes sugieren realizar rotación de estos.

El calor degrada los compuestos del neumático, provocando fallas inmediatas o prematuras que afectarán en el futuro la capacidad de vitalizar.

Figura 9. **Efecto por sobrecalentamiento en ceja**



Fuente: Industrias Michelin. (2019). *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

7.7.3. Aplicación del neumático

La aplicación del neumático hace referencia a la carretera donde será empleado. De allí depende de qué manera será fabricado el neumático. Así mismo se determina la banda de rodadura y la instalación en el tractocamión.

De acuerdo con su aplicación, los neumáticos se clasifican de la siguiente manera:

7.7.3.1. Aplicación para uso urbano

El uso urbano generalmente se da en poblados o ciudades donde se cuente con carreteras pavimentadas, donde la carga a transportar es pequeña, generalmente son neumáticos para utilizarse en autobuses. (Yokohama, 2016). Este tipo de neumáticos debe soportar las continuas paradas y aceleraciones, típico de una ruta de un autobús o camión repartidor.

7.7.3.2. Aplicación para uso regional

La ubicación regional se refiere a las carreteras sinuosas donde exista asfalto o pavimento en buen estado. Los neumáticos de este segmento pueden alcanzar velocidades más altas que el segmento urbano y deben soportar mayores cargas. (Paucar y Tacuri, 2015).

7.7.3.3. Aplicación para uso en autopistas

La aplicación del neumático es en carreteras en un sentido por más de 300 kilómetros. El neumático se diseña para realizar recorridos de largas distancias. (Yokohama, 2016).

7.7.3.4. Aplicación para terracería

La construcción de estos neumáticos les permite soportar cargas mucho más elevadas, velocidades más bajas y son capaces de resistir agresiones del camino. Los neumáticos para terracería tienen una banda de rodadura más profunda y son de un caucho más duro que los empleados en asfalto. (Paucar y Tacuri, 2015).

7.7.4. Aplicación del neumático de acuerdo a su posición

En el tractocamión se localizarán los neumáticos de tracción y los de dirección, para cada posición existe un diseño apropiado de neumático, con ello se obtiene mejores resultados de desempeño. (Yokohama, 2016).

7.7.4.1. Neumáticos direccionales

El neumático direccional se emplea para ejes direccionales y no motrices. La banda de rodadura tiene surcos en forma lineal y en forma circunferencial, estas líneas son las que permiten a este neumático ser adecuado para el eje de dirección, ya que su función es la de soportar fuerzas transversales dirigiendo al tractocamión (Moscoso, 2010).

Figura 10. **Aplicación de neumáticos a ejes de dirección.**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses.*

7.7.4.2. Neumático para tracción

Los neumáticos de tracción se utilizan en los ejes que impulsan al vehículo, las ranuras se encuentran ubicadas transversalmente para obtener un empuje en sentido de la rotación. (Moscoso, 2010).

Figura 11. **Aplicación de neumáticos a ejes de tracción**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses.*

7.7.4.3. Neumáticos para ejes libres en remolques

Estos neumáticos tienen un diseño parecido o igual a los direccionales, a diferencia que su uso es solo para soportar carga y frenado. Algunos diseños de neumáticos son más livianos para mejorar su rendimiento.

Figura 12. **Aplicación de neumáticos a ejes libres**



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses*.

7.7.5. La construcción del neumático

Por su construcción los neumáticos se dividen en construcción convencional y construcción radial.

7.7.5.1. Neumático convencional

De acuerdo con Paredes, (2008), un neumático convencional consta de una estructura diagonal con capas textiles de nylon o rayón, cruzadas entre sí por una mezcla de caucho. Existe fricción entre las capas, la cual genera calor, este calor afecta el rendimiento del neumático. Esta construcción de la capa en forma de diagonales no permite un contacto adecuado con la carretera. Por estas razones estos neumáticos tienen un desgaste más elevado y menor adherencia.

7.7.5.2. Neumático radial

Paredes, (2008) menciona que la construcción de este tipo de neumático se basa en capas metálicas y textiles que van de una ceja a la otra. Esta construcción disminuye la fricción entre las capas. Por lo tanto, mejora la

adherencia y reduce el desgaste. Esta construcción es ventajosa, ya que se vuelve más resistente a los cortes y perforaciones.

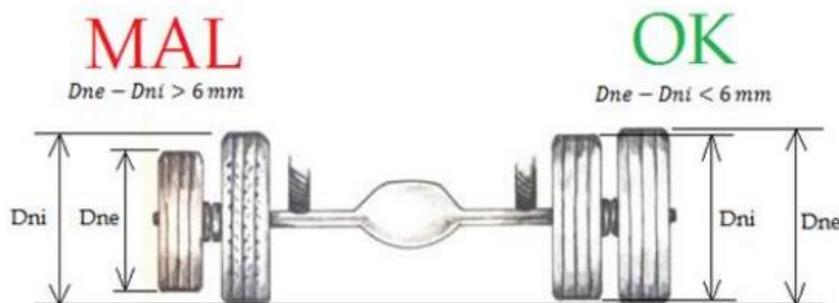
7.7.6. Configuración de neumáticos duales

Esta configuración consta de un par de neumáticos en un mismo lado de un eje de tracción o eje libre. Se realiza este montaje para aumentar la capacidad de carga y obteniendo más área de contacto.

7.7.6.1. Acoplamiento de neumáticos duales

Por motivos de seguridad los neumáticos instalados en forma dual deben ser del mismo diámetro, respetando ciertas tolerancias entre uno y otro (Paucar y Tacuri, 2015).

Figura 13. Diferencia de diámetros en neumáticos duales



Fuente: Paucar, B., Tacuri, L. (2015). *Estudio de las condiciones de desgaste que impiden su reencauche.*

También es importante que la distancia entre neumáticos duales sea la ideal, para así evitar rozamiento y facilitar una evacuación de calor. No se pueden realizar combinaciones entre neumáticos convencionales y radiales. También se debe evitar utilizar neumáticos en configuración dual con anchos

de banda diferente. Si los neumáticos no son compatibles pueden ocasionar desgastes irregulares y fallas prematuras.

Figura 14. **Acoplamiento de neumáticos duales**



Fuente: Double Coin. (2019). *Libro de datos y referencias de neumáticos para camiones*. Recuperado de <https://www.doublecointires.com/wp-content/uploads/Double-Coin-TBR-Data-Book-Spanish.pdf>

7.7.6.2. **Espaciado de neumáticos duales**

Debe existir un espacio apropiado entre neumáticos, con la finalidad de mantener una adecuada distribución de cargas. El espaciado entre neumáticos duales viene indicado por la tabla:

Tabla IV. **Anchos de neumático y espacio mínimo para acoplamientos duales**

TAMAÑO DEL NEUMÁTICO	ANCHO DE LLANTA APROBADO	ESPACIADO MÍNIMO PARA UNIDADES DUALES*
TIPO DE CÁMARA		
11.00R24	8.5, 8.50VM, 8.0, 7.5	13.2
12.00R24	9.0, 8.5, 8.50VM, 8.0	14.1
SIN CÁMARA		
9R17.5HC	6.75HC	10.3
215/75R17.5	6.00HC, 6.75HC	9.3
245/70R17.5	6.75, 7.50	10.6
8R19.5	5.25, 6.00 , 6.00RW, 6.75, 6.75RW	9.1
9R22.5	6.00, 6.75 , 7.50	10.3
10R22.5	6.75, 7.50 , 8.25	11.4
11R22.5	7.50, 8.25	12.5
12R22.5	8.25, 9.00	13.5
225/70R19.5	6.00, 6.00RW, 6.75 , 6.75RW	10.0
245/70R19.5	6.75, 6.75RW, 7.50 , 7.50RW	11.0
265/70R19.5	7.50 , 7.50RW, 8.25, 8.25RW	11.6
285/70R19.5	7.50, 8.25 , 9.00	12.5
305/70R19.5	9.00 , 8.25, 8.25RW	13.5
445/65R19.5	13.00 , 14.00	N/A
245/75R22.5	6.75, 7.50	11.0
255/70R22.5	7.50 , 8.25	11.3
265/75R22.5	7.50 , 8.25	11.6
275/70R22.5	7.50, 8.25 , 9.00	12.2
295/80R22.5	8.25 , 9.00	13.2
295/75R22.5	8.25 , 9.00	13.2
315/80R22.5†	8.25, 9.00, 9.75	13.8
385/65R22.5	11.75 , 12.25	N/A
425/65R22.5	11.75, 12.25 , 13.00	N/A
445/50R22.5	14.00	N/A
445/65R22.5	13.00 , 12.25, 14.00	N/A
11R24.5	7.50, 8.25	12.5
12R24.5	8.25 , 9.00	13.5
285/75R24.5	8.25	12.5

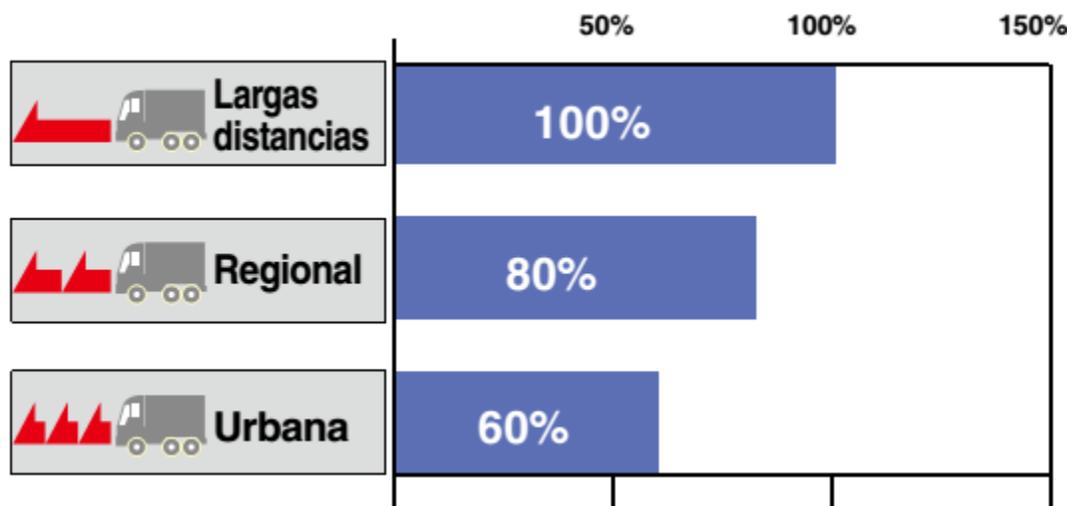
Fuente: Double Coin. (2019). *Libro de datos y referencias de neumáticos para camiones*. Recuperado de <https://www.doublecointires.com/wp-content/uploads/Double-Coin-TBR-Data-Book-Spanish.pdf>

7.7.7. Conducción del tractocamión

La manera en que se conduzca el tractocamión influirá en el rendimiento del neumático. Las siguientes acciones ocasionarán un desgaste prematuro en los neumáticos, según Paredes (2008):

- Frenazos bruscos
- Aceleraciones
- Manejo a alta velocidad, sobre todo en curvas
- Patinazo o deslizamiento de la rueda de tracción
- Golpes o cortes

Figura 15. Índice de durabilidad en porcentaje



Fuente: Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses*.

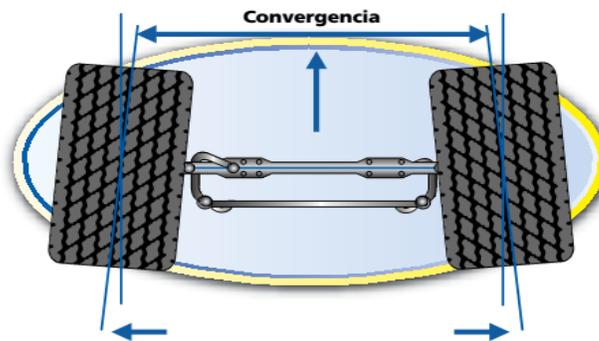
7.7.8. Problemas en los sistemas mecánicos del tractocamión

El mal estado mecánico del tractocamión influirá en el rendimiento del neumático. La variación en la geometría del vehículo está ligada a la alineación, pues ocasiona desgaste en la banda de rodadura. (Paucar y Tacuri, 2015). La conducción del tractocamión debe seguir una trayectoria que permita desplazarse sin ninguna corrección por parte del operador.

7.7.8.1. Convergencia y divergencia

Es la principal causa de desgaste relacionada con la alineación. La distancia entre la parte posterior de los neumáticos direccionales y la distancia entre la parte frontal de estos mismos neumáticos darán como resultado una convergencia o divergencia. Un resultado negativo corresponde a una divergencia y un resultado positivo a una convergencia, según el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

Figura 16. **Convergencia en neumáticos direccionales**

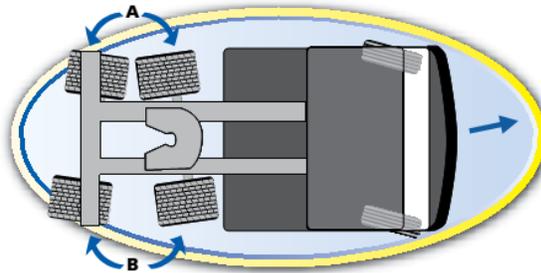


Fuente: Industrias Michelin. (2019). *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

7.7.8.2. Desvío del eje de tracción

Afecta a los neumáticos de dirección, de tracción y del remolque. Este desvío de ejes se refiere al paralelismo que existe entre los ejes. Cuando no se encuentran paralelos el tractocamión intenta jalar en la dirección en la que los ejes están más cerca uno del otro. La distancia máxima tolerable será de 3.2 mm entre los ejes.

Figura 17. **Desalineación en ejes posteriores**

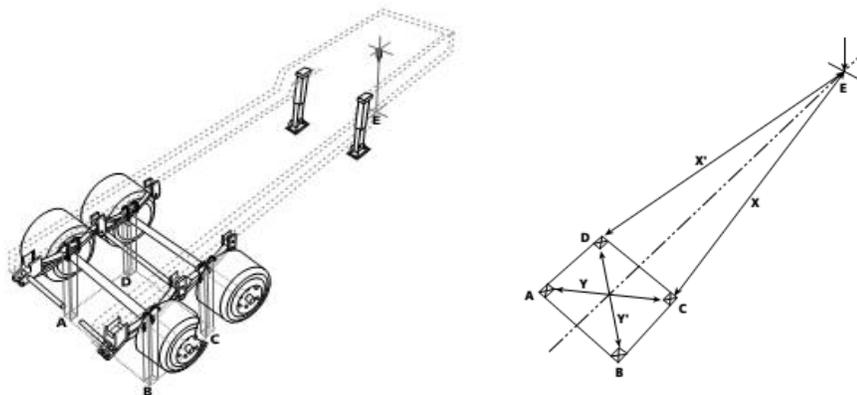


Fuente: Industrias Michelin. (2019). *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

7.7.8.3. **Alineación de remolques**

Cuando un tractocamión tira de un remolque desalineado, este provoca un desgaste irregular en las llantas direccionales, ya que el operador controla la dirección en todo momento. De acuerdo con el *Manual de llantas Michelin* la diferencia entre extremos de eje, es decir, el paralelismo entre ejes, debe ser menor a 1.5 mm y entre ejes menor a 3 mm.

Figura 18. **Alineación de remolque**



Fuente: Industrias Michelin. *Manual Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf.

La alineación del tractocamión debe realizarse a determinado período para mantener la estabilidad y prolongar la vida del neumático. El remolque es un equipo que, si está desalineado, tendrá una incidencia fuerte en el tractocamión. Los equipos que sirven para realizar alineaciones generalmente tienen preestablecidos los parámetros de las tolerancias de cada medida.

7.7.9. Balanceo de aro y neumático

Las vibraciones en los neumáticos también serán motivo de disminución en el rendimiento kilométrico. Son la mayor razón por la que ocurren vibraciones en los neumáticos armados y por un montaje incorrecto. Este se da cuando la ceja del neumático no asienta en el aro. Para realizar el balanceo debe emplearse un equipo especial.

7.7.10. Mantenimiento de sistema de dirección y frenos

Se debe prestar atención a los sistemas mecánicos, ya que estos pueden afectar al rendimiento de los neumáticos. El sistema de frenos debe ser eficiente, ya que unos frenos defectuosos harán que se calienten excesivamente provocando daño en los neumáticos. (Blanco, 2016). Deben contar con los sistemas articulados de suspensión y dirección en buenas condiciones.

7.7.11. Estado de las carreteras

Según Paredes (2008), el perfil de las pistas, la forma y el trazado de las curvas, así como las pendientes, tienen incidencia en el rendimiento de los neumáticos. El mantenimiento de la calzada y la limpieza de las áreas de carga favorecen el rendimiento de los neumáticos.

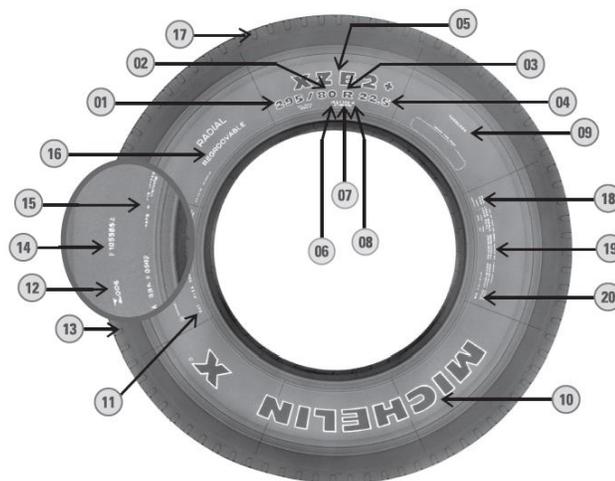
De acuerdo con Hurtado (2017), existen valores de coeficiente de fricción más altos en algunos neumáticos que otros, esto por los elastómeros con que se fabrica el neumático.

7.8. Nomenclatura del neumático

Son especificaciones universales que indican las características propias de cada neumático. En el casco los neumáticos traen impresa información importante que sirve para conocer las capacidades, medidas, aplicaciones y datos de fabricación.

En la figura 19 se muestra la cara de un neumático con las indicaciones de la nomenclatura que trae impresa:

Figura 19. Marcaciones sobre una llanta



Fuente: Industrias Michelin. (2009). *Folleto al usuario. Información de uso de un neumático Michelin*. Recuperado de <https://camiones-omnibus.michelin.com.co/docroot/michelin/br/pdf/MANUAL-TECNICO-LLANTAS-COLOMBIA-PL.pdf>.

7.8.1. Ancho de sección nominal del neumático

Puede estar en milímetros o pulgadas. La medida 295/80R22.5 está describiendo un ancho de sección de 295mm, se identifica por el primer número antes de la diagonal.

Por ejemplo, una medida 11R22.5 está describiendo un ancho de sección de 280mm (11 pulgadas) y en el sistema inglés coincide con el número que está antes de la letra, según el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

7.8.2. Serie del neumático

La serie del neumático indica la relación que existe entre el ancho de sección y la altura. Está dada en porcentaje.

7.8.3. Tipo de construcción del neumático

Básicamente existen dos tipos de construcción: convencional y radial. La construcción convencional se construye con capas radiales posicionadas en forma diagonal, su ventaja es que es bastante resistente, pero como desventaja la banda de rodadura no pega perfectamente con el suelo (Ccoñas, 2014). Se puede determinar que es convencional cuando no trae letra después de la serie del neumático o del ancho de sección.

La construcción radial se construye con cinturones de acero que van de lado a lado del neumático en una forma de óvalos, la ventaja que tiene este neumático es que no existe un rozamiento entre capas diagonales dándole

mayor vida útil (Ccoñas, 2014). La letra R en la nomenclatura indica que es un neumático de construcción radial.

7.8.4. Diámetro nominal del rin

En la nomenclatura la medida 295R22.5 indica un diámetro de rin de 57.15mm (22.5”), según el *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*.

7.8.5. Figura de la banda de rodadura

El diseño de la banda de rodadura depende del fabricante, cada uno nombra su diseño. De acuerdo con Blanco (2016), existen diferentes tipos de dibujo, el cual va definiendo la aplicación apropiada para cada forma. Esta forma mejora el rendimiento del neumático si su aplicación es la correcta.

Tal como lo describe el *Manual técnico de información de uso de un neumático Michelin* (2009), los neumáticos tienen una capacidad de carga, para conocer la cual se debe consultar una tabla que indica la capacidad en kilogramos.

Tabla V. **Índice de carga para neumáticos de tractocamiones**

Índ./Kg	Índ./Kg	Índ./Kg	Índ./Kg	Índ./Kg	Índ./Kg	Índ./Kg
70-335	88-560	106-950	124-1600	142-2650	160-4500	178-7500
71-345	89-580	107-975	125-1650	143-2725	161-4625	179-7750
72-355	90-600	108-1000	126-1700	144-2800	162-4750	180-8000
73-365	91-615	109-1030	127-1750	145-2900	163-4875	181-8250
74-375	92-630	110-1060	128-1800	146-3000	164-5000	182-8500
75-387	93-650	111-1090	129-1850	147-3075	165-5150	183-8750
76-400	94-670	112-1120	130-1900	148-3150	166-5300	184-9000
77-412	95-690	113-1150	131-1950	149-3250	167-5450	185-9250
78-425	96-710	114-1180	132-2000	150-3350	168-5600	186-9500
79-437	97-730	115-1215	133-2060	151-3450	169-5800	187-9750
80-450	98-750	116-1250	134-2120	152-3550	170-6000	188-10000
81-462	99-775	117-1285	135-2180	153-3650	171-6150	189-10300
82-475	100-800	118-1320	136-2240	154-3750	172-6300	190-10600
83-487	101-825	119-1360	137-2300	155-3850	173-6500	191-10900
84-500	102-850	120-1400	138-2360	156-4000	174-6700	
85-515	103-875	121-1450	139-2430	157-4125	175-6900	
86-530	104-900	122-1500	140-2500	158-4250	176-7100	
87-545	105-925	123-1550	141-2575	159-4375	177-7300	

Fuente: Industrias Michelin. (2009). *Folleto al usuario. Información de uso de un neumático Michelin*. Recuperado de <https://camiones-omnibus.michelin.com.co/docroot/michelin/br/pdf/MANUAL-TECNICO-LLANTAS-COLOMBIA-PL.pdf>.

7.8.6. Índice de capacidad de carga dual

Existen tablas que proporcionan los fabricantes para conocer la capacidad de carga en configuración dual. Los neumáticos tienen impresa la capacidad de carga tanto en montaje simple como en dual. Con un montaje gemelado, el índice de carga será menor por neumático, debido a un factor de seguridad. El gemelado tiene tolerancias en sus diámetros totales que no puede superar un neumático respecto a otro.

7.8.7. Índice de velocidad

La velocidad máxima recomendada para un neumático está escrita en su cara. Se identifica con una letra y debe consultarse una tabla (tabla 3) para conocer el valor.

Tabla VI. **Códigos de velocidad para neumáticos**

<i>Índice</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>
<i>Km/h</i>	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
<i>Índice</i>	<i>R</i>	<i>S</i>	<i>T</i>	<i>H</i>	<i>V</i>	<i>W</i>	<i>Y</i>	<i>VR</i>	<i>ZR</i>	
<i>Km/h</i>	170	180	190	210	240	270	300	>210	>240	

Fuente: Industrias Michelin. (2009). *Folleto al usuario. Información de uso de un neumático Michelin*. Recuperado de <https://camiones-omnibus.michelin.com.co/docroot/michelin/br/pdf/MANUAL-TECNICO-LLANTAS-COLOMBIA-PL.pdf>.

7.8.8. Utilización de tubo

Esta especificación viene impresa en la pared e indica si el neumático debe o no usar tubo. A estos neumáticos se les conoce como neumáticos con cámara. Esta tecnología ha estado evolucionando, ya que esta cámara o tubo está propensa a fallas en el camino.

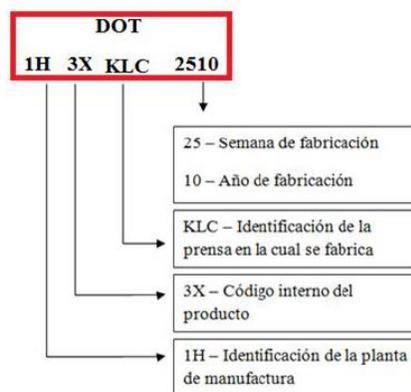
7.8.9. Nombre del fabricante

El nombre del fabricante o la marca del neumático vienen escritos de una forma bastante visible y permiten que el neumático sea identificado fácilmente.

7.8.10. Indicación DOT

Por sus siglas en inglés significa US Department of Transportation. El DOT indica el lugar y fecha de fabricación, los últimos dígitos especifican el número de semana y año en que el neumático fue construido.

Figura 20. Descripción de DOT



Fuente: Paucar, B., Tacuri, L. (2015). *Estudio de las condiciones que generan un desgaste anormal de los neumáticos radiales para vehículos pesados que impiden su reutilización como base para reencauche.*

7.8.11. Indicador de desgaste

El indicador de desgaste no es más que una marca impresa en el costado del neumático, que cuando el desgaste alcanza esta marca deja en forma visible la indicación de profundidad límite.

7.8.12. País de fabricación

El país de construcción es el lugar de donde proviene y donde fue elaborado el neumático. Es importante el origen para cuando se hacen

mediciones de rendimiento y también se puede tener una idea de la calidad del producto que se comercializa.

7.8.13. Remarcado de la banda de rodadura

Existen neumáticos a los que se les puede remarcar la banda de rodadura con una herramienta especial, profundizando las ranuras para conseguir más kilómetros de uso. Esta opción viene indicada en el casco del neumático.

7.9. Vitalización

La vitalización consiste en reutilizar un neumático usado, cambiando la banda de rodadura por una nueva. La banda de rodadura nueva que se instala depende de la aplicación que se desea. (Paucar y Tacuri, 2015).

Según Moscoso (2010) para realizar la vitalización se realizan los siguientes pasos:

- Inspección inicial
- Raspado de la banda de rodadura
- Reparación de neumático
- Cementado
- Corte de banda a medida
- Instalación de banda de rodadura
- Vulcanización
- Evaluación de vitalización

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

1.1 Conceptos de mantenimiento preventivo

1.2 Conceptos básicos

1.2.1 Definición de tractocamión

1.2.2 Configuración de tren motriz

1.2.3 Configuración electrónica

1.3 Definición de neumáticos

1.3.1 Materiales de construcción del neumático

1.3.2 Composición y características del neumático

1.4 Partes del neumático

1.4.1 Banda de rodadura

1.4.1.1 Bloques de corona

1.4.1.2 Ranuras

1.4.1.3 Hombros

1.4.1.4 Cinturones o estabilizadores

- 1.4.1.5 Capa radia
- 1.4.1.6 Ceja
- 1.4.1.7 Pared
- 1.4.1.8 Carcasa o casco

1.5 Dimensiones de los neumáticos

- 1.5.1 Ancho de sección
- 1.5.2 Altura de sección
- 1.5.3 Ancho de la banda de rodadura
- 1.5.4 Medidas del rin
- 1.5.5 Diámetro del neumático
- 1.5.7 Deflexión del neumático

1.6 Revoluciones por kilómetro

1.7 Factores que influyen en la duración del neumático

- 1.7.1 Presión de inflado correcta
 - 1.7.1.1 Baja presión o inflado insuficiente
 - 1.7.1.2 Sobrepresión
 - 1.7.1.3 Sobrecarga
- 1.7.2 Temperatura interna del neumático
- 1.7.3 Aplicación del neumático según su uso
 - 1.7.3.1 Aplicación para uso urbano
 - 1.7.3.2 Aplicación para uso regional
 - 1.7.3.3 Aplicación para uso en autopistas
 - 1.7.3.4 Aplicación para terracería
- 1.7.4 Aplicación del neumático de acuerdo a su posición
 - 1.7.4.1 Neumático direccional
 - 1.7.4.2 Neumático para tracción
 - 1.7.4.3 Neumático para ejes libres en remolques
- 1.7.5 La construcción del neumático
 - 1.7.5.1 Neumático convencional

- 1.7.5.2 Neumático radial
- 1.7.6 Configuración de neumáticos duales
 - 1.7.6.1 Acoplamiento de neumáticos duales
 - 1.7.6.2 Espaciado de neumáticos duales
- 1.7.7 Conducción del tractocamión
- 1.7.8 Problemas en los sistemas mecánicos del tractocamión
 - 1.7.8.1 Convergencia y divergencia
 - 1.7.8.2 Desvío del eje de tracción
 - 1.7.8.3 Alineación del remolque
- 1.7.9 Balanceo del aro y neumático
- 1.7.10 Mantenimiento de sistema de dirección y frenos
- 1.7.11 Estado de las carreteras
- 1.8 Nomenclatura del neumático
 - 1.8.1 Ancho de sección nominal del neumático
 - 1.8.2 Serie del neumático
 - 1.8.3 Tipo de construcción del neumático
 - 1.8.4 Diámetro nominal del rin
 - 1.8.5 Figura de la banda de rodamiento
 - 1.8.6 Índice de capacidad de carga en montaje simple
 - 1.8.7 Índice de capacidad de carga dual
 - 1.8.8 Índice de velocidad
 - 1.8.9 Utilización de tubo
 - 1.8.10 Nombre del fabricante
 - 1.8.11 Indicación DOT
 - 1.8.12 Indicador de desgaste
 - 1.8.13 País de fabricación
 - 1.8.14 Remarcado de la banda de rodadura
- 1.9 Vitalización

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
DISCUSIÓN DE RESULTADOS
CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
BIBLIOGRAFÍA

9. MARCO METODOLÓGICO

9.1. Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación se identifica como estudio mixto debido a sus características: cuantitativo porque se utilizará la medición de variables para el control de desgaste de los neumáticos y la evaluación de su comportamiento; cualitativo debido a que se emplearán manuales técnicos, información de investigaciones de tesis y revisiones documentales al elaborar el marco teórico y antecedentes del problema.

9.2. Diseño de la investigación

El presente documento se identifica como un diseño no experimental porque no se manipularán datos ni variables en un laboratorio para determinar información a ser utilizada en la investigación. Los datos serán recolectados utilizando herramientas de medición de profundidades para poder analizarlos y mejorar los puntos en el proyecto planteado.

9.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptivo, debido a que se pretende responder cuestionamientos partiendo del análisis de los procesos actuales. Luego se registrarán datos y se observarán las variables propuestas, a continuación se analizarán los cambios de las variables, obteniendo información que servirá para diseñar un plan de mantenimiento para maximizar el rendimiento kilométrico de los neumáticos de la flota de tractocamiones.

9.4. Método de análisis de investigación

Para la obtención de datos se realizarán tomas físicas y se llenará el formato específico, se seguirá el plan de mantenimiento para neumáticos y partes mecánicas de dirección, suspensión y frenos, para luego obtener datos que podrán ser comparados con los datos actuales.

9.5. Método de interacción

La información la obtendrán dos personas dedicadas a toma de datos y validación de medidas de manera física. Una persona será la encargada de transcribir la información a un archivo en el software Microsoft Excel ®. Una persona más será la encargada de monitorear y validar la información, así como de llevar el seguimiento de los datos y análisis de la información.

Se utilizará papel, lapiceros, dos computadoras de escritorio, herramientas de medición, equipo y herramienta para realizar el mantenimiento de neumáticos y vehículo para movilizarse en caso se requiera hacer mediciones en lugares alejados de la dirección de la empresa. Se hará una proyección aritmética en la que se estimará la duración de los neumáticos con base en una tendencia de desgaste.

9.6. Variables de la investigación

Tipos de variables que muestra la forma de medición y causa-efecto de los objetivos de la presente investigación:

Tabla VII. **Variables e indicadores**

Objetivos	Variable	Tipo de Variable	Indicador	Plan de tabulación
Determinar el método que se utiliza para realizar el mantenimiento de neumáticos en la empresa.	Método a la fecha.	Independiente/ Cualitativa Nominal.	Método que se tiene a la fecha para mantenimiento de neumáticos.	Observación y entrevista.
Establecer las causas que afectan el rendimiento kilométrico en neumáticos de tractocamiones de la empresa.	Participación de causas de bajo rendimiento kilométrico.	Independiente/ Cualitativa Nominal.	Comparación de los resultados obtenidos de los análisis y propuesta de mejora en el rendimiento.	
Definir las variables de control para estandarizar los procedimientos de mantenimiento, para aumentar el rendimiento kilométrico de los neumáticos.	Mejora en el rendimiento kilométrico.	Independiente/ Cuantitativa Continua.	Interpretación de los resultados obtenidos del análisis y propuesta de mejora del plan de mantenimiento de neumáticos.	La tabulación se llevará a cabo por medio de una matriz de análisis.

Fuente: elaboración propia.

9.7. Fases de la metodología a aplicar

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación se llevará a cabo de la manera siguiente:

9.7.1. Fase 1: recopilación de información

En esta fase se realiza la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes del problema y marco teórico.

9.7.2. Fase 2: descripción del plan de mantenimiento actual

Para cumplir con el primer objetivo, se realiza la recolección de información referente al plan de mantenimiento que a la fecha de elaboración de esta investigación emplea la empresa. Se incluirán los datos históricos recopilados, entrevista con supervisor de área de neumáticos, así como a auxiliares encargados de tabulación de datos y técnicos involucrados. Se obtendrá la línea de referencia y las causas o falencias en el plan de mantenimiento para neumáticos de tractocamiones.

9.7.3. Fase 3: identificación de las causas que afectan el rendimiento kilométrico de los neumáticos

Inicialmente se obtendrán mediciones y se tendrá el control de todas las actividades que se le realicen al neumático y a las partes mecánicas que intervienen en su funcionamiento. La información generada será archivada en forma matricial en un archivo del software Microsoft Excel®, se realizará un análisis de las variables relacionadas a la investigación y se determinarán las causas raíz de las desviaciones de las variables.

De este análisis se podrá concluir en tendencias de desgaste que dan a conocer el estimado de durabilidad de un neumático.

Para enriquecer las conclusiones del análisis, se involucrará al personal relacionado a la operación, para determinar causas que afectan el rendimiento kilométrico de los neumáticos y se evaluarán las mejoras en el plan de mantenimiento.

9.7.4. Fase 4: preparación y presentación del informe final

En esta fase se diseñará el plan de mantenimiento que se adecue a neumáticos para tractocamiones y a componentes mecánicos que interactúen con ellos para la maximización del rendimiento kilométrico, utilizando los datos obtenidos anteriormente. En esta parte se determinan los procesos de mejora necesarios para aumentar el rendimiento kilométrico de los neumáticos de los tractocamiones de la empresa de transporte pesado.

9.8. Resultados esperados

El resultado esperado es establecer la base teórica, como primera instancia, para desarrollar el trabajo de investigación. También se espera determinar las causas que afectan el rendimiento kilométrico de los neumáticos. Así mismo, se espera definir las variables de control para estandarizar los procesos de mantenimiento preventivo que mejoren el rendimiento kilométrico de los neumáticos de los tractocamiones, cumpliendo a su vez un papel ecológico al disponer menos neumáticos como desechos, reduciendo la contaminación. Finalmente, se espera obtener el reporte final del trabajo de investigación con base en lo establecido por la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

Se calcula el tamaño de la muestra aleatoria con una población de 450 neumáticos.

Tabla VIII. **Fórmula para muestra poblacional**

Tipo de indicador	Servicios	¿Qué mide?
Tamaño de muestra	Área de mantenimiento	La muestra representativa para realizar el análisis de la gestión actual
$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q}$ $n = \frac{450 \times (1.96)^2 \times 0.96 \times 0.04}{(0.05)^2 \times (450 - 1) + (1.96)^2 \times 0.96 \times 0.04} = 77$		

Fuente: elaboración propia.

La información obtenida será tabulada y analizada utilizando la herramienta Microsoft Excel®, empleando el formato del anexo I. El análisis se realizará a través de tablas dinámicas y gráficas.

Las herramientas metodológicas a emplear serán encuestas para técnicos involucrados, supervisores y auxiliares, con el fin de obtener mejoras y enriquecer el diseño del plan de mantenimiento. También será utilizado el formato de estudio general de neumáticos de la figura 21, con el cual se analizarán los resultados obtenidos para identificar las variables a controlar.

Figura 21. **Formato de estudio general de neumáticos**

ESTUDIO GENERAL DE NEUMATICOS
 Flota de tracto camiones
 Proyecto incremento rendimiento kilométrico

El presente documento recopila información de desgaste y estado de los neumáticos de tracto camiones.

Fecha _____ Evaluador _____
 Unidad _____ Km _____

Posición de neumático	Número de neumático	Profundidad 32 avos	Medida	Marca	Diseño	Cantidad de vitalizaciones	Diseño de Banda vitalizada	Estado de Casco	Anotaciones de desgaste
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

VcBo. _____ Investigador _____ Supervisor de taller _____

Fuente: elaboración propia.

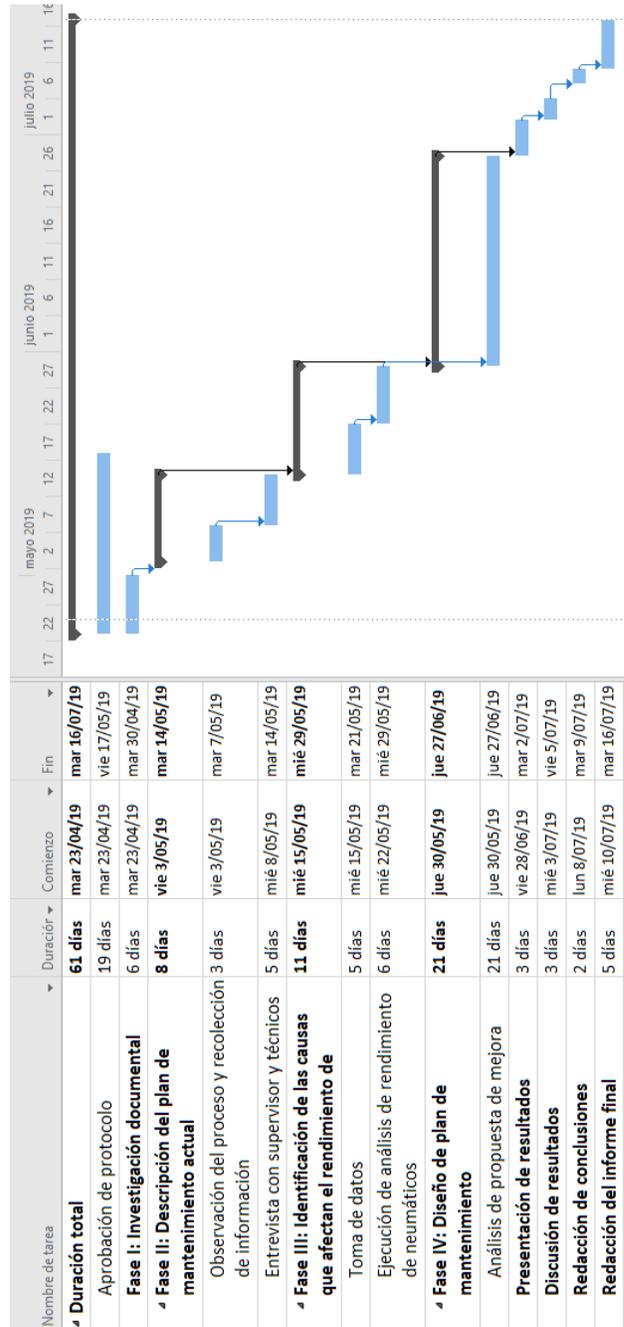
10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas a utilizar para el procesamiento y análisis de la información son:

- Técnicas de estadística descriptiva en la recolección y observación de información, recopilación de datos tomados en campo y entrevistas, todo ello para obtener los datos del mantenimiento que actualmente se les realiza a los neumáticos.
- Se emplearán tablas que recolectarán información de la observación y medición de parámetros de los neumáticos a realizarse en campo, empleando el formato del anexo I sobre estudio de neumáticos, para tabular los datos obtenidos.
- Se utilizarán gráficos de control para analizar e interpretar los resultados obtenidos del estudio de neumáticos, con el propósito de caracterizar el comportamiento de las variables, y con base en la documentación se podrá realizar la mejora en el plan de mantenimiento.
- El investigador utilizará la ofimática para analizar en el tiempo las mediciones tomadas, para determinar el comportamiento del desgaste de los neumáticos y conocer la proyección de kilómetros que podrá recorrer.
- En el análisis de la investigación se realizarán encuestas con el supervisor del área de neumáticos, a auxiliares encargados de tabulación de datos y técnicos involucrados, para validar la información y obtener mejoras en el diseño del plan de mantenimiento para neumáticos.

11. CRONOGRAMA

Tabla IX. Cronograma de trabajo



Fuente: elaboración propia.

12. RECURSOS NECESARIOS Y FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación es factible debido a que se cuenta con los recursos necesarios para ejecutar cada una de las fases presentes y cumplir con los objetivos propuestos.

La empresa de transporte pesado autoriza la ejecución del presente trabajo de investigación, proporcionando los siguientes recursos:

- Humano: personal técnico y supervisor del área de neumáticos para las tareas requeridas en la investigación.
- Tecnológico: alineadora digital, balanceadora de neumáticos de uso pesado, desarmadora de neumáticos de uso pesado y herramienta necesaria.
- Información: acceso a la información respetando los derechos de propiedad.
- Equipo e infraestructura: ubicaciones disponibles, tractocamiones, herramienta, equipo de protección personal y equipo de cómputo que son necesarios para la realización de la investigación.

El recurso financiero necesario para la investigación será aportado por el investigador. A continuación se presenta el presupuesto:

Tabla X. **Presupuesto de la investigación**

No.	Recurso	Descripción del gasto	Monto	Porcentaje
1	Humano	Tiempo del investigador	Q 7,500.00	48%
2	Humano	Asesor	Q 2,500.00	16%
3	Material	Papelería y útiles	Q 1,800.00	11%
5	Transporte	Transporte	Q 1,500.00	10%
6	Tecnológico	Internet	Q 800.00	5%
8	Otros	Imprevistos	Q 750.00	5%
7	Alimentación	Alimentación	Q 500.00	3%
4	Material	Equipo de protección personal	Q 250.00	2%
Total			Q 15,600.00	100%

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Batz, B. (2013). *Diseño de un sistema de costos estándar de una empresa reencauchadora de llantas para transporte pesado*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
2. Blanco, J. (2016). *Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Toromocho-Chinalco Perú*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
3. Campos, J. (2008). *Seguimiento y comparación del comportamiento de tramos con mezcla drenante, según zona geográfica y condiciones locales*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Santiago, Chile.
4. Ccoñas, J. (2014). *Control de desgaste de neumáticos para reducir costos de operación en volquetes FAW-360-Empresa ICCGSA-QUINUA I-AYACUCHO*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
5. Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Recuperado de <http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/>

Material_Complementario_Materiales_y_Compuestos_para_la_Industria_del_Neumatico.pdf

6. Continental (2019). *Información técnica llantas para camión*. Recuperado de <https://blobs.continental-tires.com/www8/servlet/blob/847082/e5d189ae7b81a501beadf47d96b52810/informacion-tecnica-2016-data.pdf>
7. Corazón, E. (2014). *Diseño de la investigación de la gestión de un programa de mantenimiento a llantas de flotas vehiculares aplicados desde centros de servicio automotrices*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.
8. Dirección de Transporte Conae. (2019). *Manual de información técnica de neumáticos*. Recuperado de http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf
9. Double Coin. (2019). *Libro de datos y referencias de neumáticos para camiones*. Recuperado de <https://www.doublecointires.com/wp-content/uploads/Double-Coin-TBR-Data-Book-Spanish.pdf>
10. Duffuaa; et al. (2000). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. México, D.F.: Limusa, S.A. De C.V.
11. García, S. (2010). *Organización y gestión industrial de mantenimiento*. Madrid, España: Díaz de Santos, S.A.

12. Huaman, N. (2011). *La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*. (Tesis de maestría). Facultad de Ingeniería Civil, sección de postgrado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
13. Hurtado, A. (2017). *Estudio del coeficiente de fricción en asfalto con presencia de hielo y arena empleando el péndulo deslizante*. (Tesis de maestría). Sección de estudios de postgrado e investigación de Instituto Politécnico Nacional. México, México.
14. Industrias Michelin. (2009) Información de uso de un *neumático Michelin*. Recuperado de <https://camiones-omnibus.michelin.com.co/docroot/michelin/br/pdf/MANUAL-TECNICO-LLANTAS-COLOMBIA-PL.pdf>
15. Industrias Michelin México S.A. De C.V. (2018). *Manual de servicio para llanta de camión Michelin X One*. Recuperado de https://michelinb2b.com.mx/my_documents/201392417176.pdf
16. Moscoso, F. (2010). *Manual de especificaciones técnicas y estándares de trabajo para el rencauche de neumáticos*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
17. Paredes, C. (2008). *Eficiencia en tiempo de vida de neumáticos con relación a rotación de posiciones uno y dos en volquetes Komatsu 930 E-3*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería

Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

18. Paucar, B., Tacuri, L. (2015). *Estudio de las condiciones que generan un desgaste anormal de los neumáticos radiales para vehículos pesados que impiden su reutilización como base para reencauche*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Ecuador.
19. The Maintenance Council. USA. (1995). *Guía de análisis de condiciones para la llanta (neumático) radial*.
20. Yokohama. (2016). *Neumáticos para camiones y buses*. Recuperado de https://www.y-yokohama.com/global/product/tire/pdf/tires/catalogue/TruckandBus_Tire_Catalogue_Latin_America2016.pdf