



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE  
LA PRESIÓN DE INFLADO DE AIRE Y TIEMPO DE VIDA DEL NEUMÁTICO INDUSTRIAL  
MEDIDA 6.00 – 9 UTILIZADO EN MONTACARGAS PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO**

**Carlos David Pérez Gramajo**

Asesorado por el Lic. Berner Aníbal Flores Sanabria

Guatemala, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE INFLADO DE AIRE Y TIEMPO DE VIDA DEL NEUMÁTICO INDUSTRIAL MEDIDA 6.00 – 9 UTILIZADO EN MONTACARGAS PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS DAVID PÉREZ GRAMAJO**  
ASESORADO POR LIC. BERNER ANÍBAL FLORES SANABRIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Jorge Gilberto Padilla González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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: ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE INFLADO DE AIRE Y TIEMPO DE VIDA DEL NEUMÁTICO INDUSTRIAL MEDIDA 6.00 – 9 UTILIZADO EN MONTACARGAS PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha marzo de 2013.

**Carlos David Pérez Gramajo**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142 / 2418-8000 Ext. 86226



AGS-MGIPP-040-2015

Guatemala, 21 de octubre de 2016.

Director  
Juan José Peralta Dardón  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

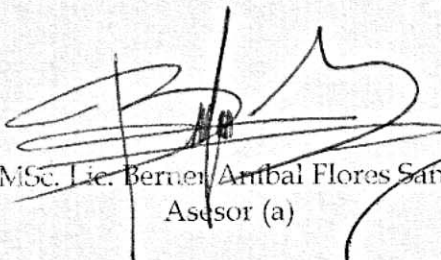
Estimado Director:

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 **Carlos David Pérez Gramajo** carné número 2009-15657, 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 de Gestión Industrial**.

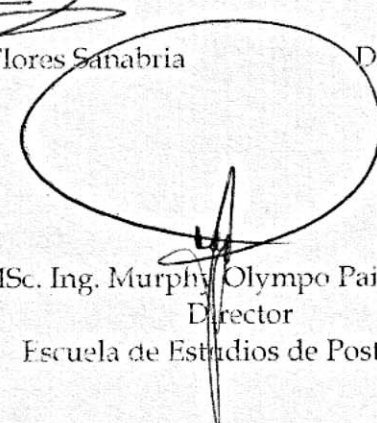
Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente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

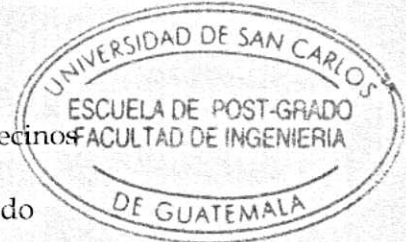
Sin otro particular, atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
MSc. Lic. Bernier Anibal Flores Sanabria  
Asesor (a)

  
Dra. Alba Maritza Guerrero Spinoia  
Coordinadora de Área  
Gestión de Servicios

  
MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.007.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE INFLADO DE AIRE Y TIEMPO DE VIDA DEL NEUMÁTICO INDUSTRIAL MEDIDA 6.00 - 9 UTILIZADO EN MONTACARGAS PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO**, presentado por el estudiante universitario **Carlos David Pérez Gramajo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR a.i.  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala

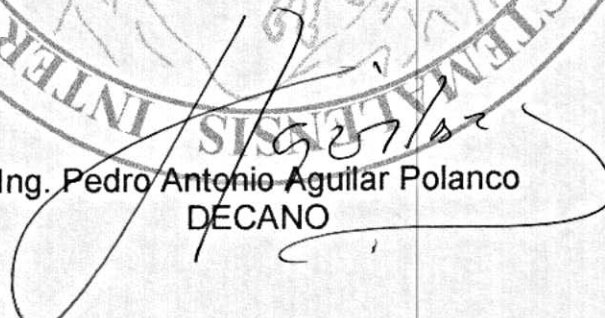


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.054-2017

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 Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE INFLADO DE AIRE Y TIEMPO DE VIDA DEL NEUMÁTICO INDUSTRIAL MEDIDA 6.00 - 9 UTILIZADO EN MONTACARGAS PARA AUMENTAR EL RENDIMIENTO**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos David Pérez Gramajo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
DECANO

Guatemala, enero de 2017

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mis padres** Carlos Felipe Pérez y Sonia Gramajo, por estar presentes durante toda mi vida y demostrarme todo su amor.
- Mis abuelos** Carlos Humberto Pérez (q. e. p. d), por interesarse en mis gustos, y estar pendiente de mi persona. Victoria Gramajo (q. e. p. d), por enseñarme el verdadero significado del amor.
- Mis hermanos** Yessica y Daniel, por compartir conmigo muchas experiencias y recuerdos gratos.
- Mis amigos** Que han compartido conmigo buenos y malos momentos, que han sabido escucharme, aconsejarme y enseñarme muchas cosas de la vida.
- Mi familia** Por brindarme su compañía en ocasiones especiales y por darme su apoyo.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la vida y las bendiciones necesarias para culminar un ciclo de mi vida.
<b>Mi país</b>	Por acogerme de una manera tan buena y brindarme las oportunidades de crecer personal y profesionalmente.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Centro de enseñanza que me brindó la oportunidad de superarme y crecer personalmente.
<b>Mi familia</b>	Por brindarme impulso en los momentos que más lo necesitaba.
<b>Mis compañeros</b>	Personas que he tenido el privilegio de conocer en estos años que me han brindado una nueva perspectiva de la vida en general.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
1. ANTECEDENTES .....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
3. JUSTIFICACIÓN .....	9
4. OBJETIVOS .....	11
5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	13
6. MARCO TEÓRICO.....	17
6.1. Llantas y neumáticos:.....	17
6.1.1. Características generales de los neumáticos .....	17
6.1.2. Componentes de una llanta .....	18
6.1.3. Construcción básica .....	21
6.1.4. Materiales de fabricación .....	24
6.1.5. Tamaño y etiquetado de las llantas .....	25
6.1.6. Desgaste de las llantas:.....	27
6.2. Mantenimiento preventivo.....	30
6.2.1. Recomendaciones para el inflado de los neumáticos .....	30

6.2.2.	Baja presión de inflado .....	30
6.2.3.	Exceso de presión .....	31
6.2.4.	Anomalías en las ruedas .....	32
6.2.5.	Cámaras.....	32
6.3.	Montacargas .....	33
6.4.	Análisis estadístico:.....	35
6.4.1.	Población, muestra e individuo.....	36
6.4.2.	Caracteres y modalidad .....	37
6.4.3.	Parámetros y estadísticos .....	37
6.5.	Productividad .....	38
6.5.1.	Indicadores de productividad.....	39
6.5.2.	Medición de productividad.....	39
6.5.3.	Tipos de productividad .....	40
6.5.4.	Importancia de la productividad.....	40
7.	PROPUESTA DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL .....	41
8.	METODOLOGÍA .....	43
8.1.	Diseño de investigación: .....	43
8.2.	Tipo de estudio:.....	44
8.3.	Alcance de la investigación: .....	45
8.4.	Variables e indicadores .....	45
8.5.	Población y muestra.....	46
8.6.	Análisis y obtención de información .....	47
8.7.	Fases de metodología a aplicar .....	47
8.7.1.	Fase 1 .....	47
8.7.2.	Fase 2 .....	48
8.7.3.	Fase 3 .....	48
8.7.4.	Fase 4 .....	49

9.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	51
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	53
11.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57
	APÉNDICE.....	61



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Descripción de una llanta .....	19
2.	Principales componentes de una llanta .....	24
3.	Partes de una llanta .....	25
4.	Efectos de la presión de inflado en las ruedas .....	33
5.	Diagrama de un montacargas basico .....	35
6.	Cronograma de actividades.....	53

### TABLAS

I.	Variables e indicadores .....	46
II.	Recursos necesarios.....	55
III.	Recursos humanos .....	55
IV.	Recursos materiales.....	56
V.	Presupuesto .....	56



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>JATMA</b>	Japan Automobile Tyre Manufacturers Association (Asociación Japonesa de Fabricantes de llantas para automóviles).
<b>ETRTO</b>	European Tyre and Rim Organisation (Organización Europea de llantas y rines).
<b>PSI</b>	Pounds force per square inch (Libra-fuerza por pulgada cuadrada).
<b>DOT</b>	Department of Transportation (Departamento de Tránsito).





## GLOSARIO

<b>Adherencia</b>	Unión física que resulta de haberse pegado una cosa con otra.
<b>Anomalías</b>	Irregularidad, anormalidad o falta de adecuación a lo que es habitual.
<b>Cámara</b>	Elemento de caucho utilizado para contener aire utilizado para inflado de llantas.
<b>Fuerza motriz</b>	Agente natural que se utiliza para impartir movimiento a las máquinas.
<b>Llanta</b>	Cubierta de caucho de las ruedas de un vehículo.
<b>Neumático</b>	Cubierta dura de caucho que se pone sobre la rueda de algunos vehículos y se llena de aire a presión, sirve como superficie de rodamiento.
<b>Rueda</b>	Pieza mecánica circular que gira alrededor de un eje.



## INTRODUCCIÓN

El siguiente diseño de investigación está dirigido a ser un estudio estadístico para analizar la relación que tiene la presión de aire aplicada a las llantas industriales utilizadas en montacargas. Se correrá un experimento donde se hará un monitoreo de dos grupos de llantas, identificados para saber a cuál pertenecen. El primer grupo en cuestión tendrá un valor determinado de presión de inflado, mientras que el segundo grupo tendrá un valor diferente y menor. Esto se realizará con el objetivo de tomar datos y luego analizarlos estadísticamente, encontrando parámetros y relaciones, para dar una recomendación de la presión de inflado de aire adecuada para obtener un buen rendimiento.

La idea nace de la observación de la utilización de las llantas en los montacargas propiedad de la empresa interesada en la investigación, se deduce que por diferentes factores los usuarios y el equipo técnico no llega a dar los valores de presión recomendados por el fabricante, lo que en la mayoría de ocasiones causa un desgaste prematuro, o una pérdida de horas útiles de vida.

El diseño de investigación es una sistematización, se buscan resultados estadísticos matemáticos de un problema real que se da en la empresa, que puede llegar a repercutir en varios aspectos, en la productividad de las máquinas, de la operación, y en las finanzas de un departamento o de una empresa.

El diseño de investigación aborda la problemática que tiene una empresa de comercialización de llantas, específicamente las del tipo industrial instaladas en montacargas, de la medida específica que se montan en el eje direccional de estas máquinas. El problema es que la empresa vende neumáticos industriales a sus clientes, y de la misma manera los instala en su flota de renta. La flota de renta tiene aproximadamente 275 unidades, lo que representa una inversión monetaria elevada el mantenimiento y reemplazo de las llantas.

Al tener valores diferentes y variantes de presión de inflado en las llantas, se cree que las llantas pueden llegar a durar menos tiempo del diseñado, por lo cual se tiene que tener una relación estadística para encontrar la relación entre la presión de inflado de llantas y su duración, y luego hacer las debidas recomendaciones al departamento de operaciones y a los clientes que utilizan los neumáticos industriales.

La importancia de la solución es que teniendo resultados de cómo la variable independiente, en este caso, la presión de inflado de aire, afecta la variable dependiente, la duración en horas de vida, de las llantas, se podrán aplicar controles y se harán sugerencias para mantener la presión de aire en un rango adecuado para tener un mejor rendimiento. Luego, al tener parametrizada la duración de los neumáticos, se podrá realizar una mejor planeación sobre mantenimientos, así como paros, y recomendaciones a clientes que consumen los productos.

En cuanto a los resultados esperados, se desea encontrar la relación estadística entre a la presión de inflado de aire de llantas y su duración, la cual puede ser positiva o negativa, dicho resultado no afecta la productividad y se obtendrán resultados de la duración de la llanta en horas. La investigación

pretende a través del análisis estadístico definir los parámetros de duración para planificar los paros programados para el reemplazo de neumáticos.

Sobre los aportes y los beneficios esperados, se cree que los resultados serán concretos para hacer recomendaciones sobre el mantenimiento preventivo que se debe de aplicar a los neumáticos, haciendo que estos duren más tiempo. Y los beneficios que esto puede traer se centra en el ahorro monetario que se tendrá cuando se consuma un número más bajo de llantas para la operación de la flota propiedad de la empresa. Sobre los aportes y los beneficios esperados, se cree que los resultados serán concretos para hacer recomendaciones sobre el mantenimiento preventivo que se debe de aplicar a los neumáticos, haciendo que estos duren más tiempo. Y los beneficios que esto puede traer se centra en el ahorro monetario que se tendrá cuando se consuma un número más bajo de llantas para la operación de la flota propiedad de la empresa.

Para ejecutar la investigación, se desarrollará los siguientes capítulos de información.

En el capítulo uno, se abordará todo lo concerniente a las llantas y los neumáticos, sus características, los componentes de las llantas, su construcción y los materiales de fabricación, así como el tamaño y etiquetado de las llantas y su desgaste, mantenimiento preventivo, y la revisión documental.

En el capítulo dos se realizará el experimento propuesto, esto con el objetivo de recabar datos de las duraciones de las llantas a diferentes presiones de inflado de aire.

En el capítulo tres, se analizará los datos recogidos en la prueba de campo, esto con el objeto de realizar un estudio matemático estadístico, y fijar la correlación entre las variables propuestas.

En el capítulo cuatro, se realizará la medida de la mejora en cuanto a la productividad, esto en el área del rendimiento de los neumáticos y del consumo mensual para realizar un ahorro económico.

## 1. ANTECEDENTES

El mundo de los neumáticos es muy amplio y tiene diferentes clasificaciones, para lo que interesa se mencionará solamente las llantas de tipo industrial, que se instalan en maquinaria para su funcionamiento. Estos deben de tener una cantidad de presión de inflado para su correcto funcionamiento, en la mayoría de los casos, los fabricantes sugieren una medida para su operación. Esto en la aplicación real difiere por muchas razones, algunas como que no se cuenta con el equipo adecuado para llegar a la recomendación de fábrica, o porque no se lleva un registro adecuado de los valores.

Según Picabea (2010, p.13) “el rodaje con bajo inflado es la causa de la mayor parte de los deterioros del neumático,” por lo cual se puede decir que si no se monitorea esta variable de una manera estricta, se tendrá un desperdicio de dinero, la cantidad de horas de operación de una llanta se verá reducida. También el autor recomienda que la presión de inflado de las llantas se tomen cuando estos estén fríos. Picabea (2010, p. 36). Con respecto a esto, el fabricante de llantas Bridgestone opina que, se considera que un neumático está frío cuando ha estado estacionado por al menos tres horas o si el vehículo se ha desplazado por menos de una milla (1.6 km) a una velocidad moderada. Bridgestone Americas Tire Operations, LLC (2016, párr. 9).

Según recomendaciones del fabricante de llantas Michelin, se observa que: Operar una llanta sin la suficiente presión de aire que se necesita para soportar el peso del vehículo con ocupantes y carga adicional; esto podría causar una falla de la llanta cuando se genere calor dentro de la misma hasta el



punto en que se lleguen a degenerar los componentes. Industrias Michelin, S.A. de C.V. (2016, párr. 6).

Siguiendo con el tema de la verificación de los neumáticos, el fabricante Michelin de Norte América dice lo siguiente: además de las inspecciones periódicas y el mantenimiento de la presión de inflado por el consumidor, está recomendado que las llantas de auto y camioneta, llantas de refacción incluidas, sean revisadas regularmente por un especialista calificado en llantas, como un Distribuidor, quien va a cerciorar que la llanta sigue en condiciones adecuadas para continuar su servicio. Por lo menos una vez al año, un especialista debe revisar las llantas de más de 5 años. Michelin North América, Inc. (2012, pág. 1)

El fabricante de llantas Goodyear menciona en su página de internet lo siguiente: “Incluso en las mejores condiciones, pierden aproximadamente 0,69 bar al mes, cifra que aumenta además con el aumento de las temperaturas”. Goodyear Dunlop Tires Europe B.V (2016, párr. 3).

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema de la empresa en donde se desarrollará la investigación es que no se cuenta con datos de la relación entre la presión de aire aplicada a las llantas industriales utilizadas en montacargas y el tiempo de vida de los neumáticos para la productividad.

### **2.1. Descripción del problema**

La empresa Servicios Premier, S.A. fue fundada en el año de 1990, en la ciudad de Guatemala y se dedica al alquiler, reparación y venta de maquinaria. Con el paso de los años, se decidió adentrarse al negocio de las importaciones y la compra venta, llegando a representar a distintas marcas en Guatemala.

La empresa tienen una flota de alrededor de 275 montacargas operantes en calidad de renta en varias empresas del país, para lo cual se tiene una importación de llantas valuada en varios cientos de miles de dólares al año para cubrir la demanda tanto del consumo propio como de la venta a usuarios finales.

Se tienen recomendaciones de parte de los fabricantes de neumáticos, para tener una presión de inflado en los neumáticos, pero se observa que hay diferentes razones por las cuales no se llegan a los valores que sugieren las fichas técnicas provistas por fábrica.

El problema con la variación de datos en el inflado de llantas se produce tanto en la flota propia de la empresa y en los vehículos propiedad de clientes

en donde se instalan las llantas. Esta variación de los datos se produce por alguna de las siguientes razones, por descuido y negligencia de las personas encargadas del mantenimiento preventivo, o por falta de equipo adecuado para monitorear y modificar estos valores.

Se estima que teniendo un valor más bajo en presión de inflado se producirá un desgaste más acelerado de las llantas, lo cual se refleja en un menor número de horas de trabajo, y a su vez esto significa que se está teniendo un desperdicio, tanto de material como económico, dado los neumáticos se consumen más de una manera más rápida.

Este problema de ahorro económico es mayor para la empresa donde se realizará la investigación, se tienen más de 150 unidades que están equipadas con el tipo específico de llantas que se quiere analizar. A su vez, se tienen diversos clientes que consumen el mismo producto, y presumiblemente tienen el mismo problema donde no se llega a la presión de inflado correcta.

## **2.2. Delimitación del problema**

La investigación se realizará a las unidades propiedad de la empresa interesada en la investigación en 3 lugares diferentes, donde se encuentra la maquinaria, los 2 de ellas ubicadas en el departamento de Guatemala, y la tercera ubicada en el departamento de Escuintla, durante los meses de septiembre a diciembre de 2016.

- Alcance de tiempo: La investigación será desarrollada a partir del mes de septiembre al mes de diciembre del año 2016.
- Alcance de espacio: Se realizará en 3 diferentes áreas, 2 localizadas en el departamento de Guatemala, y 1 en el departamento de Escuintla.

- Alcance metodológico: Se realizará la identificación de la relación entre la presión de inflado de las llantas y su duración, por medio de observación directa, y se validará por medios estadísticos.
- Exploración de los problemas: Se describe la relación entre la presión de inflado y la duración de las llantas.
- Aplicabilidad de los resultados: Son válidos para las áreas de planeación, financiera y logística.

### **2.3. Formulación del problema**

Pregunta central:

¿Cómo el análisis del coeficiente de correlación entre la presión de inflado de aire y el tiempo de vida del neumático industrial medida 6.00 – 9 utilizado en montacargas aumentará el rendimiento?

Pregunta de investigación:

- ¿Cuál es el rendimiento de los neumáticos industriales de la empresa dedicada a la comercialización de llantas al momento de realizar el proyecto de investigación?
- ¿Qué relación tienen los factores críticos (presión de inflado de aire) con el tiempo de vida de los neumáticos industriales?
- ¿Qué resultados aporta la utilización del análisis estadístico, por medio del coeficiente de Pearson en la productividad?

## **2.4. Viabilidad**

Se cuenta con el apoyo de gerencia de la empresa dedicada a la comercialización de llantas, quienes facilitarán toda la información y los permisos que sean de utilidad para la resolución de los problemas descritos, con base a una metodología plenamente identificada como lo es el análisis de rendimiento de los neumáticos para montacargas.

Adicional, se dispone del recurso de tiempo y capital monetario de carácter mixto entre el investigador y la empresa para poder realizar el planteamiento de solución para el problema. Los recursos físicos y humanos serán provistos por parte de la empresa.

## **2.5. Consecuencias de la investigación**

Al realizar esta investigación, se recopilarán datos de los tiempos de vida de las llantas observadas, y se comprobará si la presión de aire aplicada a las llantas tendrá un efecto significativo en la duración medida en horas de ellas. La relación que se comprobará a través de medios estadísticos será de ayuda para la empresa, a partir de esto se formará una cultura estricta de monitoreo de presión de inflado de llantas, con los datos que expondrá la investigación se puede estimar el desperdicio monetario y de recursos que presumiblemente se tienen.

Además, la información podrá ser utilizada por el equipo de asesoría técnica para presentar el producto y brindar datos concretos sobre durabilidad y costos asociados a operaciones logísticas a usuarios finales.

Si no se lleva a cabo la realización de esta investigación no se tendrá un dato del posible desperdicio que se realiza en la empresa al usar de manera no apropiada las llantas instaladas en montacargas.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

Se toma como base la línea de investigación implementación de sistemas de planificación de la producción: planeación de requerimientos de materiales y de recursos productivos, aportará elementos de control e indicadores para tener parámetros de durabilidad en horas para neumáticos industriales utilizados en la industria logística, y de esta manera tener paros programados para realizar sus respectivos cambios o verificaciones.

El objetivo de realizar esta investigación es que con los resultados obtenidos, la empresa interesada tendrá datos concretos de la relación que tiene la presión de aire aplicada a los neumáticos y el tiempo de vida que durarán, obteniendo así parámetros de duración y de rendimiento.

La importancia de desarrollar la investigación es que luego de ser terminada se tendrán parámetros de la duración de sus productos y cómo esta se ve afectada por su variable independiente, es decir que, se podrá estimar el tiempo de vida de las llantas industriales, teniendo un control riguroso sobre el factor que se considera incidente, que en este caso es la presión de aire que se aplica en las llantas. Al tener el dato de la presión de aire, que se considera mantenimiento preventivo, bajo control, se puede realizar un análisis estadístico para estimar su rendimiento y que además en conjunto con un análisis económico se traducirá en un ahorro para el usuario.

La necesidad de realizar la investigación es que ayudará a disminuir e desperdicio de utilizar productos de manera errónea y a reducir problemas por



reclamos de bajo rendimiento, con un monitoreo de la presión de aire aplicada se sabrá en qué manera se afectará el tiempo de vida.

La motivación del investigador surge ante los constantes cambios de neumáticos en la flota de la empresa donde se labora, y que por motivos de naturaleza variada la presión de aire se mantiene con mucha variabilidad en unidades observadas. Se cree que esto es por falta de monitoreo en la presión de aire aplicada a las llantas. Estos cambios continuos de neumáticos se traducen en una inversión más grande para la empresa.

Uno de los beneficiados por la investigación es la empresa dedicada a la comercialización de llantas para montacargas, al averiguar la relación entre presión de inflado de llantas y como afecta el número de horas de vida se puede exigir al equipo técnico a tener como prioridad el monitoreo y la estabilidad del valor de presión de aire, esto con el objetivo de alargar la vida de los neumáticos, y consecuentemente tener un ahorro para la empresa.

Los datos recopilados y analizados serán de ayuda para la dirección de la empresa, teniendo un mejor rendimiento de las llantas, se podrá invertir menos en el cambio de neumáticos para montacargas.

Al tener un seguimiento de la presión de aire que por medio de un análisis estadístico pueda predecir la duración de las llantas se espera que se dé un ahorro en la cantidad de llantas consumidas para la flota propiedad de la empresa.

## 4. OBJETIVOS

### General

Analizar el coeficiente de correlación entre la presión de inflado de aire y tiempo de vida del neumático industrial medida 6.00 – 9 utilizado en montacargas para aumentar el rendimiento.

### Específicos

- Establecer el rendimiento de la vida útil en horas de los neumáticos industriales en un período de uso durante los siguientes seis meses.
- Identificar la relación que tienen los factores críticos (presión de inflado de aire) y la duración en horas de vida.
- Medir la mejora en la productividad de neumáticos utilizando el análisis estadístico, por medio del coeficiente de Pearson.



## 5. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Las necesidades a cubrir por parte de la investigación, es tener un mejor rendimiento de parte de los neumáticos instalados a los montacargas, esto con el seguimiento de parte del equipo técnico para tener un valor de presión de inflado de aire constante. Otra necesidad que va amarrada al rendimiento es la de un ahorro en cuanto al consumo de llantas, al aumentar el tiempo de vida de las llantas, se realizará una rotación de productos menor que se traduce en un gasto menor para la empresa dueña de los montacargas.

Para lograr satisfacer las necesidades, la investigación se desarrollará de la siguiente manera:

- **Diagnóstico:** Se recopilarán datos y literatura necesaria para obtener las duraciones de los neumáticos que actualmente se utilizan, así como la cantidad aproximada de llantas consumidas al año. A través de un experimento de campo, se realizarán pruebas de duración a dos grupos de llantas con características similares, pero con un valor diferente de presión de aire. Esto con el objetivo de tener datos de duración para analizarlos posteriormente.
- **Análisis:** Se identificará la relación que tienen los factores críticos como la presión de aire aplicada a las llantas y la cantidad de horas de vida de los neumáticos obteniendo así su productividad. Esto con el auxilio de la estadística inferencial, y aplicando la herramienta de coeficientes de correlación de Pearson para visualizar resultados de la investigación.

- Propuesta: Se tomarán los datos recopilados de los dos grupos observados, y se comparara las duraciones en horas y la productividad de las dos condiciones diferentes, esto con el propósito de tener una productividad elevada en los neumáticos con una cantidad de aire recomendada.

Para que el análisis de rendimiento de neumáticos para montacargas sea contundente se debe seguir el esquema planteado a continuación:

- Observación del entorno y de la operación: Se debe de analizar primeramente el entorno donde están los montacargas, las superficies donde ruedan, el estado de la maquinaria, el correcto funcionamiento de horómetros, y el estilo de conducción. Luego de ver esto, se debe de observar la carga aplicada, la distancia recorrida por las unidades y las horas de trabajo al día.
- Asesoramiento del producto adecuado: con base a una observación previa correcta del entorno y de la operación, se puede elegir la calidad y el desempeño adecuado para el funcionamiento, en base a esta revisión se definirá la gama correcta que responda a las exigencias del trabajo.
- Definir parámetros de duración: Con la realización del experimento descrito posteriormente, y con el apoyo de la estadística descriptiva, se tendrá un dato del estimado de duración de las llantas bajo un control de mantenimiento preventivo.
- Comparación de eficiencias: Comparando resultados de la corrida del experimento descrito posteriormente, se detallarán las ventajas y el aumento de horas de vida de productos que están bajo observación.

Se desean cubrir las siguientes necesidades:

- Obtener un ahorro del consumo de neumáticos industriales para montacargas mejorando su rendimiento.
- Aumentar el rendimiento de los neumáticos industriales instalados en montacargas.
- Obtener la relación entre la presión de aire aplicada a los neumáticos industriales y su duración.
- Establecer un parámetros de duración por medio del monitoreo de variables, a través del análisis estadístico.



## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Llantas y neumáticos**

Un extracto del tema de llantas para entender su función es, la potencia del motor va a las ruedas a través del tren de tracción y finalmente la superficie las llantas. No sólo la potencia del motor viene a terminar ahí, sino que también el peso de su equipo y el de su carga. Byrnes and Associates (2005, pág. 129).

#### Las llantas

- Proporcionan la tracción adecuada.
- Reducen la vibración.
- Absorben las irregularidades del camino.
- Transfieren la fuerza de frenado a la superficie el camino.
- Transfieren la fuerza motriz a la superficie. Byrnes and Associates (2005, pág.129)-

#### **6.1.1. Características generales de los neumáticos**

Se toma como iniciación el tema el texto siguiente, el origen de las ruedas neumáticas se remonta al año 1845 cuando Scot Robert Thomson, con el objeto de mejorar el confort de los carruajes de caballos, aplicó un tubo hinchado al perímetro de una rueda de madera. Sin embargo, su invento no tuvo aceptación y hubo que esperar al año 1888 para que John Dunlop, aplicando el mismo diseño a la rueda de bicicleta, inventara la rueda neumática. La primera aplicación del neumático a un vehículo de motor fue llevada a cabo por Andre y Edouard Michelin en el año 1898. La evolución y mejora de los



diseños ha hecho que, en la actualidad, la totalidad de vehículos de carretera y gran parte de los vehículos se extravía utilizan ruedas neumáticas, que se componen de la rueda propiamente dicha y la cubierta con o sin llamar a de aire. En el interior de la cubierta se introduce aire a presión para proporcionar la rigidez adecuada que permita el conjunto soportar las solicitaciones a que va estar sometido. El conjunto formado por la cubierta y, en caso de disponer, la cámara, con aire a presión en su interior y montado sobre la llanta es lo que se denomina neumático. Álvarez y Luque (2003, pág. 199)

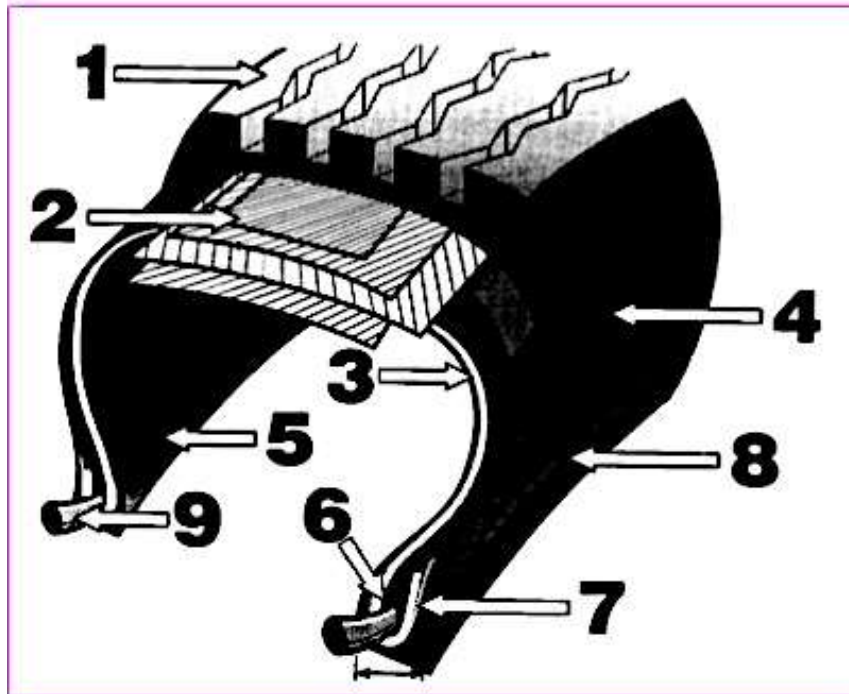
El autor proporciona un aspecto del tema físico, una rueda y el neumático tienen por misión transmitir las fuerzas longitudinales, verticales y transversales entre el vehículo y la calzada, constituyendo el único nexo entre ambos. Por este motivo, el neumático es uno de los elementos del vehículo que más influencia tiene en el comportamiento dinámico del mismo. Álvarez y Luque (2003, pág. 199).

Se incluye un extracto sobre los entes rectores del mundo de los neumáticos, para garantizar la intercambiabilidad de las llantas y las cubiertas están estandarizadas. En Europa es ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organization), quien elabora las normas, especificando las dimensiones de cubiertas y llantas, el código para tipo y dimensiones de cubierta y el índice de carga y de velocidad. Álvarez y Luque (2003, pág. 199).

### **6.1.2. Componentes de una llanta**

Como parte de la información necesaria, es obligatorio incluir las partes más importantes de una llanta.

Figura 1. Descripción de una llanta



Fuente: Manual de información técnica de neumáticos (pág. 6)

Como parte de la descripción de las llantas, se definirá cada una de sus partes:

1. Banda de rodamiento

Esta parte, generalmente de hule, proporciona la interface entre la estructura de la llanta y el camino. Su propósito principal es proporcionar tracción y frenado.

## 2. Cinturón (Estabilizador)

Las capas del cinturón (estabilizador), especialmente de acero, proporcionan resistencia a al neumático, estabiliza la banda de rodamiento y protege a ésta de picaduras.

## 3. Capa radial

La capa radial, junto con los cinturones, contienen la presión de aire. Dicha capa transmite todas las fuerzas originadas por la carga, el frenado, el cambio de dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.

## 4. Costado (Pared)

El hule del costado (pared) está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

## 5. Sellante

Una o dos capas de hule especial (en neumáticos sin cámara) preparado para resistir la difusión del aire. El sellante en estos neumáticos reemplaza la función de las cámaras.

## 6. Relleno

Piezas también de hule con características seleccionadas, se usan para llenar el área de la ceja (talón) y la parte inferior del costado (pared) para

proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja, al área flexible del costado.

#### 7. Refuerzo de la ceja (talón)

Es otra capa colocada sobre el exterior del amarre de la capa radial, en el área de la ceja, que refuerza y estabiliza la zona de transición de la ceja al costado.

#### 8. Ribete

Elemento usado como referencia para el asentamiento adecuado del área de la ceja sobre el rin

#### 9. Talón

Es un cuerpo de alambres de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez. El talón es el ancla de cimentación de la carcasa, que mantiene el diámetro requerido de la llanta en el rin. (Martínez pág. 6).

### **6.1.3. Construcción básica**

Como parte de la construcción básica se puede decir que “Hay muchos diseños diferentes de llantas, pero principio básico en su construcción es el mismo.” Byrnes and Associates (2005, pág. 129).

En cuanto a su construcción, las llantas están hechas de capas de cuerdas, una espiral de alambre de ceja llamado casco, cejas, las paredes o

caras de la llanta, dibujo y el recubrimiento interno. Lo que se llama las capas consiste de capas separadas de cuerdas ahuladas y constituyen el cuerpo de la llanta. Todas las capas de cuerdas están atadas a manojos de alambre llamados las espirales de alambre o casco. Byrnes and Associates (2005, p129).

Se dice que la ceja, un componente de la llanta, que es la parte de la llanta que sella con el rin y asegura la llanta a este punto, el casco por las espirales de alambre por porción a la fuerza de cinturón a las secciones de la ceja de tal manera que, la llanta mantenga su forma cuando se le monté la rueda. Byrnes and Associates (2005, pág.129).

Otra parte esencial de la llanta son las paredes o las caras, son capas de hule que conecta la ceja el dibujo. Las paredes protegen las capas de cuerdas que en ella se encuentran. El dibujo o van de rodamiento piso, es la parte de la llanta que hace contacto con el camino. Los dibujos se diseñan para aplicaciones específicas. Algunas aplicaciones requieren que el dibujo les brinde tracción adicional. Otras aplicaciones necesitan un dibujo diseñado para alta velocidad. El recubrimiento interno es el material que sea y que mantiene la en la llanta. Byrnes and Associates (2005, pág. 130).

En cuanto a sus componentes, se dice que existen llantas que utilizan cámaras o tubos y otro tipo que no utiliza, en cuanto a esto se dice que las llantas sin cámara pesan menos, tienen menos partes y pierden aire menos velocidad cuando se pinchan. Las llantas constantemente se flexionan cuando se usan, y esta fracción genera calor que conduce al deterioro. Las llantas en cámara como tienen menos partes que se flexionen y generan calor duran más. Estas llantas en cámaras son menos peligrosas de reparar porque tienen un rin

de una sola pieza en lugar del rin de varias piezas. Byrnes and Associates (2005, pág. 130).

En la clasificación de llantas se pueden dividir en diferentes clases de neumáticos que son mencionados a continuación. Los tres tipos básicos de llantas son las de capas convencionales, las de capas convencionales con cinturón y las radiales. Cada tipo se encuentra disponible con o sin cámara, sin embargo, en la radial es generalmente son sin cámara. Byrnes and Associates (2005, pág.130).

En cuanto a las llantas de fabricación de tipo convencional, las llantas de capas convencionales se pueden ver las capas de tejido que se empalman de forma cruzada o en ángulo sesgado. Esto rigidiza las paredes y el dibujo. Puede haber llantas de capas convencionales con cinturón. Que es como la de capas convencional sola, pero sus capas de tejido se cruzan y un cierto ángulo. Sin embargo, se encima un cinturón adicional de tela o de acero y se coloca entre el tejido y el dibujo. Los cinturones hacen más rígido el dibujo de esta llanta que el de la de capaz convencional sola. El dibujo durará más tiempo, porque los cinturones reduce el movimiento del dibujo cuando la llanta rueda. Byrnes and Associates (2005, pág. 131).

En la investigación se analizarán llantas de construcción convencional se cree necesario incluir que: Este tipo de neumático se caracteriza por tener una construcción diagonal que consiste en colocar las capas de manera tal, que las cuerdas de cada capa queden inclinadas con respecto a línea del centro orientadas de ceja a ceja. Este tipo de estructura brinda al neumático dureza y estabilidad que le permiten soportar la carga del vehículo. La desventaja de este diseño es que proporciona al neumático una dureza que no le permite ajustarse adecuadamente a la superficie de rodamiento ocasionando un menor

agarre, menor estabilidad en curvas y mayor consumo de combustible. Martínez (pág. 8)

#### 6.1.4. Materiales de fabricación

El autor menciona en su investigación sobre los neumáticos que en la fabricación de los neumáticos se utilizan tres grupos de materiales, que son los compuestos de goma, los tejidos y los alambres para talones. Estos a su vez, se tratan de materiales de características mecánicas muy diferentes, que deben trabajar formando parte de una estructura única. Álvarez y Luque (2003, pág. 102).

En la figura 2, se puede observar los principales componentes de una llanta y sus procesos de fabricación.

Figura 2. Principales componentes de una llanta

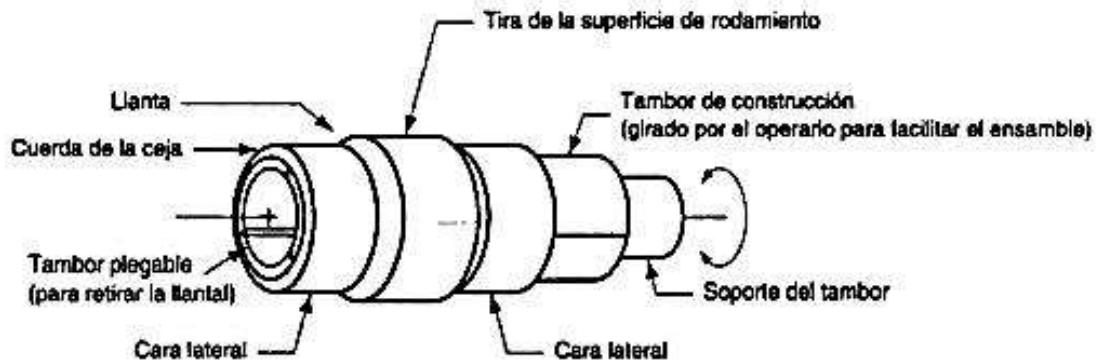
Componente	Proceso de producción
Bobina de la ceja	Se recubre de hule un alambre continuo de acero, se corta, se enrolla y se unen los extremos.
Capas	Se recubre una tela continua (textil, nylon, fibra de vidrio, acero) por calandrado y se corta al tamaño y forma.
Revestimiento interior	Para llantas con cámara, el revestimiento se calandra sobre la capa interior, para llantas sin cámara, el revestimiento se calandra como un laminado de dos capas.
Cinturón	Un sustrato continuo se recubre con hule (similar a las capas, arriba), pero se cortan a diferentes ángulos para mejor reforzamiento, y luego se hace una banda o cinturón multicapa.
Rodadura <sup>a</sup>	Extruida como tira continua; se corta y se preensambla a los cinturones
Cara lateral <sup>a</sup>	Extruida como tira continua; se corta al tamaño y forma.

<sup>a</sup> Usualmente no se consideran componentes de la carcasa.

Fuente: Fundamentos de manufactura moderna, pág. 368.

Luego de ver estos componentes, se considera necesario incluir un diagrama de explosión donde se muestre una llanta y sus partes antes de retirarla del tambor de construcción para moldeo y curado.

Figura 3. **Partes de una llanta**



Fuente: Fundamentos de manufactura moderna, pág. 368.

### 6.1.5. **Tamaño y etiquetado de las llantas**

En cuanto al tamaño y rotulación de la llanta, que es una parte del proceso sumamente importante para su elección y clasificación se dice que: “El tamaño de la llanta se muestra, ya sea numéricamente, o por una designación de la serie diseño. Esta información la encuentra en la pared o cara de sus llantas.” Byrnes and Associates (2005, pág. 133).

Como parte de un ejemplo de un rotulado normal el autor explica que la designación numérica es la de una llanta 10.00 X 22. El primer número es la anchura de la llanta. Esto significa que la llanta inflada mide 10 pulgadas del punto más exterior de una pared o cara de la llanta al punto más exterior de la otra cara. El segundo número de la designación numérica es el tamaño del rin.



La llanta nuestro ejemplo le quedaría un rin de 22 pulgadas de diámetro. El sistema de designación por serie se desarrolló por la llanta de perfil bajo, que es ancha en relación con soltura. Pongamos un ejemplo una vez más para ver esto. En la cara en la llanta nuestro ejemplo se lee 295 / 75 R22.5. Esto significa que la anchura de la sección es de 295 mm (las llantas de perfil bajo se mide milímetros en lugar de pulgadas). La relación aspecto 75, el tipo de construcción de radial y el rin es de 22.5 pulgadas de diámetro. Byrnes and Associates (2005, pág. 133)

En cuanto a la información que está estampada en las llantas, el autor informa que:

El gobierno requiere que todos los fabricantes estén las llantas con la información que le estamos a continuación:

- la marca del fabricante
- la clasificación o rango de carga
- la carga máxima
- la presión máxima
- la posición de la rueda
- el tamaño
- si la llanta es con o sin cámara
- el material utilizado en la elaboración de las capas
- la clave del departamento del transporte. Byrnes and Associates (2005, pág. 133).

#### **6.1.6. Desgaste de las llantas:**

Concerniendo el tema de desgaste de llantas, esta recopilación menciona lo siguiente, ninguna llanta, sin importar lo cara que sea bien mantenía que éste, no durará para siempre. Durante el servicio normal, alguna llanta simplemente se desgasta más que otras. Por ejemplo, los estudios hechos sobre llanta radiales muestran que las llantas de los ejes de la elección de los vehículos de carga que tienen los dobles o en tándem, se desgastan más que las de los que tienen un solo eje trasero. Esto es el resultado del empuje hacia delante que ejercen los dejes en tándem y de su arrastre, conforme se gira la rueda delantera es. En los ejes dobles o en tándem las llantas del eje trasero se desgastan más rápido que las del eje delantero del tándem. Esto es porque, cuando el vehículo da la vuelta se pivotea en dicho eje delantero. Byrnes and Associates (2005, pág. 131).

Como actos que inciden directamente en el desgaste de las llantas el autor menciona que “Por otro lado, las prácticas inadecuadas tanto de manejo como de mantenimiento tienen como resultado un desgaste excesivo.” Byrnes and Associates (2005, pág. 134).

Y recomienda que se deba saber cómo prevenir el daño de las llantas. Las llantas son muy costosas, así que es un mantenimiento muy importante por razones económicas. Sin embargo, las llantas son aún más importantes por razones de seguridad, así que usted debe tener la habilidad detectar daños a la llanta. El Inflado inadecuado de las llantas es una de las principales causas por las que ésta se dañan. Las llantas bajas, o que se tiene en ellas, se desgastan muy rápidamente de los lados del dibujo. Una llanta baja se pandeará bajo condiciones de carga pesada. Si es parte de un arreglo de ruedas dual o le, la llanta baja puede tocar la llanta que va junto a ella. Esta fricción entre las dos

llantas generará calor que se acumulará. Esta circunstancia puede ser que lo lleve un reventón de la llanta. O cuando menos, quemará más valioso combustible de que quemaría con las llantas infladas como debe ser. Byrnes and Associates (2005, pág. 134).

En cuanto a las llantas que se arman de manera dual o acuachada el autor considera que “Aún si no fuera parte un arreglo dual, la munición de calor probar con una llanta baja puede ser tremendo. Esto se ve que las paredes de la entonces flexionan para arriba y para abajo conforme rueda.” Byrnes and Associates (2005, pág.135).

El sobrecalentamiento en la causa de los problemas que se presenta a continuación:

- Desgaste más rápido
- Reventones
- Fuego en las llantas
- Separación de las cuerdas
- Separación del dibujo. Byrnes and Associates (2005, pág. 135).

Orovio (2010) define en su libro lo siguiente, “La presión de los neumáticos es determinante para el comportamiento del vehículo afectando principalmente el confort, estabilidad, desgaste y también al consumo de combustible.” pág. 381.

Aparte de esto, se puede considerar que otros autores consideran como factores más determinantes en el rendimiento de los neumáticos, se puede señalar:

- Sobrecarga. Un neumático sobrecargado en un 20 % pierde un 30 % de su rendimiento.
- Baja presión de inflado. Un bajo inflado del 20 % provoca una reducción del rendimiento del neumático del orden de un 30 %.
- Temperatura ambiente. El grado y la forma del desgaste de los neumáticos dependen también en gran parte de la temperatura ambiente durante el rodaje.
- Velocidad del rodaje. Si circula 120 km/h un neumático se desgasta dos veces más rápido que si se hace a 70 km/h. Martos, López, Ramírez (2006, pág.125).

Por supuesto en otras anotaciones encontramos propiedades que se listan a las causas de variación en el rendimiento de los neumáticos.

- Sobre inflado, una presión excesiva disminuye la adherencia, favorece el patinaje y los riesgos de cortes, y provoca una fatiga excesiva de la carcasa del neumático.
- Choques: los choques contra los bordillos de las aceras, el paso a gran velocidad sobre baches, piedras u otros obstáculos, pueden causar daños en el neumático, aunque sus consecuencias no aparezcan siempre en el momento.
- Esto de conducción: Fuertes aceleraciones y frecuentes frenazos, originan tensiones que disminuyen considerablemente y de forma muy variable el rendimiento de los neumáticos.
- Inflado y verificación de las presiones: un correcto inflado de los neumáticos proveerá a nuestro vehículo de mayor seguridad, menor consumo de combustible, mayor duración de las cubiertas y mayor confort. Picabea (2010, pág.135).

## **6.2. Mantenimiento preventivo**

A continuación se describe el mantenimiento preventivo.

### **6.2.1. Recomendaciones para el inflado de los neumáticos**

Este tema se considera uno de los básicos en la investigación propuesta, por eso se decide incluir algunas recomendaciones de una recopilación de distintos fabricantes: Una presión de inflado apropiada es la práctica más importante de mantenimiento para asegurar una larga vida del neumático. Si usted utiliza los neumáticos recomendados por el fabricante del vehículo, entonces siempre mantenga la presión de aire indicada por el mismo. Si decide cambiar los neumáticos por otros que no son recomendados por el fabricante del vehículo, entonces tendrá que ajustarse a las indicaciones del fabricante del neumático. Martínez (pág. 23).

### **6.2.2. Baja presión de inflado**

En la realidad se pueden presentar alguno de dos casos apartando la recomendación del fabricante; primero, se tiene la condición de baja presión de inflado en los neumáticos.

Una gran cantidad de automovilistas circulan con los neumáticos por debajo de la presión correcta, lo que ocasiona inestabilidad durante la marcha, desgaste acelerado en los extremos de la banda de rodamiento, aumento en el consumo de combustible y baja respuesta en situaciones de frenado. La baja presión de aire en los neumáticos genera un exceso de calor interno, lo que ocasiona un decremento en la durabilidad de los materiales mismos. Por otro lado, el neumático tendrá un desgaste más pronunciado en los hombros, dado

el contacto irregular de la banda de rodamiento con el pavimento. Habrá también pérdida de la renovabilidad pues la fatiga de la carcasa o casco será mayor, inclusive se puede llegar a la pérdida prematura de la carcasa. El exceso de flexión en los costados, debido a la baja presión lleva a la rotura circunferencial o agrietamiento en la carcasa. Además, la baja presión contribuye al incremento en el consumo de combustible la banda rodante tiene mayor contacto con el pavimento, lo que se traduce en una mayor resistencia al rodamiento. Martínez (pág. 23).

### **6.2.3. Exceso de presión**

El segundo caso que no sigue las recomendaciones del fabricante es el exceso de cantidad de aire introducido a un neumático, a lo cual el autor considera que por el contrario si se transita con sobrepresión, la banda de rodamiento se desgasta en el centro, es la única parte de su superficie que hace contacto con el suelo. Ello dificulta la maniobrabilidad y reduce la respuesta del sistema de dirección. Además repercute en la estabilidad general del automóvil. Cuando la presión de aire del neumático es excedida, la durabilidad del mismo se reduce propiciará que exista más aire caliente dentro del neumático. Se presenta un desgaste mayor en el centro del neumático, el apoyo en este punto es mayor debido al arqueado que sufre la banda de rodamiento. Con el exceso de presión, el neumático se torna más susceptible a daños por impacto. Su capacidad de absorción disminuye a razón inversa del aumento de la presión pudiendo sufrir roturas en la carcasa. El aspecto de seguridad se verá afectado debido a la poca deformación del neumático lo que ocasionará que no exista un buen contacto entre la banda y la superficie de rodamiento haciendo peligroso el manejo. Martínez (pág. 24).

En cuanto a tener los neumáticos en el valor que indica el fabricante, el recopilador del documento dice lo siguiente, Cuando la presión es correcta, los neumáticos tienen mejor agarre, soportan mejor los baches y el peso de la carga, trabajan a temperaturas más bajas lo que evita un desgaste prematuro y lo más importante, contribuyen al ahorro de combustible. Martínez (pág. 24).

#### **6.2.4. Anomalías en las ruedas**

Como parte fundamental en la investigación se considera este tema, en donde el autor muestra unas ideas relativas a las posibles averías, o defectos que se presentan en las ruedas neumáticas.

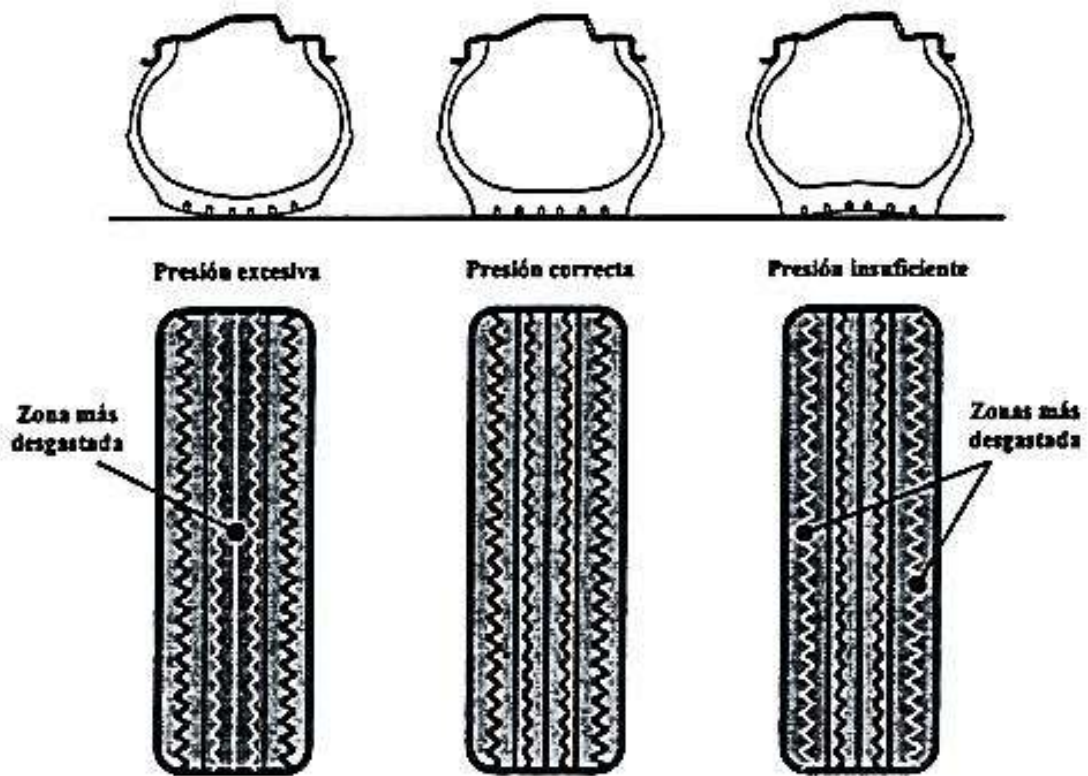
#### **6.2.5. Cámaras**

El autor explica que pueden aparecer deficiencias en las cubiertas, debido a rupturas en la cara interior por roces o pellizcos. Otras causas de problemas pueden ser presiones de inflado insuficiente o sobrecargas. Además, aparecen problemas en caso de montajes incorrectos como: pellizcos de la cámara con el talón, cámaras arrugadas cerca de la base de la válvula, cámaras arrugadas por ser de dimensiones inapropiadas, perforaciones por herramientas inadecuadas, montaje defectuoso de protectores, empleo de cubiertas envejecidas por el uso. Álvarez y Luque (2003, pág. 126).

También se presentan problemas en los neumáticos de igual manera, en este caso se expondrán defectos que se presentan por la presión de inflado. “Una presión de inflado inadecuada ocasiona un desgaste prematuro del neumático” (2003, pág. 127).

En la figura 4, se presentan los efectos de la presión de inflado en las ruedas.

Figura 4. Efectos de la presión de inflado en las ruedas



Fuente: Investigación de accidentes de tráfico (2003, pág. 127)

### 6.3. Montacargas

Como primer punto, se definirá lo que es un montacargas, o una plataforma elevadora: La plataforma elevadora estará incluida en un proceso industrial y dedicado exclusivamente a la elevación de cargas, estando prohibido subir a personas, incluso el encargado de su manejo. El manejo lo



harán los operarios destinados a ello. El funcionamiento no supondrá riesgo alguno para el personal ajeno a la misma. Les será de aplicación la normativa de seguridad en máquinas y seguridad laboral. Rubio (2005, pág. 301).

En un término más específico, el autor dice lo siguiente: se entiende por carretilla automotora de manutención o carretilla elevadora todo vehículo de ruedas, con exclusión de los que ruedan sobre raíles, destinado a transportar, tirar, empujar, levantar o apilar y almacenar en estanterías, cargas de cualquier naturaleza, dirigido por un conductor que circule a pie cerca de la carretilla o por un conductor llevado en un puesto de conducción especialmente acondicionado, fijado al chasis o elevable. Rubio (2005, pág. 301).

Y menciona acerca del mismo tema que “la carretilla elevadora, toro o torito, dispone de una horquilla horizontal, dotada de movimiento vertical que sirve para elevar y transportar las cargas en voladizo.” Rubio (2005, pág. 301).

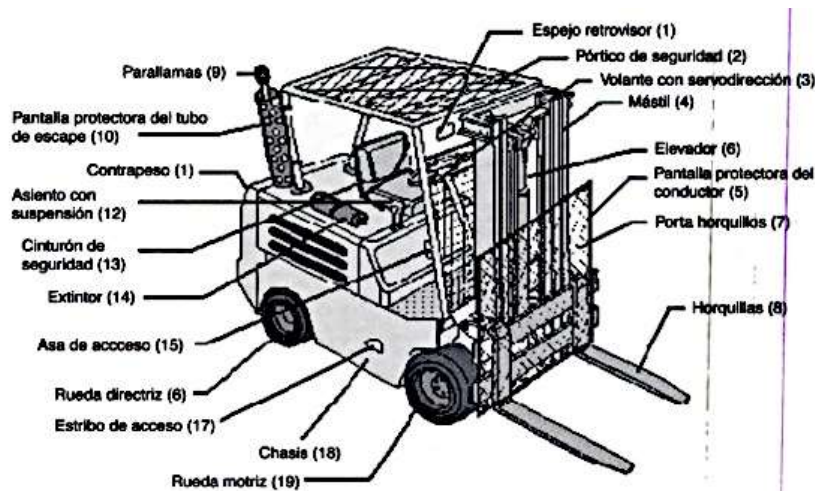
El autor incluye algunas consideraciones a contemplar, como normas básicas de manejo de las cargas y circulación de las carretillas: Recoger la carga y elevarla unos 15 cm sobre el suelo. Circular llevando el mástil inclinado el máximo hacia atrás. Situar la carretilla frente al lugar previsto y en posición precisa para depositar la carga. La circulación debe hacerse con las horquillas bajas. El ascenso por rampas se debe hacer siempre marcha adelante. Rubio (2005, pág. 302).

Acerca del funcionamiento del montacargas, el autor considera lo siguiente: la fuerza motriz que mueva la carretilla elevadora dependerá del local donde se efectúe el trabajo, considerando los gases de escape en locales cerrados o mal ventilados. Dispondrán de iluminación propia a menos que trabajen solo de día y en locales al aire libre. Se establecerán pasillos de circulación para sentido único con anchura del vehículo o de la carga

incrementada en 1 m; si el pasillo es de doble sentido su anchura no será inferior a dos veces la anchura de los vehículos o cargas incrementados en 1.40 m. Rubio (2005, pág. 302).

En la figura 5, se muestra el diagrama de un montacargas básico con sus partes.

Figura 5. Diagrama de un montacargas básico



Fuente: Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales p. 302.

#### 6.4. Análisis estadístico

Se utilizarán herramientas estadísticas para evaluar la relación de las variables que se pretenden estudiar, es necesario incluir alguna información.

Para empezar con los conceptos, se definirán algunos términos como la estadística descriptiva como un método para describir numéricamente conjuntos

numerosos, y por tratarse de un método de descripción numérica, la estadística descriptiva utiliza el número como medio para describir un conjunto que debe ser numeroso, las permanencias estadísticas no se dan en los casos raros. No es posible, por tanto, sacar conclusiones concretas y precisas de los datos estadísticos. Vargas (1995 pág. 33).

La investigación abarca más otros temas se incluye lo siguiente, conviene hacer una distinción entre lo que llamamos estadística descriptiva directa, que pretende describir las características relevantes de un conjunto de datos, y la estadística inferencial, que utiliza técnicas especiales para conocer los elementos de un conjunto a partir de los datos de un subconjunto mismo. Vargas (1995 pág. 33)

Como parte de la historia, Francis Galton y Karl Pearson, en los últimos años del siglo XIX y en los primeros del siglo XX, sientan las bases de la estadística inferencial, cuyas técnicas se aplican hoy a casi todos los dominios de la investigación científica, como la medicina, biología, economía, ciencias de la educación, psicología y química. La inferencia estadística intenta tomar decisiones basadas en la aceptación o el rechazo de ciertas relaciones que se toman como hipótesis. Esta toma de decisiones va acompañada de un margen de error, cuya probabilidad está determinada. Vargas (1995 pág. 33).

#### **6.4.1. Población, muestra e individuo**

Como parte de la información, se considera necesario incluir este tema, población o universo es el conjunto de los elementos que van a ser observados en la realización de un experimento. Cada uno de los elementos que componen la población es llamado individuo o unidad estadística. Los individuos no tienen por qué ser personas, sino que pueden ser objetos cualesquiera. Atendiendo al

número de elementos que la componen, una población puede ser finita o infinita. Aún en el caso de una población finita, el número de individuos que la forman puede ser suficientemente grande como para que no puedan ser observados todos ellos. En otras ocasiones, no es posible la observación de todos los individuos de la población debido al coste que ello supone. En estas situaciones se trabaja con un subconjunto de elementos de la población al que denominamos muestra. El número de elementos de la muestra es su tamaño. Vargas (1995 pág. 33).

#### **6.4.2. Caracteres y modalidad**

Este tema se considera importante, se puede definir algunas características que se medirán en la investigación, el autor escribe que se llama carácter de un individuo a cada una de las facetas bajo las cuales este puede ser analizado. El carácter es, por tanto, una propiedad que permite clasificar a los individuos de la población. Mientras que un mismo carácter puede presentar distintas situaciones, a las que llamaremos modalidades de dicho carácter. Así, el carácter sexo, por ejemplo presenta dos modalidades, masculino y femenino. Vargas (1995 pág. 34).

#### **6.4.3. Parámetros y estadísticos**

Este tema se considera necesario definir, es parte fundamental del análisis de datos que se realizarán en la investigación, el autor dice que “a los datos estadísticos contenidos en distribuciones de frecuencias se obtienen unos valores numéricos, que se utilizan como resúmenes cuantitativos de la misma, y que se denominan estadísticos o estadígrafos de la distribución. La media aritmética es un estadístico. “Vargas (1995, pág. 37).

El autor expone que hay dos tipos de estadísticos descriptivos e inferenciales, los estadísticos descriptivos son valores numéricos obtenidos a partir de los datos de una distribución de frecuencias y que señalan una característica de la misma. Los estadísticos inferenciales son también valores numéricos obtenidos a partir de los datos de una distribución estadística, pero que se utilizan para proporcionar información acerca de la población a que pertenece la muestra cuyos datos forman la distribución. Vargas (1995, pág. 37).

A esto complementa el autor con lo siguiente, muchos de los estadísticos descriptivos son también utilizados como estadísticos inferenciales. El valor correspondiente a un estadístico inferencial en la población se llama parámetro. La media aritmética poblacional es un parámetro. Los valores de los parámetros son, de ordinario, desconocidos, las poblaciones suelen ser demasiado amplias para tener un conocimiento directo de todos sus elementos. Por ello, los parámetros se estiman a partir de los datos de las muestras, usando técnicas propias de la estadística inferencial. Vargas (1995, pág. 37).

## **6.5. Productividad**

Productividad: mejoramiento continuo del sistema, más que hacerlo rápido, se trata de hacerlo mejor (Pulido). La productividad está amarrada a los resultados que da un sistema o proceso, para su incremento se debe mejorar los resultados de los recursos utilizados en este para generar un producto final. De manera general la productividad es un índice formado por los resultados obtenidos y los recursos utilizados. Se puede decir que la medición de la productividad resulta de la correcta utilización de los recursos para generar resultados.

Productividad=salidas/entradas.

Donde las entradas están conformadas por la mano de obra, energía, capital, entre otros; y las salidas por el producto final.

### **6.5.1. Indicadores de productividad**

La productividad se puede por medio de dos componentes diferentes la eficiencia y la eficacia. La eficacia es una relación sencilla entre los resultados obtenidos y los recursos consumidos. Por otro lado, la eficiencia es buscar optimizar los resultados de tal manera que no haya desperdicio.

Algunos términos que tienden a confundirse con la productividad y sus indicadores son los siguientes:

- Rendimiento: es una medida del grado de utilización de un capital.
- Aprovechamiento: es una medida del grado de utilización de materias primas y materiales.
- Rentabilidad: el índice o tasa de rentabilidad es la relación entre la utilidad obtenida y el valor de los activos para generarla.

### **6.5.2. Medición de productividad**

La medición de la productividad sirve a las empresas para mejorar, su finalidad es poseer un parámetro de comparación para identificar de qué manera se están empleando los recursos en el desarrollo de bienes o servicios.

Con este indicador se puede realizar estrategias o metodologías que permitan mejorar la productividad y por consecuencia la rentabilidad.

### **6.5.3. Tipos de productividad**

- Productividad parcial: es la que relaciona toda la salida del sistema con uno de los recursos utilizados.
- Productividad total: es la relación entre todas las salidas del sistema y todas las entradas.
- Productividad física: es el cociente entre la cantidad física de la salida y la cantidad necesaria de esa entrada.
- Productividad valorizada: es igual que la anterior pero en términos monetarios.
- Productividad bruta: es el cociente entre el valor bruto de la salida y la entrada, incluyendo el valor de todos los insumos.
- Productividad neta: se define como el valor agregado a la salida. Esta productividad neta es a veces denominada índice de valor agregado.

### **6.5.4. Importancia de la productividad**

Es de la única manera en que un negocio puede crecer y aumentar su rentabilidad (o su utilidad en operación) es aumentando su productividad. Es un instrumento que da origen a nuevos métodos y estrategias. Se debe de comprender cada uno de los aspectos del negocio o industria, el comportamiento de las ventas, finanzas, costos, mantenimiento, son áreas en las cuales se puede mejorar la productividad.

## **7. PROPUESTA DE CONTENIDO DEL INFORME FINAL**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS  
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Llantas y neumáticos

2.1.1. Características generales de los neumáticos

2.1.2. Componentes de una llanta

2.1.3. Construcción básica

2.1.4. Materiales de fabricación

2.1.5. Tamaño y etiquetado de las llantas

2.1.6. Desgaste de las llantas

2.2. Mantenimiento

2.2.1. Recomendaciones para el inflado de los neumáticos

2.2.2. Baja presión de inflado



- 2.2.3. Exceso de presión
- 2.2.4. Anomalías de las ruedas
- 2.2.5. Cámaras
- 2.3. Montacargas
- 2.4. Análisis estadístico
  - 2.4.1. Población, muestra e individuo
  - 2.4.2. Caracteres y modalidad
  - 2.4.3. Parámetros y estadísticos
- 2.5. Productividad
  - 2.5.1. Indicadores de productividad
  - 2.5.2. Medición de productividad
  - 2.5.3. Tipos de productividad
  - 2.5.4. Importancia de la productividad

### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## **8. METODOLOGÍA**

Para este diseño de investigación se plantearán de manera más específica los siguientes puntos: el diseño de la investigación, el tipo y el alcance. El mismo se considera un experimento, se realizarán pruebas a dos grupos diferenciados, considerando variables dependientes e independientes, adicional a eso la prueba se realizará en campo, las condiciones de trabajo para la unidad de observación deben de ser en condiciones reales.

### **8.1. Diseño de investigación**

El diseño de esta investigación es experimental, se tiene tanto una variable independiente, lo que será la presión de inflado de los neumáticos. Esta variable va a incidir en una variable dependiente, que es el rendimiento, o la cantidad en horas de vida que tendrá el producto que se observará. Esta observación se realizará en campo, no puede ser hecho adentro de un laboratorio.

Se probarán dos grupos de neumáticos de estudio, un grupo con un control de la cantidad de aire aplicada a cierta presión de aire, y el otro tendrá un valor diferente.

Se puede mencionar la presión de inflado de los neumáticos, se tendrá a disposición un compresor de aire, y se monitoreará el rango de presión de los neumáticos. Esta a su vez se manipulará en más de dos grados, no se puede trabajar con un sistemas de presencia-ausencia, se tomarán rangos recomendados por el fabricante, y a su vez rangos de baja presión de aire.

Este experimento tendrá un contexto de campo, se probará en condiciones de operación reales.

Para el diseño experimental, se tendrá una secuencia vertical, se realizará el experimento al mismo tiempo.

RG1	0	X	0
RG2	0	X	0

Este diseño de experimento se diagramó de esta manera, se tendrán dos grupos elegidos por muestreo de la población total. A la primera muestra se aplicará un valor de presión de aire; mientras que a la segunda muestra, se aplicará un valor diferente de presión de aire.

## **8.2. Tipo de estudio**

El tipo de esta investigación será correlacional, se tiene una variable dependiente que es el tiempo de vida de los neumáticos industriales y una variable independiente que es la presión de aire aplicada, y lo que se busca responder es si con el monitoreo de una variable que es la presión de aire aplicada a las llantas, se tendrá un efecto con el rendimiento y tiempo de vida de la llanta. Si se encuentra una correlación entre la presión de aire aplicada y el tiempo de vida de la llanta, eventualmente se podrán realizar análisis de regresión lineal para hacer estimaciones y dejar parámetros de la duración de las llantas. Las variables a tomar en cuenta dentro del estudio son: la presión de aire, y la duración en horas de los neumáticos.

### **8.3. Alcance de la investigación**

El alcance de la investigación es descriptivo, se busca exponer las propiedades y características del fenómeno que será sometido a análisis, en este caso la relación que existe entre presión de inflado de aire y el tiempo de vida de neumáticos industriales; además, el estudio estará basado en el método experimental, se tendrán dos grupos de observación que tendrán valores distintos en sus variables independientes, todo esto con un enfoque cuantitativo con respecto a los resultados que se irán obteniendo a lo largo de dicha investigación.

### **8.4. Variables e indicadores**

Las variables a utilizar en esta investigación son de tipo cuantitativas y cualitativas, los indicadores que se requieren son de tipo cuantitativo; de esta manera se podrá determinar la relación entre las variables dependientes e independientes.

Es necesario enfocarse principalmente en tres variables en este estudio, a continuación se describirán. La primera es la cantidad de aire aplicada o la presión de inflado aplicada a los neumáticos. También se considera de suma importancia enfocarse en los trayectos de recorridos, y las horas trabajadas.

A continuación se presenta una tabla resumen con las variables y cada uno de sus indicadores de cumplimientos.

Tabla I. **Variables e Indicadores**

Variable	Tipo de medición	Indicadores					Forma de medición
Presión de inflado	Intervalo	Número de libras de presión de aire contenidas en cámara					Promedio de las mediciones diarias al comenzar operación
Tipo de piso	Escala de Likert	1 pésimo	2 malo	3 Regular	4 Bueno	5 Excelente	Medido por inspección al iniciar la investigación
Desgaste	Escala Bipolar	Totalment e lisa				Dibujo perfecto	Medido quincenalmente por inspección visual
Horas de trabajo	Intervalo	Número de horas trabajadas					Medida al terminar su operación en contraste con su instalación.

Fuente: elaboración propia.

## 8.5. Población y muestra

La población se conforma del número total de llantas usadas por las distintas unidades que trabajan en el lugar observado, son 17 unidades que utilizan 4 llantas cada una, lo que da un total de 68 llantas utilizadas.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- N = total de la población (cantidad de días de producción)
- $Z_{\alpha}$  = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95 %)
- p = proporción esperada (en este caso 5 % = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)
- d = precisión (en su investigación use un 5 %).

- Población: Se tomará como población al número total de neumáticos estimados a utilizar en las unidades en la segunda mitad del año 2016.
- Muestra para el cálculo de la productividad del equipo instalado: según el resultado al sustituir valores en la fórmula anterior.

## **8.6. Análisis y obtención de información**

Para realizar un análisis de rendimiento se deberá contar con cierta información de carácter obligatorio, como las horas de uso de las llantas, y los datos de presión de inflado de las llantas.

Al terminar el proceso de recolección de datos, a través de un formato de toma de datos, se elaborará y se tabulará en Microsoft Excel, para analizar de qué manera afecta la variable independiente a la dependiente. Luego se podrá realizar un análisis matemático que permitirá la parametrización de la duración del objeto analizado.

## **8.7. Fases de metodología a aplicar**

De acuerdo a los objetivos propuestos, el procedimiento de la investigación se divide en cuatro fases para satisfacer los objetivos planteados:

### **8.7.1. Fase 1**

Fase 1: Revisión documental:

Esta fase se tomará como una fase diagnóstico, se investigará cuántos juegos de llantas se está utilizando en el lugar de prueba, qué tipo de llantas

son las que se están utilizando y bajo qué condiciones se está operando, se observará también la gestión del mantenimiento preventivo.

### **8.7.2. Fase 2**

Fase 2: Establecer el rendimiento de la vida útil en horas de los neumáticos industriales en un período de uso durante los siguientes seis meses.

Durante la segunda fase, se observará el tiempo de vida útil de los neumáticos industriales, esto con el objetivo de establecer el rendimiento y el uso que se les da. Se medirán dos grupos con valores de presión diferentes para observar como varía el rendimiento con base a la variable independiente.

### **8.7.3. Fase 3**

Fase 3: Identificar la relación que tienen los factores críticos (presión de inflado de aire) y la duración en horas de vida:

Durante la 3ra fase, se tomarán los datos recopilados, y por medio de análisis matemáticos, y de comparación, se observará la diferencia o la similitud que tendrán los datos de la corrida de los experimentos de los dos grupos en cuestión. Por medio de regresiones lineales, se espera presentar datos de cómo las variables afectan el resultado, que en este caso es la duración de los neumáticos. Luego de tener estos datos, se realizará una propuesta de servicio Post venta para monitorear los neumáticos y así tener un mejor rendimiento.

#### **8.7.4. Fase 4**

Fase 4: Medir la mejora en la productividad de neumáticos, utilizando el análisis estadístico, por medio del coeficiente de Pearson.

Durante la 4ta fase, se utilizarán los datos del análisis estadístico y se medirá la mejora en la productividad de la operación, esto realizando un estudio económico del ahorro en consumo de llantas para el funcionamiento de los montacargas observados.





## **9. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Las técnicas de análisis de la información del estudio, se describen a continuación.

Para recabar los datos necesarios para generar un análisis de rendimiento de neumáticos formato anexo 1, se propone tomar los datos de su operación, con su debido registro y ajuste si es necesario, esto por medio de formatos específicos y sencillos de manejar. Esto se hará por medio de un formato proporcionado a los técnicos que esta adjunto en los anexos.

Una vez recogida la información, se procede a la codificación y la tabulación de la misma, con el fin de ser analizada gráfica y estadísticamente, esto con el propósito de generar parámetros de uso por medio de regresiones lineales.

Para el análisis de esta información, se propone la observación del sitio de trabajo, y luego trabajarlo por medio de diagrama causa-efecto, esto con el objetivo de realizar un análisis extenso de cómo el medio afecta las situaciones observadas.

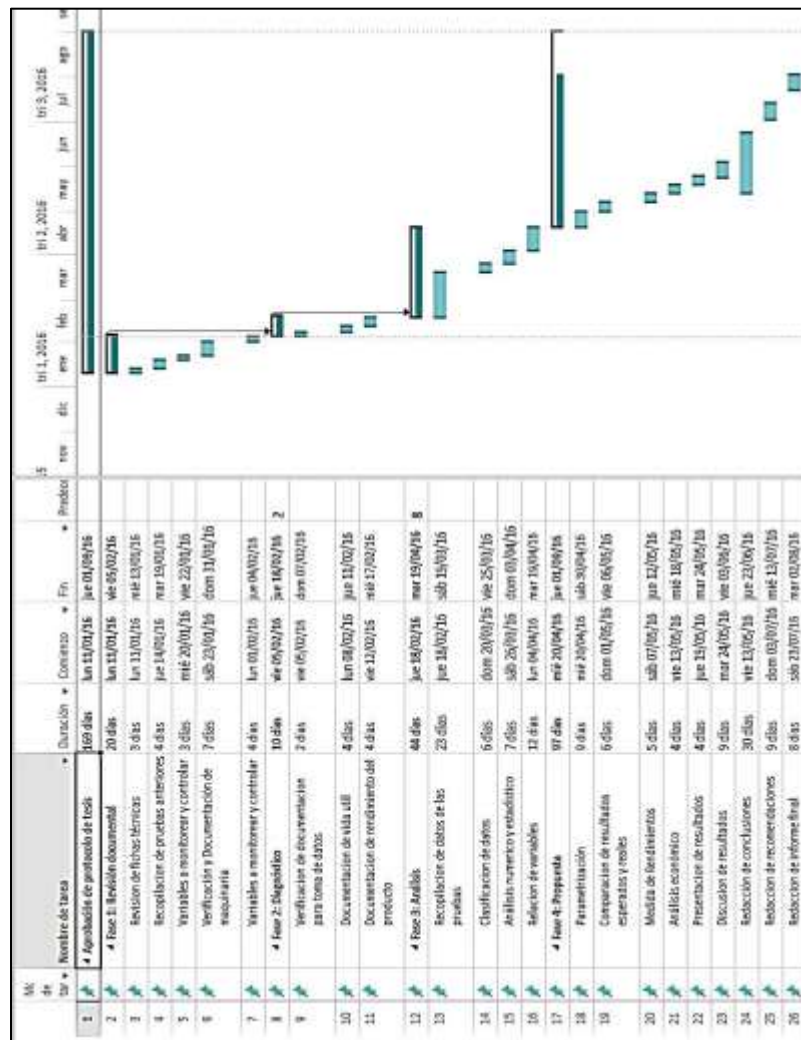
La estadística inferencial se aplicará al momento de analizar los datos, se dejarán parámetros de las horas de vida útil de los neumáticos, y con la utilización del análisis paramétrico de los datos podremos analizar la relación entre dos variables estudiadas, en este caso una independiente que será la presión de aire aplicada a las llantas, y una variable dependiente, que es el rendimiento de las llantas en horas.

Por medio del coeficiente de relación de Pearson y regresiones lineales se pretende lograr las pruebas paramétricas.

## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Figura 6. Cronograma de actividades

A continuación se detallan las actividades a realizar.



Fuente: elaboración propia.



## 11. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En la siguiente tabla se presentan los recursos que se van a utilizar para implementar el diseño de la investigación; los recursos provienen de la empresa donde se realizará el estudio.

Tabla II. Recursos necesarios

RECURSOS ACTIVIDADES	HUMANOS	MATERIALES	TÉCNICOS
1 Documentación: Reunir información acerca de las operaciones, actividades y tareas de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de área</li> <li>• Vendedor</li> <li>• Investigador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuales de procedimientos</li> <li>• Documentación de la empresa</li> <li>• Documentación de proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de datos</li> <li>• Hoja de cálculo</li> </ul>
2 Elaboración de análisis FODA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de resumen</li> <li>• Fichas documentales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bases de datos</li> </ul>
3 Fase experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigador</li> <li>• Técnico de planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas de seguimiento</li> <li>• Hojas de verificación</li> <li>• Fichas técnicas de fabricante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de calculo</li> <li>• Tablas de coeficiente de Pearson</li> </ul>
4 Presentación de resultados con análisis financiero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de área</li> <li>• Equipo de ventas</li> <li>• Equipo técnico</li> <li>• Cliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis financiero</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Recursos humanos

Recurso Humano
Investigador (estudiante de Postgrado)
Asesor y revisor de la investigación
Colaboradores de la empresa

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Recursos materiales**

Computadora
Medidor de temperatura
Medidor de presión
Compresor
Manguera
Regulador
Juego de neumáticos
Cámara fotográfica
Tablilla
Tinta
Resma de hojas

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Presupuesto**

<b>Recursos</b>	<b>Monto Quetzales</b>
Computadora	Q6,000.00
Medidor de temperatura	Q2,000.00
Medidor de presión	Q100.00
Compresor	Q5,000.00
Manguera	Q150.00
Regulador	Q100.00
Juego de neumáticos	Q5,000.00
Cámara fotográfica	Q1,300.00
Tablilla	Q50.00
Tinta	Q130.00
Resma de hojas	Q50.00
Pago por asesoría	Q2,500.00
<b>Total</b>	<b>Q22,380.00</b>

Fuente: elaboración propia.

El financiamiento de la investigación lo cubrirá en conjunto la empresa y el investigador, de esta manera se pagarán los gastos anteriormente descritos.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, D. y Luque, P. (2003) *Investigación de accidentes de tráfico*. España: Universidad de Oviedo (409 págs.)
2. Bridgestone Americas Tire Operations, LLC (2016) *Información del mantenimiento del producto*. Consultado el 25 de ago. de 16, de <http://www.bridgestonetire.com/es/customer-care/faq#Maintenance>
3. Corado, D. (2012) *Diseño de una estrategia de servicio al cliente, para una empresa comercializadora de diésel en Guatemala*. USAC. Guatemala (79 págs.)
4. Domínguez, A y Muñoz, G. (2010) *Métricas del marketing* (2da edición) España: Esic Editorial. (220 págs.)
5. Equipo Vértice (2008) *Manual de la calidad en el servicio al cliente*. España: Publicaciones Vértice. (251 págs.)
6. Goodyear Dunlop Tires Europe B.V (2016) *Presión de las ruedas*. Consultado el 25 de ago. de 16, de [https://www.goodyear.eu/es\\_es/consumer/learn/checking-your-tire-pressure.html](https://www.goodyear.eu/es_es/consumer/learn/checking-your-tire-pressure.html)
7. Groover, M. (1997) *Fundamentos de manufactura moderna*. Estados Unidos, Pearson Educación. (1062 págs.)



8. Industrias Michelin, S.A. de C.V. (2016) *Glosario de llantas*. Consultado el 25 de ago. de 16, de <http://www.michelin.com.mx/tires-101/tire-basics/glossary.page>
9. Juárez, A. (2011) *El servicio al cliente para mantener la cartera de clientes de un taller de mecánica automotriz en la zona 2 de Mixco*. USAC. Guatemala (189 págs.)
10. Martínez, A. *Manual de Información técnica de neumáticos*. México, Dirección de transporte Conae ( 27 págs.)
11. Martos, F., López, J. y Ramírez, M. (2006) *Temario Personal Laboral Conductor* (1era edición) España: Editorial Mad, S.L. (443 págs.)
12. Michelin North América Inc. (2012, 30 de julio) *Boletín Técnico Michelin*. Consultado el 25 de ago. de 16, de <http://michelin.softbox.mx/boletinesTecnicos/03%20Vida%20util.pdf>
13. Mike Byrnes and Associates, Inc (2005) *Bumper to Bumper, La guía completa para operaciones de autotransporte de carga*. Corpus Christi, Tx, Mike Byrnes and Associates, Inc. (235 págs.)
14. Ortega, A. (2010) *Mantenimiento mecánico preventivo del vehículo* (1era edición) España Editorial Aran Ediciones. (326 págs.)
15. Orovio, M. (2010) *Tecnología del Automóvil* (1era edición) España: Ediciones Paraninfo, S.A. (663 págs.)

16. Palencia, A. (2012) *Estrategias de servicio al cliente, como ventaja competitiva para la empresa de servicios técnicos industriales, en el municipio de Villa Nueva*. USAC. Guatemala (131 págs.).
17. Paz, R. (2005) *Servicio al cliente. La comunicación y la calidad del servicio en la atención al cliente* (1era ed.) España: Ideas propias Editorial. (141 págs.)
18. Pérez Torres, V. (2007) *Calidad total en la atención al cliente* (1era ed.) España: Ideas propias Editorial. (81 págs.)
19. Pivaral, M. (2013) *Diseño de un sistema de servicio al cliente en el centro de investigaciones de ingeniería de la universidad de san Carlos de Guatemala*. USAC. Guatemala (135 págs.).
20. Polanco, L. (2012) *Diseño del proceso de servicio al cliente en una empresa distribuidora de lubricantes para elevar el nivel de satisfacción del consumidor final*. USAC. (114 págs.).
21. Rubio, J. (2005) *Manual para la formación de nivel superior en prevención de riesgos laborales*, México, Ediciones Díaz de Santos. (901 págs.)
22. Vargas, A. (1995) *Estadística descriptiva e inferencial*. España: Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla- La mancha. (576 págs.)





