

Universidad Internacional del Ecuador

Escuela de Ingeniería Automotriz



Tema:

**Determinación de la Eficacia del Frenado en un Vehículo Chevrolet
Aveo Emotion utilizando Distintos Materiales de Fricción en los
Elementos Frenantes**

Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz

Boris Mauricio Paredes Morales

Director:

Ing. Alex Llerena Mena, MSc.

**Guayaquil-Ecuador
Febrero, 2021**

Universidad Internacional del Ecuador**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado****Ing. Alex Llerena Mena, MSc.****CERTIFICA**

Que el trabajo titulado “Determinación de la Eficacia del Frenado en un Vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando Distintos Materiales de Fricción en los Elementos Frenantes”, realizado por el estudiante: Boris Mauricio Paredes Morales, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por La Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido investigativo y con pruebas de campo, contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información del mismo. De igual manera, autoriza al señor Boris Mauricio Paredes Morales, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, febrero 2021

Ing. Alex Llerena Mena, MsC.

Director de Proyecto

Universidad Internacional del Ecuador**Escuela de Ingeniería Automotriz****Certificado y Acuerdo de Confidencialidad**

Yo, Boris Mauricio Paredes Morales, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Boris Mauricio Paredes Morales

Dedicatoria

Dedico esto a Dios, a mis padres: Ana Morales Haro y José Paredes Figueroa, a mis hermanos y toda mi familia por el soporte incondicional que me brindaron a lo largo de estos años cuando cursaba la carrera. Sin dudar, soy feliz al dejar por escrito que cada uno de ellos formaron parte de esta meta, convirtiéndose cada uno en un eslabón para esta gran cadena llamada familia. Por mí, por ustedes y para ustedes estas palabras cargadas de humildad, cariño y agradecimiento.

Agradecimiento

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y demás familiares que fueron apoyo esencial para la obtención de este objetivo.

Agradezco a los docentes y otros colaboradores de la UIDE, aquellos que ayudaron a formarme como profesional y buen ser humano porque en más de una ocasión brindaron consejos de mucha utilidad para mi vida. Además del respeto, consideración y gratitud que sembraron porque fueron más allá de su rol haciendo las cosas por convicción y eso es un valor agregado que los va a diferenciar siempre, a los que aún están y a los que dejaron su huella en la UIDE, gracias.

Agradezco a la empresa a la que pertenezco, quienes me han brindado todo su apoyo en lo que a ellos respecta para que haya podido estudiar y cumplir con mi propósito.

Gracias a mis amigos y a las personas que aportaron en mi crecimiento personal.

Resumen

Los sistemas de seguridad implementados actualmente en los vehículos se han convertido en un aspecto primordial para su fiabilidad y confort. Uno de los sistemas más importantes, y, por ende, de mayor estudio para su desarrollo, es el sistema de frenado. Dicho sistema está en constante uso durante la conducción, por lo que requiere de elementos y materiales que eficazmente conviertan la energía cinética en energía calórica producida por el rozamiento.

En el presente estudio se establece los conceptos básicos de frenado, así como los elementos y tipos de freno que se emplean con mayor frecuencia en la actualidad.

Además, se profundizó en los materiales utilizados como elementos de fricción en zapatas y pastillas, para establecer su eficacia de frenado mediante un banco dinamométrico. Estas pruebas de campo serán realizadas en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion y así determinar la calidad de los elementos frenantes utilizados.

Posteriormente, con la información recopilada acerca de los repuestos originales y alternos utilizados en vehículos livianos, así como las normas para el procedimiento de comprobación de frenado, se realizaron las pruebas de campo con el uso de un frenómetro para determinar la eficacia de los repuestos utilizados. Con los datos recopilados, se comparó mediante tablas y gráficos para cuantificar la eficacia de frenado del repuesto original y del repuesto alternativo.

Finalmente, se establecieron consideraciones puntuales de cada repuesto utilizado en las pruebas de campo, ya que esto ayudará a guiarse de mejor manera para decantarse por el repuesto adecuado de acuerdo con cada necesidad.

Palabras clave: eficacia, frenos, materiales, frenómetro, repuestos alternos, pastillas, zapatas, repuestos originales.

Abstract

Nowadays, security systems used in vehicles has turned to essential for reliability and comfort.

One of the most important systems, and therefore the most studied on it, is the brake system.

This system is used constantly while driving, so it requires efficiently materials to transform kinetic energy into heat energy produced by friction.

This study establishes basic braking concepts, as well as brakes types and elements used frequently today.

In addition, we have analyzed in depth the brake shoes and pads materials, to determine their efficiency through a dynamometric bench or brake meter. These tests will be performed on a Chevrolet Aveo Emotion to verify the quality of original and third-party spare parts.

Later, based on the collected information, and guides to brake check procedure, it was implemented to collect data of the brake machine. Then, it was compared using charts and graphs to quantify the braking efficiency from both.

Finally, specific considerations were established for each part in the brake tests because it will help as a guide to choose the right spare part according our needs.

Keywords: efficiency, brakes, materials, brake tester, alternate parts, pads, shoes, original parts.

Índice General

Certificado.....	iii
Certificado y Acuerdo de Confidencialidad.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice General	ix
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras	xiii
Capítulo I	1
Antecedentes	1
1.1 Tema de Investigación	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema	4
1.2.3 Sistematización del Problema	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	5
1.4.1 Justificación Teórica.....	5
1.4.2 Justificación Metodológica	5
1.4.3 Justificación Práctica.....	6

1.4.4 Delimitación Temporal.....	6
1.4.5 Delimitación Geográfica	6
1.4.6 Delimitación del Contenido.....	6
1.5 Hipótesis	7
1.6 Variables de Hipótesis.....	8
1.6.1 Variables Independientes	8
1.6.2 Variables Dependientes	8
Capítulo II.....	9
Marco Referencial	9
2.1 Marco Teórico	9
2.1.1 Conceptos Preliminares.....	9
2.1.2 Definición de Frenado.....	9
2.1.3 Tipos de Sistema de Frenos.....	10
2.1.4 Eficacia de Frenado	16
2.1.5 Principio de Funcionamiento del Frenómetro.....	18
2.2 Marco Conceptual	20
2.2.1 Frenos de Tambor	20
2.2.2 Frenos de Disco	21
2.2.3 Materiales Utilizados en Frenos	21
2.2.4 Coeficiente de Fricción	25
2.2.5 Energía Cinética.....	25
2.2.6 Eficacia de los Frenos.....	26
2.2.7 Prueba de Frenado.....	26
2.2.7 Especificaciones Generales.....	27

Capítulo III	29
Metodología.....	29
3.1 Diseño Metodológico	29
3.1.1 Método de Investigación	29
3.1.2 Tipo de Investigación	29
3.1.3 Especificaciones Generales.....	29
3.1.4 Frenómetro Maha	31
3.1.5 Software Eurosystem	33
3.2 Técnicas de Medición de Eficacia de Frenado	36
3.2.1 Factores Determinantes	36
3.2.2 Procedimiento de Obtención de Resultados	37
3.2.2 Obtención de Datos de Pruebas	38
Capítulo IV.....	42
Análisis de resultados.....	42
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Bibliografía	50

Índice de Tablas

<i>Tabla 1 Codificación de los Materiales de Fricción Según Norma INEN</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2 Datos Técnicos del Banco de Freno Maha Modelo MBT2250.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3 Especificaciones Técnicas del Sistema de Frenos Chevrolet Aveo Emotion</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4 Resultados de las Pruebas de Frenado con los Repuestos Originales.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 5 Resultados de las Pruebas de Frenado con los Repuestos Alterno.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6 Análisis de Desequilibrio de Ejes</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 7 Resultados de Pruebas de Frenado con Repuesto Original.....</i>	<i>46</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 Esquema del Sistema de Freno Mecánico</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2 Sistema de Freno de Tambor.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 Esquema de Sistema de Freno Hidráulico</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4 Principio de Pascal</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5 Mordaza de Freno de Disco.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6 Esquema del Sistema de Freno Neumático</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7 Freno de disco accionado por motor eléctrico.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 8 Relación de la fuerza de frenado del eje trasero vs eje delantero</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9 Esquema Funcionamiento Interno del Frenómetro</i>	<i>19</i>
<i>Figura 10 Partes de las Zapatas de Freno</i>	<i>20</i>
<i>Figura 11 Partes de las Pastillas de Freno</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12 Materiales de Fibras en Elementos Frenantes.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 13 Materiales de Cargas</i>	<i>22</i>
<i>Figura 14 Materiales Aglutinantes (Goma y Resina Fenólica).</i>	<i>23</i>
<i>Figura 15 Materiales Lubricantes.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 16 Materiales Modificadores de Fricción.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 17 Efecto del Desequilibrio de Frenado.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 18 Banco de Pruebas de Freno Marca Maha MBT2250.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 19 Interfaz de Control Frenómetro Maha</i>	<i>32</i>
<i>Figura 20 Interfaz de Programa Eurosystem en Banco de Pruebas Maha.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 21 Medida de Neumáticos Utilizados en las Pruebas de Freno.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 22 Pastillas Originales Instaladas en el Vehículo Chevrolet Aveo Emotion.....</i>	<i>37</i>

<i>Figura 23 Colocación del Vehículo en los Rodillos del Banco de Pruebas.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 24 Ubicación de Neumáticos en los Rodillos de Frenómetro</i>	<i>38</i>
<i>Figura 25 Pastillas Alternas Instaladas en el Vehículo Chevrolet Aveo Emotion</i>	<i>40</i>
<i>Figura 26 Zapatas Originales Montadas en el Tren Posterior del Vehículo Chevrolet Aveo Emotion.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 27 Repuesto Alterno.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28 Gráfica de Resultados de Pruebas de Frenado.....</i>	<i>44</i>

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Determinación de la Eficacia del Frenado en un Vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando Distintos Materiales de Fricción en los Elementos Frenantes

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En la actualidad, el campo automotriz cuenta con un sinnúmero de repuestos de distintas marcas y variedad de materiales utilizados. Para los sistemas de frenado, específicamente, dichos suministros deben cumplir con estándares de calidad para brindar confianza y seguridad al momento de la conducción. Es por ello por lo que, determinar la eficacia de frenado de cada uno de dichos materiales en un determinado modelo de vehículo, nos ayudará a saber elegir entre ellos de acuerdo con nuestros requerimientos.

En la inspección técnica de vehículos (ITV) son de suma importancia los procedimientos de inspección aplicables al frenado de automotores con sistemas neumáticos. Los parámetros técnicos de dicha inspección se basan en la norma ISO 21069-2 de verificación en frenómetro de la eficacia del frenado.

ISO 21069-2 describe el procedimiento para obtener resultados de mediciones comparables en pruebas de frenado, de modo que la eficiencia del sistema de frenos se puede evaluar confiablemente. Esta normativa determina los símbolos y definiciones; métodos de prueba; condiciones de la prueba; equipo de prueba requerido; precisión del equipo de prueba; registro y cálculo de datos necesarios; presentación de resultados; y criterios de evaluación para aprobar o no aprobar.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El progreso de la tecnología implementada en el sector automotriz crece sustancialmente cada año. El desarrollo de nuevos materiales aplicados a los vehículos, así

como en sus repuestos, nos permite una mayor fiabilidad al momento de conducir. Sin embargo, en la mayoría de las ocasiones los propietarios de vehículos desconocen las características y cualidades que deben cumplir dichos repuestos para poder cumplir a cabalidad su misión.

La falta de asesoramiento técnico en los talleres automotrices contribuye también a una mala elección por parte de sus clientes cuando tienen que optar por un determinado repuesto. Se suma a esto, el factor costos, siendo un elemento determinante en la elección del producto.

El coeficiente de fricción se define dividiendo la fuerza de fricción para la carga normal aplicada. En Ecuador, la norma INEN publicada en 2012 referencia dichos coeficientes según los materiales utilizados tal como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1

Codificación de los Materiales de Fricción Según Norma INEN

LETRA DEL CODIGO	COEFICIENTE DE FRICCION
C	$\mu \leq 0.15$
D	$0.15 < \mu \leq 0.25$
E	$0.25 < \mu \leq 0.35$
F	$0.35 < \mu \leq 0.45$
G	$0.45 < \mu \leq 0.55$
H	$\mu > 0.55$
Z	Sin clasificación

Fuente: Adaptado de Norma INEN 2012. (<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2185-3R.pdf>)

Los elementos de frenado constituyen en el vehículo un sistema indispensable para la seguridad del conductor. En el sistema de frenos de disco, así como el sistema de frenos a tambor, se requiere un coeficiente de fricción mínimo en los elementos rozantes (pastillas, zapatas y sus revestimientos) para cumplir con normas establecidas en cada país.

Los materiales utilizados en los elementos frenantes definen dicho coeficiente, y por lo tanto se puede determinar su duración y calidad. Para una mayor precisión de recopilación de datos, se reducirá al mínimo las variables externas y nos enfocaremos en las cualidades de los elementos frenantes. Para aquello, las pruebas de campo se realizarán en un vehículo Chevrolet Aveo, el cual es uno de los modelos más comercializados en el país, y por la gran cantidad de accidentes que se producen anualmente donde se involucran directamente este modelo.

Según información registrada por la Agencia Nacional de Tránsito (Ecuador), en el año 2018, se produjeron accidentes de tránsito, en el cual una posible causa fue el no cumplir con las normas de seguridad al transportar diferentes tipos de carga.

En el caso nacional, muchos vehículos, son empleados inapropiadamente, en algunas provincias de Ecuador se los usa para llevar insumos de un lugar a otro, este tipo de actividad se lleva a cabo sin conciencia ya que en ciertas ocasiones los conductores o propietarios, los sobrecargan sin tener en cuenta o conocimiento de que esto puede ocasionar problemas en el sistema de frenos y como consecuencia este tipo de negligencia puede ocasionar accidentes.

Se investiga la eficiencia del sistema de frenos al someter el vehículo a diferentes tipos de carga. Se considera al sistema de frenos como uno de los dispositivos de seguridad más importantes de un vehículo. Sin embargo, el conductor sólo percibe por su efecto, lo que sucede detrás del pedal de freno.” (Bosch, 2005).

En el año 2019, la cifra de accidentes de tránsito en el país ascendió a 60.000 siniestros, de los cuales el 20% se produjeron por falla de frenos en los automóviles (Agencia Nacional de Tránsito, 2019).

Es por ello por lo que, determinar un ranking en la eficacia y fiabilidad de repuestos frenantes en el área automotriz ayudará tanto a dueños de vehículos como a propietarios de talleres y concesionarios, a decantarse por la mejor opción de acuerdo con sus requerimientos.

1.2.2 Formulación del Problema

¿El proyecto para la determinación de la eficacia del frenado en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando distintos materiales de fricción en los elementos frenantes permitirá determinar los mejores materiales usados en pastillas y zapatas y así elegir la mejor opción de las disponibles en el mercado nacional?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuál será la influencia de acuerdo con esta investigación en los propietarios de vehículos y talleres para la elección de sus repuestos en el sistema de frenos?
- ¿Cuáles son los tipos de repuestos y sus materiales que más se utilizan en nuestro medio?
- ¿Cuáles son los principales factores que toman en cuenta los dueños de vehículos para decantarse por una opción de repuesto específico?
- ¿Cómo se desarrollará el plan para pruebas de campo para determinar el repuesto más idóneo?
- ¿Qué tan útil será la determinación de eficacia para cada tipo de repuesto en el ámbito de economía y seguridad para el conductor?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar la eficacia de frenado de los materiales utilizados en los repuestos automotrices mediante pruebas en campo en un vehículo Chevrolet Aveo utilizando un banco dinamométrico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades de los materiales más utilizados en los elementos frenantes del vehículo.

- Distinguir las características físicas y funcionales de los repuestos originales y alternos en el sistema de frenado.
- Comparar los resultados obtenidos en el banco de pruebas entre distintos tipos de repuestos de frenado ofertados en el mercado.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

La oferta de gran variedad de repuestos automotrices para el sistema de frenado evidencia un desconocimiento por parte de los consumidores de una adecuada elección en base a parámetros técnicos de calidad y de confiabilidad para sus vehículos. En lugar de esto, los propietarios se basan la mayoría de las veces en su aspecto y precio para inclinarse por determinado repuesto.

1.4.1 Justificación Teórica

En la presente tesis se investigará con precisión la calidad de materiales y repuestos existentes en nuestro medio enfocado en los repuestos del sistema de frenos. Al entendimiento común, se pudiera tener la idea que todos los repuestos ofrecidos actualmente cuentan con las especificaciones y requerimientos mínimos para la aplicación automotriz. Sin embargo, al no haber una normativa renovada anualmente en el país, da paso a poder importar cualquier tipo de repuesto poniendo en riesgo la vida de las personas que forman parte de la movilidad.

Así mismo, se determinará la diferencia entre un repuesto original u OEM (Original Equipment Manufacturer) y un repuesto alterno, sus diferencias, beneficios y costos.

1.4.2 Justificación Metodológica

Para la obtención de pruebas de campo con la única variable de los tipos de repuestos en el sistema de frenos (pastillas, zapatas) en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion, se utilizará un banco dinamométrico que determinará la precisión de frenado, así como el desgaste de los elementos rozantes. Dicho equipo, está calibrado bajo parámetros establecidos por la empresa SGS para la revisión técnica vehicular en la ciudad de Guayaquil. Con la ayuda de este equipo

automotriz, se logrará obtener una media de la cantidad de pruebas realizadas y así interpretar de mejor manera los resultados obtenidos.

1.4.3 Justificación Práctica

Con el desarrollo de este proyecto, se definirá con precisión la importancia de elegir un repuesto adecuado en el sistema de frenos para un vehículo. Así mismo, ayudará como soporte para realizar un balance de costo-beneficio del repuesto adquirido por el consumidor final. Con esto, se buscará siempre brindar una noción más amplia sobre el repuesto que se está adquiriendo para precautelar la seguridad en las vías del país.

1.4.4 Delimitación Temporal

El proyecto se desarrollará desde el mes de junio de 2020 hasta el mes de enero de 2021, lapso que permitirá realizar la investigación, así como las pruebas de campo.

1.4.5 Delimitación Geográfica

Las pruebas prácticas del proyecto se realizarán en un banco dinamométrico en la ciudad de Guayaquil, el cual nos ayudará a determinar la eficacia de frenado de cada elemento de recambio. De igual manera, se utilizará un vehículo Chevrolet Aveo Emotion para instalar los distintos tipos de repuestos en estudio, para tomar los datos que el banco nos proporcione.

1.4.6 Delimitación del Contenido

En el presente proyecto se buscará cuantificar la eficacia de frenado de diferentes tipos y marcas de repuestos automotrices en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando un banco dinamométrico para obtener los datos de cada prueba.

El primer capítulo está enfocado a los antecedentes de la investigación, los objetivos y al planteamiento del problema.

En el segundo capítulo, se establece un marco referencial del sistema de frenos de un vehículo y sus distintos tipos de repuestos y materiales utilizados, con sus definiciones y conceptos para tener una base teórica del tema tratado. De igual manera, se revisará estadísticas

de accidentes de tránsito suscitados en la ciudad de Guayaquil, para determinar los fallos más comunes y poder involucrar nuestro estudio de forma práctica con el fin de reducir estas estadísticas.

Luego de esto, se tendrán en cuenta las características técnicas del auto Chevrolet Aveo Emotion con el fin de precisar los elementos del sistema de frenos que utiliza y los distintos tipos de repuestos originales y alternos que se pueden utilizar como elementos frenantes.

El tercer capítulo tiene como objetivo el desarrollo de las pruebas de campo del tema tratado. Se realizará la recopilación de información de los datos que nos proporcione el banco de pruebas con los repuestos originales y alternos. Se realiza un estudio estadístico de los datos recopilados para acercarnos con mayor precisión a la media de todas las pruebas realizadas con cada una de las variables y así determinar las mejores opciones de repuestos.

El cuarto capítulo, está enfocado en comparar y contrastar los resultados obtenidos en las pruebas con la teoría presentada anteriormente. Se concluye cuales repuestos y materiales se comportan de mejor manera en distintas circunstancias y poder elegir el mejor.

Finalmente, se analizan las conclusiones del proyecto y recomendaciones a tener presente en base al tema en estudio, y así poder contribuir en el área de repuestos en el sistema de frenos.

1.5 Hipótesis

La determinación de la eficacia de frenado de repuestos con distintos materiales de fricción probados en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion es un estudio que nos ayudará a elegir entre diversos tipos de repuestos ofrecidos en el mercado actual, con criterios técnicos acorde a las aplicaciones y condiciones que los necesitemos. Así, podremos considerar varios factores, previo a la adquisición de los repuestos en el sistema de frenado.

1.6 Variables de Hipótesis

1.6.1 Variables Independientes

- Eficacia de frenado de elementos frenantes en auto Chevrolet Aveo Emotion

1.6.2 Variables Dependientes

- Marcas de repuestos del sistema de frenos
- Tipos de materiales utilizados en elementos frenantes
- Tipo de conducción del vehículo

Capítulo II

Marco Referencial

La eficiencia de frenado es la importancia de detener el vehículo en cuanto a distancia en el tiempo.

Se cuantifica por la deceleración (aceleración negativa) que sucede durante el proceso de frenado. Por convención de medida se considera que la eficacia de los frenos alcanza el 100% cuando la deceleración medida es igual a la aceleración de la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$), también representada como 1G.

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Conceptos Preliminares*

Desde fines del siglo XVIII cuando se inventó el primer automóvil, hasta la actualidad, los fabricantes de vehículos a nivel mundial se han mantenido a la vanguardia en el descubrimiento y desarrollo de nuevas tecnologías para ser aplicadas en la industria automotriz. Entre los objetivos principales de las fábricas líderes, a más de ser competitivos entre sí para obtener réditos económicos, es brindar al consumidor final un producto que tenga un alto grado de confiabilidad y seguridad en las vías. Es así, que invierten millones de dólares anuales en descubrimiento de nuevos materiales para aplicarlos en los vehículos.

En el tema de seguridad, el sistema de frenos cumple un rol determinante para la evaluación de este parámetro. Dicho sistema consta con algunas variaciones de elementos frenantes, así como de su tipo de accionamiento según el vehículo y sus prestaciones.

2.1.2 *Definición de Frenado*

Los frenos de un vehículo tienen como finalidad detener su marcha a voluntad del conductor de forma eficiente sin perder la estabilidad durante el proceso. (Macmillan, 2009). Para cumplir este propósito, existen varios tipos de sistemas de frenado que se analiza junto con sus componentes.

2.1.3 Tipos de Sistema de Frenos

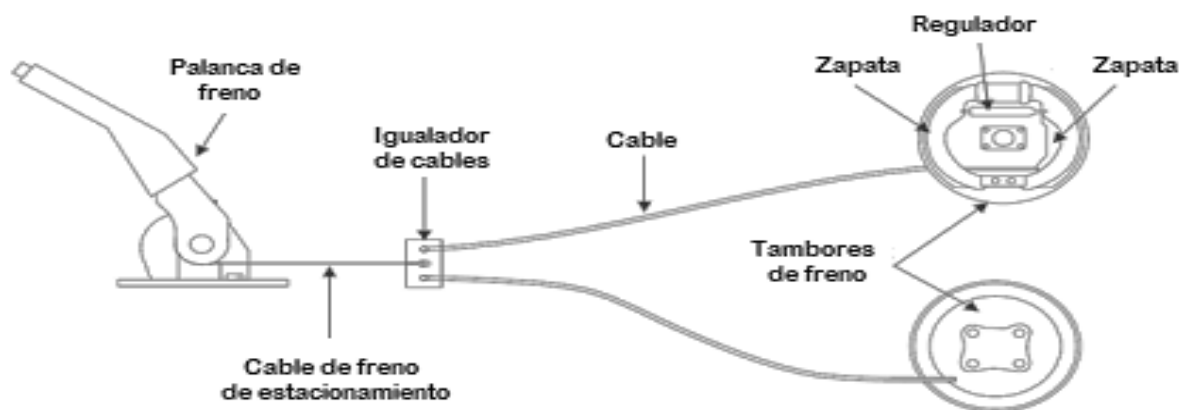
El sistema de frenado con la evolución de tecnología y materiales ha tenido muchas variaciones en sus componentes y accionamiento. Muchos de estos tipos no han sido lo suficientemente fiables para mantenerlos hasta la actualidad. Sin embargo, fueron la base para la evolución de este sistema. En esta clasificación se encuentran los tipos de sistema más comunes en nuestro medio.

- **Sistema de Freno Mecánico**

Este sistema de frenado está instalado generalmente en el freno de estacionamiento de la mayoría de los vehículos ligeros, el cual actúa sobre ambos frenos traseros por medio de un cable y una varilla acoplada a la palanca de freno. Los elementos rozantes en este sistema son las zapatas, las cuales se separan entre sí, apoyándose sobre el tambor de freno para detener el movimiento, tal como se presenta en la Figura 1. (Domínguez - Ferrer, 2012)

Figura 1

Esquema del Sistema de Freno Mecánico

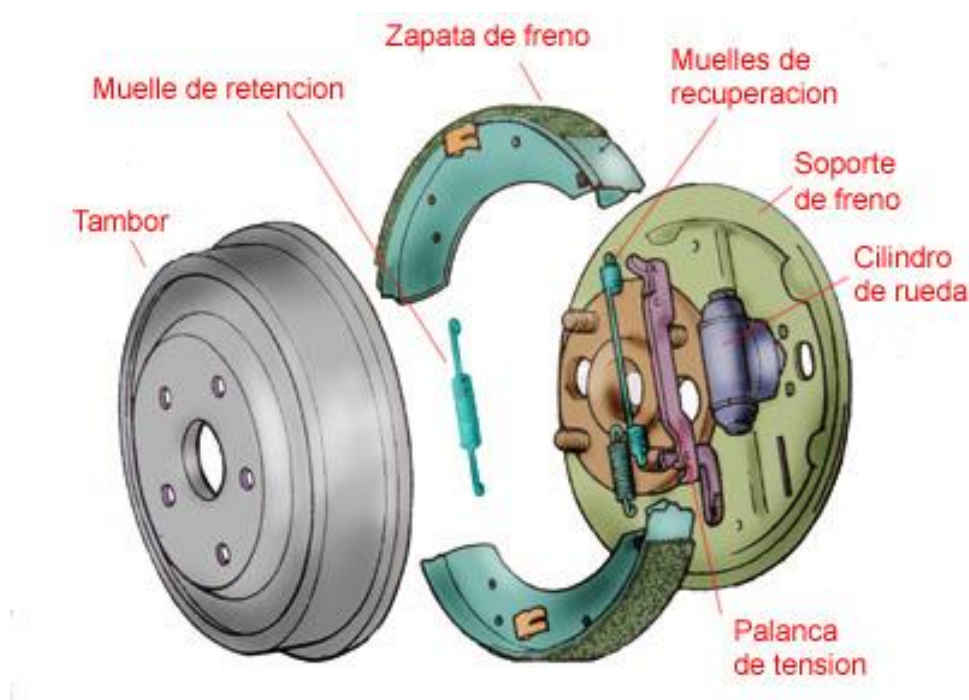


Fuente: Adaptado de Mecafenix, I. (2020, 29 junio). *Tipos de frenos automotrices*. Ingeniería Mecafenix. (<https://www.ingmecafenix.com/automotriz/frenos-automotrices/>)

El elemento frenante principal en este sistema son las zapatas de freno (representado en la Figura 2), con sus distintos forros según el material utilizado, los cuales actúan sobre la superficie del tambor produciendo fricción y disminuyendo la velocidad del vehículo.

Figura 2

Sistema de Freno de Tambor

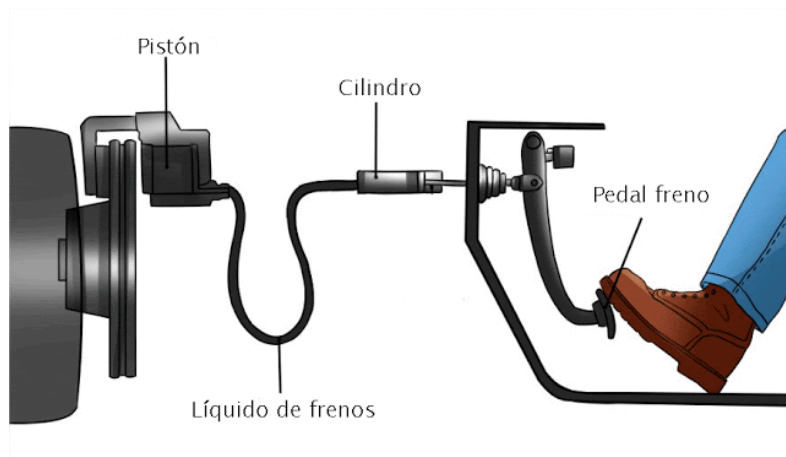


Fuente: *Frenos de Tambor y de Disco*. (2013, 9 mayo). WordPress.com.
 (<https://automobileneeds.wordpress.com/2013/04/01/frenos-de-tambor-y-de-disco/>)

- **Sistema de Freno Hidráulico**

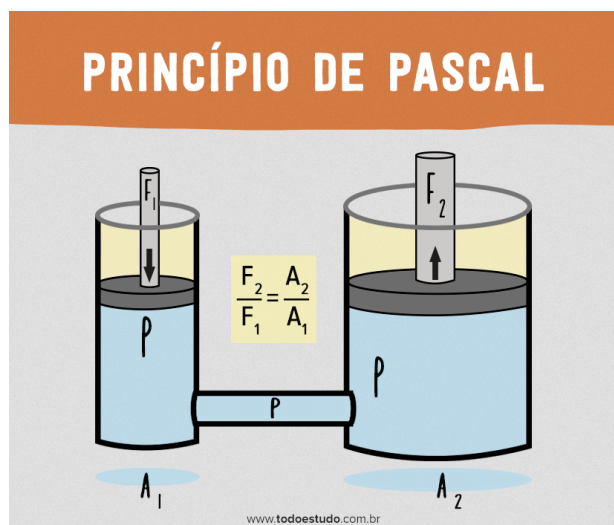
El principio hidráulico que utiliza este sistema es la principal variante con el sistema anterior, el cual distribuye la presión del líquido del sistema en todos los puntos cumpliendo así la acción de frenado.

Este sistema consta de una bomba hidráulica, la cual, al ser accionada por el pedal de freno, esta reparte de igual manera la presión generada hacia todas las ruedas según su distribución, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3*Esquema de Sistema de Freno Hidráulico*

Fuente: *ACERCA DE LOS FRENOS DE UN AUTOMÓVIL*. (2019). PURO TIP - Artículos y publicaciones - Masters y Cursos. (<https://www.purotip.com/2019/10/acerca-de-los-frenos-de-un-automovil.html>)

El principio de Pascal indica que "la presión ejercida sobre un punto de un fluido estático e incompresible se transmite íntegramente en todas las direcciones y con la misma intensidad a los restantes puntos del fluido" esto se puede observar en la ecuación 1, del mismo modo que se presenta en la Figura 4.

Figura 4*Principio de Pascal*

Fuente: Tanaka, H. S. (2020, 22 abril). *Princípio de Pascal: Teoria, Resumo e Experimentos*. Todo Estudo. (<https://www.todoestudo.com.br/fisica/principio-de-pascal>)

El Principio de Pascal es la base del funcionamiento de las generalmente conocidas máquinas hidráulicas. Por ejemplo: elevador hidráulico, freno, ascensor, entre otros.

Este principio es aplicado en el sistema de frenos del vehículo actuando de la siguiente manera: Cuando accionamos el pedal del freno, producimos una fuerza que se transfiere a un pistón de sección pequeña que se mueve dentro de un cilindro, dicha fuerza se convierte en presión conducida a través del líquido de freno dentro del cilindro, al estar sometido a presión, el fluido llegará instantáneamente a todos los puntos o direcciones de forma instantánea.

$$P_1 = P_2 \quad (1)$$

Sabiendo que $P = \frac{F}{A}$, tenemos:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

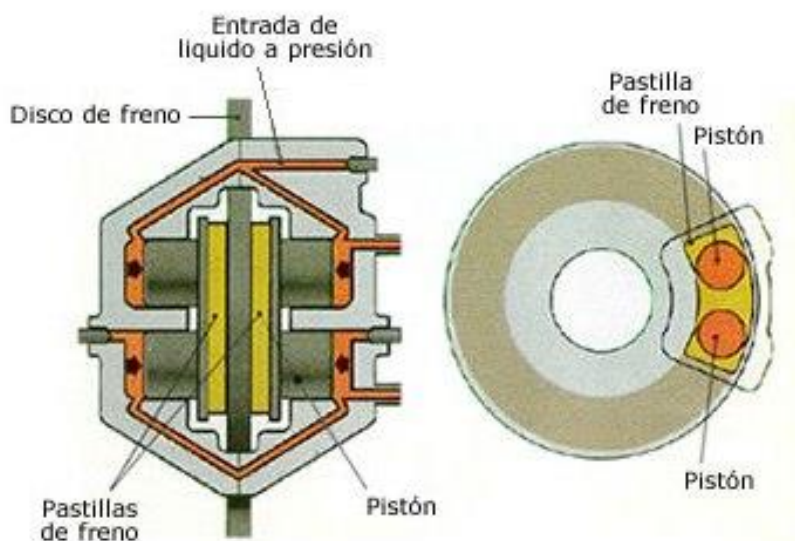
Donde:

F_1 y F_2 : Fuerzas aplicadas

A_1 y A_2 : Áreas pertenecientes a los puntos de aplicación

Los elementos frenantes utilizados en este sistema son dos principalmente: las zapatas de freno y las pastillas de freno.

Las pastillas de freno son utilizadas en la actualidad por su mayor precisión y confiabilidad sobre las zapatas y su sistema de tambor. Dichas pastillas hacen la función de elemento frenante que son empujadas contra su disco gracias a un émbolo hidráulico que los acciona (Figura 5).

Figura 5*Mordaza de Freno de Disco*

Fuente: *Frenos de Tambor y de Disco*. (2013b, mayo 9). WordPress.com.

(<https://automobileneeds.wordpress.com/2013/04/01/frenos-de-tambor-y-de-disco/>)

- Sistema de Frenos Neumático

Este sistema fue creado para utilizarse en vehículos pesados los cuales requieren mayor fuerza de frenado para detener su movimiento.

A diferencia del sistema de frenos hidráulico, este sistema utiliza aire comprimido generado por un compresor conectado al motor por una banda de accesorios.

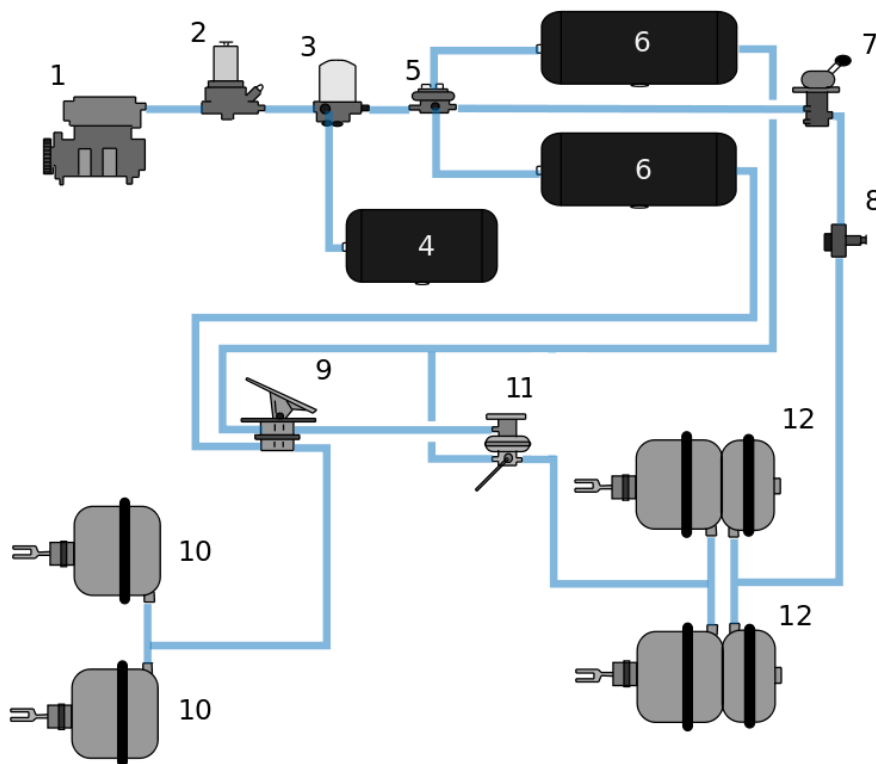
Al accionar el pedal de freno, actúan las válvulas permitiendo el paso fácil y gradual de aire comprimido mediante cañerías hacia las cámaras de aire. Estos elementos ubicados en cada rueda empujan los vástagos que actúa en el eje de levas que opera el mecanismo, presionando las zapatas sobre el tambor de freno.

La Figura 6 muestra el esquema principal de un freno neumático, donde: 1. Compresor de aire. 2. Regulador de presión. 3. Secador de aire. 4. Depósito de regeneración. 5. Válvula de protección de 4 vías. 6. Depósitos de aire comprimido. 7. Válvula de freno de mano. 8. Válvula

de descarga del freno de mano. 9. Válvula de freno de servicio. 10. Cámaras de aire de frenos delanteros. 11. Válvula de control del reparto de frenada. 12. Cámaras de aire de frenos traseros.

Figura 6

Esquema del Sistema de Freno Neumático



Fuente: Colaboradores de Wikipedia. (2019, 22 octubre). *Freno neumático*. Wikipedia, la enciclopedia libre. (https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_neum%C3%A1tico)

Dicho sistema requiere de mayor precisión por sus exigencias en los vehículos, debido a esto este sistema consta con varios elementos de regulación de aire y de seguridad para garantizar su fiabilidad.

- Sistema de Frenos Eléctrico

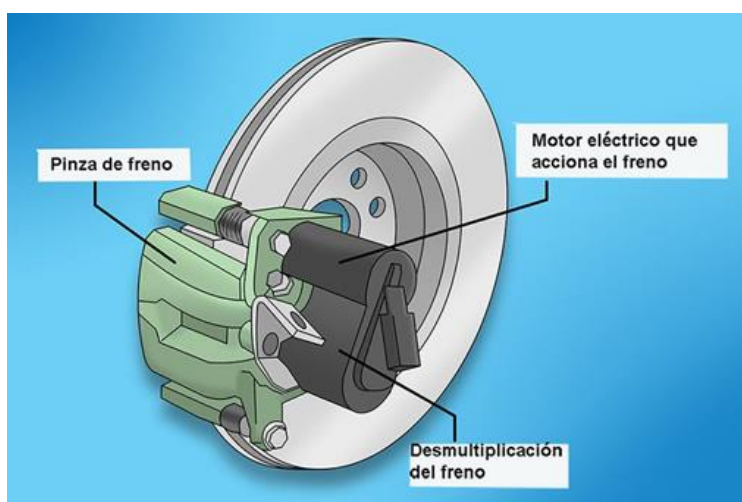
Este sistema tiene variaciones de acuerdo con su uso en vehículos livianos o pesados. Para vehículos pesados como camiones y tráileres, el sistema de freno eléctrico es comúnmente utilizado como freno auxiliar para no sobrecargar los frenos principales del automotor. En este caso, no posee elementos de fricción para reducir la velocidad de giro de las ruedas, sino que

posee pequeños motores eléctricos en cada rueda regulando el giro por medio de la corriente eléctrica dosificada por la unidad de control del vehículo.

En el caso de vehículos livianos, los motores eléctricos accionan el sistema de freno de disco, ya mencionado anteriormente e indicado en la Figura 7. Para calcular los requerimientos del conductor cuando acciona el pedal del freno, la ECU (Unidad de Control Electrónico, por sus siglas en inglés) censa la presión ejercida en dicho pedal, así como los datos entregados por el sistema de control de estabilidad (ESP), el control de tracción (TCS), y el sistema de antibloqueo de frenos (ABS).

Figura 7

Freno de disco accionado por motor eléctrico



Fuente: Fidalgo, R. (2019, 14 enero). *¿Es mejor el freno de mano eléctrico o el de palanca?* Autocasión. (<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/freno-de-mano-electrico-o-de-palanca>)

Existen distintas variaciones de este sistema de frenado, sin embargo, aún no es aplicado directamente como freno de servicio ya que es totalmente dependiente de la energía eléctrica del vehículo, quedando inservible en caso de cortes de energía dentro del mismo.

2.1.4 Eficacia de Frenado

Se entiende por eficacia de frenado a la relación de las fuerzas de frenado respecto a la masa máxima del vehículo. Este dato de eficacia vendrá dado en tanto por ciento y es un valor indicativo del estado y actuación global del sistema de frenos del vehículo.

La eficacia de frenado está determinada por la ecuación 2.

$$E = \frac{F}{M \cdot M \cdot A \cdot g} * 100 \quad (2)$$

donde:

E: valor de la eficacia en %

F: suma de todas las fuerzas de frenado en Newton

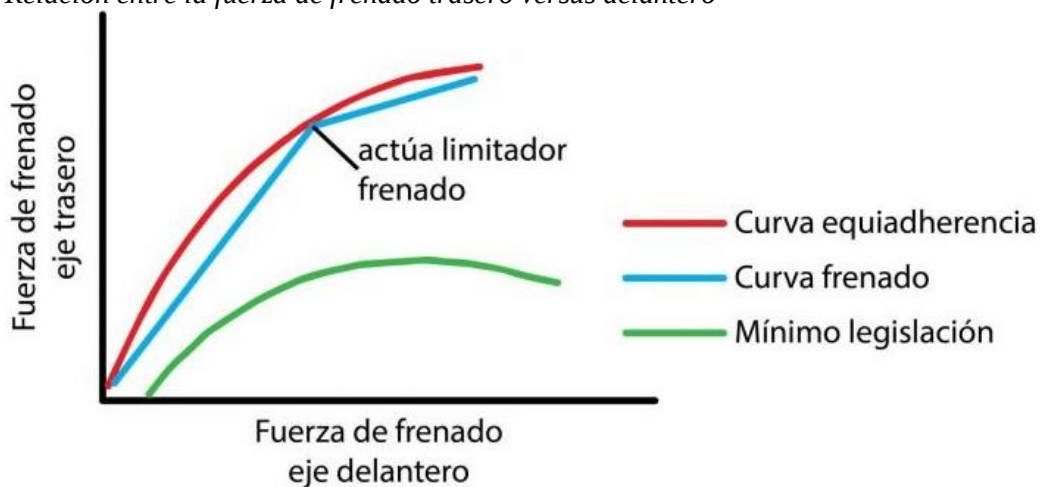
M.M.A: masa máxima autorizada del vehículo en kg.

g: aceleración de la gravedad (9.8 m/s²)

En la Figura 8 se muestra una ilustración de la relación entre la fuerza de frenado del eje trasero versus la fuerza de frenado del eje delantero, donde la curva equiadherencia expone el punto donde más se aprovecha la adherencia del vehículo en ambos ejes, lo que permite observar que la fuerza de frenado es relativamente similar a adherencia, es decir, a medida que aumenta la fuerza de frenado también lo realizará la adherencia. Sin embargo, existirán factores externos que influyan en la adherencia tales como: diferentes condiciones de la calzada, estado de neumáticos, entre otros.

Figura 8

Relación entre la fuerza de frenado trasero versus delantero



Fuente: Gómez, J. L. (2020, 22 diciembre). *Una primera introducción al sistema de frenado: curvas de frenado, servofreno, freno de socorro*. artículo. (<https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/sistema-frenos-elementos/>)

2.1.5 Principio de Funcionamiento del Frenómetro

Un frenómetro es un equipo de medición, que mide con precisión la fuerza del frenado, el tiempo que tarda en frenar, el agarre, la asimetría de los ejes o en algunos casos de tracción, la eficiencia y desaceleración de los frenos delanteros, traseros y de mano en el caso de los automóviles.

Consiste en dos o cuatro placas ubicadas en el suelo (si el frenómetro tiene dos placas es necesario hacer dos ensayos para tomar los datos de las cuatro ruedas), el vehículo debe ingresar a ellas con una velocidad de 5 a 10 kilómetros por hora e ir frenando lentamente y luego frenar totalmente, estas placas tomarán los datos necesarios para verificar las condiciones en las que se encuentran los frenos.

En cuanto la rueda comienza a girar, el rodillo palpador percibe dicho movimiento y por medio de un contador de impulsos, controla el deslizamiento entre los rodillos y las ruedas. Para garantizar la eficacia de la prueba, dicho deslizamiento debe situarse entre el 10% y el 28%. A continuación, se procede a frenar progresivamente y poco a poco, la rueda va ofreciendo más resistencia al giro y como consecuencia el par en el motor va aumentando. A medida que crece la fuerza longitudinal de frenada (F_f), también lo hace la fuerza de arrastre (F_a) hasta que la fuerza longitudinal de frenada alcanza el límite de adherencia (momento en el que la rueda comienza a deslizarse sobre los rodillos). Justo antes de que se produzca este fenómeno, se produce una disminución de la velocidad de giro de la rueda que es detectada por el rodillo palpador el cual envía una señal, por medio del sistema electrónico del frenómetro, para que se pare el motor que acciona los rodillos.

2.2 Marco Conceptual

En la actualidad, son dos los tipos de frenos más utilizados en los vehículos livianos en nuestro medio. Desde la invención de los frenos a tambor, a principios del siglo XX en Estados Unidos, y con más de 100 años de uso de este sistema, han existido muy pocas variaciones en torno a éste. Sin embargo, en el continente europeo, el británico Frederick Lanchester, patentaba lo que ahora son los frenos a disco.

2.2.1 Frenos de Tambor

Es conocido también como freno de zapatas interiores, ya que éstas se encuentran dentro del tambor de freno. Su elemento frenante son las zapatas de freno, que ejercen presión sobre el tambor para disminuir el movimiento, convirtiendo la energía cinética en energía calórica por el rozamiento (Domínguez, 2018).

Estas zapatas al estar en constante fricción, sus forros de fricción o ferodos (elemento rozante, véase Figura 10) necesitan materiales resistentes a altas temperaturas y deformaciones sin que cambien sus propiedades debido al desgaste.

Figura 10

Partes de las Zapatas de Freno



Fuente: Kashima University

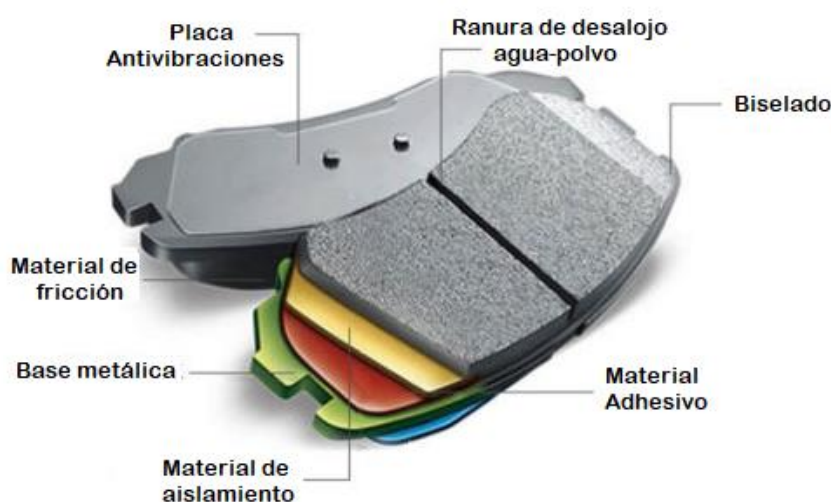
La construcción básica de las zapatas de freno consiste en dos chapas de acero soldadas en forma de media luna, en las cuales se adhieren los ferodos mediante remaches o soluciones líquidas a altas temperaturas para garantizar su adherencia.

2.2.2 Frenos de Disco

Actualmente, este sistema es el más utilizado en los vehículos livianos. Esto se debe a una mayor eficacia de frenado comparado con los frenos a tambor. Además, su sencillez de mantenimiento con la sustitución de las pastillas, hacen a este tipo de freno más confiable en el área automotriz. En la Figura 11 se presenta los componentes de la pastilla de freno.

Figura 11

Partes de las Pastillas de Freno



Fuente: Adaptado de *Manufacturers Auto Spare Part Ceramic Brake Pads for Japanese Car*. (2019). Made-in-China.com. (<https://xtyixuan.en.made-in-china.com/product/JXuQTbjAFnGY/China-Manufacturers-Auto-Spare-Part-Ceramic-Brake-Pads-for-Japanese-Car.html>)

2.2.3 Materiales Utilizados en Frenos

Existen varios materiales utilizados en la fabricación de ferodos y pastillas, los cuales difieren de acuerdo con el tipo de fabricante y a las exigencias que este repuesto vaya a estar sometido. Existen cinco materiales base para la fabricación de ferodos: fibras, cargas y aglutinantes, lubricantes y modificadores de fricción.

- **Fibras**

Estos materiales son los de mayor proporción utilizados en la fabricación de los elementos rozantes, y conforman la estructura de los ferodos. Además de esto, proporcionan estabilidad al calor, dureza y resistencia. Los más utilizados son: lana de acero, fibra de latón, fibra de vidrio y fibra de kevlar, algunos de estos representados en la Figura 12.

Figura 12

Materiales de Fibras en Elementos Frenantes



Fuente: Adaptado por el autor, *Kevlar Pulp - 5kg Bale*. (s. f.). Swift Supplies.
(<https://swiftsupplies.com.au/duPont-kevlar-pulp-5kg-bale>)

- **Cargas**

La materia prima empleada como cargas en los ferodos son: óxido de aluminio, grafito, arcilla blanca o caolín, baritina y caucho nítrico. Estos materiales son el elemento friccionante que da las cualidades al repuesto. Constituyen el cuerpo y aporta la consistencia del elemento. En la Figura 13 se puede observar la materia prima.

Figura 13

Materiales de Cargas



Fuente: Adaptado por el autor, Online, C. (s. f.). *Bentonita calcica - Qr minerales*.
(<https://www.cosmos.com.mx/catalogo/bentonita-calcica-qr-minerales-bdd3cqxz.html>.)

- **Aglutinantes**

Los aglutinantes son materiales empleados para unir y solidificar toda la materia prima usada en el proceso de fabricación. De igual manera, ayuda a la cohesión de partículas cuando se desprenden por el uso continuo y el aumento de temperatura. El principal elemento utilizado para esto es la goma y la resina fenólica (Véase la Figura 14).

Figura 14

Materiales Aglutinantes (Goma y Resina Fenólica).



Fuente: Adaptado por el autor, *Resina del formaldehído del fenol fábrica, Comprar buena calidad Resina del formaldehído del fenol productos de China*. (s. f.).
(<http://spanish.bakelitephenolicresin.com/supplier-209308p2-phenol-formaldehyde-resin>).

- **Lubricantes**

En la Figura 15 se puede observar los materiales que se utilizan tales como: el grafito, polvo de petróleo (coke), óxido de plomo, viruta de bronce y sulfuros. Su misión es mantener la temperatura de trabajo en los elementos de fricción, así como evitar el desgaste excesivo y evitar rayaduras en su superficie.

Figura 15

Materiales Lubricantes



Fuente: Adaptado por el autor, *Grafito artificial/Carburetant/Alpha 99% de polvo de GPC*. (s. f.). Made-in-China.com. (https://es.made-in-china.com/co_hengqiaocarbon/product_GPC-Graphitized-Petroleum-Coke-Artificial-Graphite-Carburetant-Alpha-GPC-Powder-99-egssoniny.html).

- **Modificadores de Fricción**

Los materiales utilizados para este propósito son óxido de magnesio, sílice, polvo de anacardo, criolita y óxido de aluminio (alundum). Como su nombre lo describe, estos materiales modifican el coeficiente de fricción del elemento, de acuerdo con sus aplicaciones y requerimientos. En la Figura 16 se expone la materia prima de los materiales antes mencionados.

Figura 16

Materiales Modificadores de Fricción



Fuente: Adaptado por el autor, *Óxido de magnesio*. (2019, 10 enero). Equisalud. (<https://www.equisalud.com/es-es/componentes/oxido-de-magnesio/>).

2.2.4 Coeficiente de Fricción

Al entrar dos superficies en contacto, existen fuerzas las cuales impiden su movimiento, dichas fuerzas son conocidas como fuerzas de fricción. Para determinar la magnitud de éstas, es necesario conocer el coeficiente de fricción o rozamiento (μ) que varía según los materiales en contacto.

En lo relacionado a la dinámica del vehículo, las superficies de contacto en el sistema de frenos deben tener un coeficiente de rozamiento adecuado para poder disminuir o detener la marcha del automóvil.

Según la Norma INEN en nuestro país, existen ciertas regulaciones que deben cumplir los repuestos de frenos para brindar confiabilidad en su adquisición, sin embargo, no existe un control técnico para evaluar la eficacia de estos repuestos.

2.2.5 Energía Cinética

La energía cinética, es la resultante del trabajo desarrollado para lograr el desplazamiento de un objeto, es decir, la fuerza aplicada sobre un cuerpo para que este alcance una determinada velocidad. La energía cinética de un cuerpo se obtiene de dos valores fundamentales; la masa (m) del objeto y la velocidad (v) a la que se desplaza.

La función del frenado consiste en detener o para el vehículo, considerando todas las variables de potencia, velocidad y rozamiento, a fin de lograr detener el vehículo en una distancia mínima de frenado, cumpliendo con unos requisitos que son: eficacia, estabilidad y comodidad, esto que implica que el vehículo se detenga en una distancia prudente, el auto conserve su trayectoria sin derrape, ni reacciones en el volante, de una forma progresiva y con un recorrido en el pedal razonable.

2.2.6 Eficacia de los Frenos

Los constructores de autos procuran disponer en sus vehículos mecanismos que le permitan lograr la capacidad de frenado obteniendo una adherencia útil y una máxima eficacia, la máxima eficacia según algunos ingenieros se logra cuando la fuerza de frenado es igual a su peso. Unos frenos eficientes son los que tienen por lo menos un 80% de eficacia, ¿pero de qué depende esta eficacia? De la distancia de frenado.

No es cierto que el freno detenga inmediatamente el vehículo, el fenómeno que ocurre es más bien una desaceleración, logrando que el vehículo a cierta velocidad logre detenerse en un lugar deseado, para esto deben aplicarse el frenado con una cierta anticipación. Tampoco es bueno ni sensato aplicar los frenos de forma intempestiva ya que la reacción que recibiríamos podría afectar la trayectoria, la estabilidad y la comodidad, a no ser que sea una parada de emergencia, donde deberíamos tratar de frenar de forma progresiva pudiendo maniobrar la dirección, de aquí la importancia de que los vehículos cuenten con sistemas de ABS, que evitan que se bloqueen las llantas y podamos maniobrar la dirección.

2.2.7 Prueba de Frenado

La prueba de frenado se realiza en el frenómetro, que es una máquina que simula el rodaje sobre el asfalto mediante unos rodillos.

En el frenómetro podremos analizar la eficacia de frenado del vehículo, es decir la relación entre las fuerzas de frenado con respecto al peso del vehículo y el desequilibrio, que es la diferencia de las fuerzas de frenado entre ruedas de un mismo eje.

Una eficacia de frenado inferior a la exigida puede tener graves consecuencias y ser la causante de un accidente, porque los frenos no actúan con la suficiente rapidez o porque las fuerzas de frenado no son las adecuadas.

Por otro lado, un desequilibrio superior al autorizado puede producir derrapes a la hora de frenar, debido a que una rueda frena más que otra.

2.2.7 Especificaciones Generales

El frenado de servicio debe permitir controlar el movimiento del vehículo y detenerlo de una forma segura, rápida y eficaz, cualesquiera que sean las condiciones de velocidad y de carga y para cualquier pendiente ascendente o descendente en la que el vehículo se encuentre. Su acción debe ser regulable.

El conductor deberá poder conseguir ese frenado desde su asiento, sin separar las manos del órgano de dirección.

El dispositivo de frenado de servicio deberá actuar sobre todas las ruedas del vehículo.

Un dispositivo de frenado tiene por función disminuir progresivamente la velocidad de un vehículo en marcha, hacer que se detenga o mantenerlo inmóvil si se encuentra ya detenido. Dentro de su campo normal de funcionamiento, y sea en el momento de accionar o en el de soltar el freno, el frenado proporcionado debe ser regulable, entendiendo por tal aquel en cuyo transcurso:

- El conductor pueda en todo momento aumentar o disminuir la intensidad de frenado actuando sobre el mando.
- La fuerza de frenado actúe en el mismo sentido que la acción sobre el mando.

- Sea posible efectuar fácilmente una regulación suficientemente precisa de la intensidad de frenado.

Se entiende por desequilibrio la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje.

La medida del desequilibrio se efectuará, por consiguiente, por cada eje y se hallará como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frena más. Se tomarán para cada rueda como esfuerzo de frenado el valor máximo que indique el frenómetro.

Capítulo III

Metodología

3.1 Diseño Metodológico

3.1.1 Método de Investigación

La investigación desarrollada en el presente proyecto de titulación es realizada mediante el método científico, el cual nos permitirá demostrar mediante pruebas y procesos metodológicos, la eficacia de ciertos componentes de recambio utilizados en un vehículo.

3.1.2 Tipo de Investigación

Los tipos de investigación aplicados a este proyecto son explicativa y cuantitativa, ya que se recopilará datos estadísticos en las pruebas de ensayo, así como se analizarán los resultados obtenidos para elegir las mejores opciones de repuestos estudiados.

Asimismo, haciendo referencia a métodos científicos particulares que se pueden aplicar a esta investigación, se puede complementar que el Método de Investigación Empírica aporta de forma importante al posibilitar aplicar uno de sus métodos como es La Medición, donde, a través de este se podrá comparar la eficacia de frenado (que está representada en porcentaje) del valor resultante versus el 100 por ciento siendo el valor límite, lo que permitirá interpretar su estado actual en funcionamiento, y luego, la comparación entre los distintos elementos frenantes puestos a prueba.

3.1.3 Especificaciones Generales

El frenado de servicio permite controlar el movimiento del vehículo y detenerlo de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga y para cualquier terreno donde el vehículo se encuentre. Su acción debe ser regulable.

El dispositivo de frenado de servicio deberá actuar sobre todas las ruedas del vehículo. Sin embargo, los esfuerzos de frenado entre las ruedas, no siempre es el mismo.

Esta diferencia de esfuerzos provoca un efecto conocido como desequilibrio del eje, ya sea delantero o posterior.

La medida del desequilibrio se efectuará por cada eje y se hallará como porcentaje de la rueda que frena menos respecto a la que frena más. Se tomarán para cada rueda como esfuerzo de frenado el valor máximo que indique el frenómetro.

El desequilibrio de cada eje se puede calcular con la ecuación 3.

$$D = \frac{100 (F_d - F_i)}{F_d} \quad (3)$$

donde:

D: desequilibrio

F_d: Fuerza de frenado máximo en la rueda derecha

F_i: Fuerza de frenado máximo en la rueda izquierda

F_d: Fuerza de frenado mayor entre los dos valores anteriores.

Este valor se determina para diagnosticar si alguna de las ruedas no es eficiente en el frenado, y con esto evitar daños y problemas mayores al momento de la conducción. En la Figura 17 se muestra uno de los efectos que se genera al frenar un vehículo que tenga un porcentaje elevado del desequilibrio de frenado en su eje delantero.

Figura 17

Efecto del Desequilibrio de Frenado



Fuente: *10 consejos para cuidar los frenos de tu auto* – 200GRUA. (s. f.).
(<http://www.200grua.com/10-consejos-para-cuidar-los-frenos-de-tu-auto/>).

3.1.4 Frenómetro Maha

El frenómetro utilizado en las pruebas para la determinación de la eficacia de frenado de distintos repuestos, es de la marca Maha, modelo: MBT2250 (Véase Figura 18), compuesta por dos rodillos giratorios, los cuales están destinados a recibir por separado las ruedas de cada eje, movidos cada uno de ellos por un potente motor eléctrico, y a una velocidad predeterminada, para luego detenerse completamente para así medir la eficacia de frenado.

Estos rodillos van unidos a un tablero de control donde los medidores indican el valor de esfuerzo realizado para detener cada rueda. Con dichos valores especificados en Newtons se procede a obtener los valores de eficacia y de desequilibrio.

La rugosidad de dichos rodillos, así como de las ruedas del vehículo en prueba, se valorarán como constantes durante todo el proceso.

Figura 18

Banco de Pruebas de Freno Marca Maha MBT2250



Fuente: Maire, P. (2020, 30 abril). *Maha – MBT 2250 Eurosystem*. Equindus.
(<https://www.equindus.lu/en/maha-mbt-2250-eurosystem/>)

Según estudios previos sobre frenómetros y su eficacia de medición, se ha demostrado que factores externos también influyen en un correcto cálculo de efectividad de frenado. Las dimensiones de los rodillos y su distancia, la velocidad de la prueba, el diámetro y ancho de la rueda, la presión del neumático, así como el coeficiente de fricción entre la rueda y los rodillos

son algunos de los factores que modifican la lectura de la medición. En la Tabla 2 se muestra información técnica del Banco de Freno de la marca Maha.

Tabla 2

Datos Técnicos del Banco de Freno Maha Modelo MBT2250

Diámetro del rodillo (mm)	Distancia entre rodillos (mm)	Velocidad de la prueba (km/h)	Peso permitido por eje (kg)
202	400	5	3500

Fuente: *MBT 2250 EUROSISTEM Brake Testing Technology | Roller-Brake-Te.* (s. f.). [PDF].
(<https://maha.co.nz/wp-content/uploads/2019/04/MAHA-MBT2250-EUROSISTEM.pdf>)

Dicho modelo de frenómetro a utilizar, cumple con las características necesarias para obtener mediciones optimas de un vehículo liviano. La Figura 19 muestra el punto de control del Frenómetro Maha, donde a través de su interfaz se observan los resultados las pruebas realizadas.

Figura 19

Interfaz de Control Frenómetro Maha



Fuente: Co Kg, G. H. M. M. (s. f.). *MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG.*
(<https://www.maha-france.fr/images-diagnostic-unit-speedometer-tester-tps.htm>)

3.1.5 Software Eurosystem

El frenómetro en mención, trabaja con un software preinstalado llamado Eurosystem, el cual ofrece múltiples posibilidades de evaluación de resultados de pruebas, así como almacenamiento de resultados en una amplia base de datos.

Este software permite un protocolo configurable para la obtención de resultados de medición y evaluación de las pruebas realizadas. Al mismo tiempo, a más de los resultados de eficacia de frenado, evalúa el desequilibrio en cada eje por separado, la eficacia de frenado del freno de estacionamiento, entre otros. En la Figura 20 se expone el menú principal del programa EUROSYSYSTEM.

Figura 20

Interfaz de Programa Eurosystem en Banco de Pruebas Maha



Fuente: Co Kg, G. H. M. M. (s. f.-a). MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG.
(<https://www.maha-france.fr/frenometro-de-rodillos-mbt-7250-eurosystem.htm>)

3.1.6 Datos del Vehículo de Pruebas

El vehículo utilizado para las pruebas de eficiencia de frenado fue un auto Chevrolet Aveo Emotion el cual utiliza frenos de disco en el tren delantero, así como frenos de tambor en la parte posterior.

Las especificaciones técnicas del sistema de frenos instalado en este vehículo se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Especificaciones Técnicas del Sistema de Frenos Chevrolet Aveo Emotion

Aplicación		Descripción
Líquido de frenos		DOT 3
Capacidad de líquido		0.48L (16oz.)
Pastilla de freno	Ancho	10mm (0.4in)
	Límite de uso	2mm (0.08in)
	Diámetro interior	200mm (7.9in)
Tambor de freno	Diámetro interior	201mm (7.91in)
	máximo	
	Ovalización	0.03mm (0.001in)
Revestimiento (zapatas)	Ancho	5mm (0.2in)
	Límite de uso	1mm (0.04in)
	Calibración	0.3mm (0.01in)

Fuente: ITG Motors (s. f.). Especificaciones técnicas.

Otro valor para tener en cuenta es el tamaño y la presión de los neumáticos, los cuales de igual manera serán invariables con el fin de tener resultados más apegados a la realidad. Los neumáticos utilizados en el vehículo serán de la marca Momo Tires con dimensiones 185/65R15, y con una presión de 28PSI en todas las pruebas (Véase la Figura 21).

Figura 21

Medida de Neumáticos Utilizados en las Pruebas de Freno



Una variación de presión y dimensiones en el neumático utilizado influirá significativamente en los valores obtenidos, por lo que se evitará al máximo modificar las variables que no sean propias para el estudio.

De acuerdo con la norma ISO 21069-2, la cual establece los procedimientos y normas para una correcta medición de la eficacia de frenado en vehículos livianos, se tomaron en cuentas dichas condiciones, como:

- Los rodillos del frenómetro y las ruedas deben estar limpias.
- La presión de los neumáticos debe ser la que marca el fabricante.
- La medida del peso estático se hará con los rodillos parados.
- El frenómetro destinado a realizar inspecciones oficiales debe estar certificado.

- Las medidas de frenada se tomarán considerando el sentido de la marcha del vehículo.

3.2 Técnicas de Medición de Eficacia de Frenado

Para determinar la eficacia de frenado de un vehículo en un frenómetro, se procede de la siguiente manera:

- a. Se coloca el vehículo sobre los rodillos giratorios, asegurándose que todos los neumáticos estén con la misma presión, y los rodillos y neumáticos sin partículas que puedan variar la medición.
- b. Se coloca el vehículo en posición neutral (palanca de cambios en neutro) y sin accionar el pedal de freno ni el freno de estacionamiento.
- c. Según el modelo de equipo utilizado, se procede a hacer girar sus rodillos a la velocidad especificada. En este caso, la velocidad de prueba es de 5km/h.
- d. Finalmente, se acciona el pedal de freno, el cual produce que se obtenga un total deslizamiento, expulsando el vehículo de los rodillos giratorios, y a la vez obteniendo las mediciones requeridas de frenado.

3.2.1 Factores Determinantes

- Al momento de realizar las pruebas de campo con el vehículo montado en el frenómetro Maha, se tuvieron en cuenta los siguientes factores para que los resultados sean los más apegados a la realidad posible:
- Rodillos del frenómetro limpios y en buen estado.
- Frenómetro calibrado y reestablecido con los datos del vehículo en estudio.
- Neumáticos en buen estado y con la misma presión en todas las llantas.
- Montaje correcto de los repuestos originales y alternos en el eje delantero y eje trasero del vehículo.
- Temperatura ambiente constante en la medida de lo posible.

- Tabulación correcta de datos obtenidos para un análisis posterior.

3.2.2 Procedimiento de Obtención de Resultados

- Una vez conocidos todos los pasos a seguir para la obtención de pruebas, así como las consideraciones previas para que los resultados obtenidos sean los más precisos posible, se procedió de la siguiente manera:
- Preparación del vehículo con los repuestos de freno
- Para la obtención de los primeros resultados de eficacia de frenado, se colocaron tanto en el eje delantero, como en el posterior, los repuestos originales que incluye Chevrolet a todos sus modelos Aveo Emotion. Pastillas delanteras y zapatas fueron instaladas correctamente, así como revisión de los neumáticos y su presión.
- En la figura 22 se puede observar la pastilla de freno original u OEM instalada.

Figura 22

Pastillas Originales Instaladas en el Vehículo Chevrolet Aveo Emotion



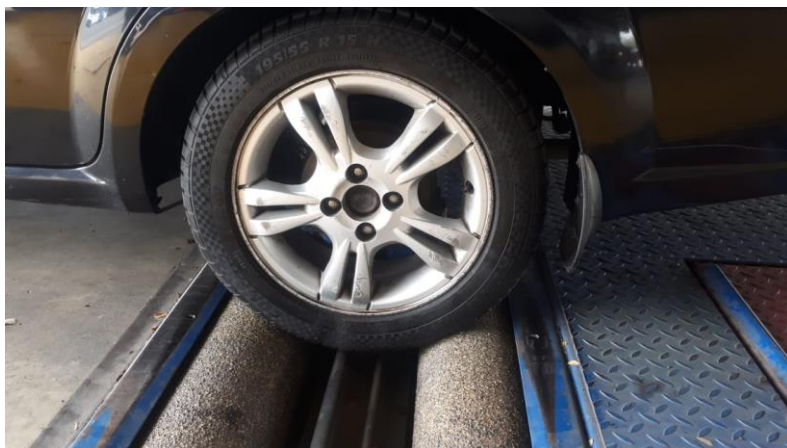
- Ubicación del vehículo en el banco de pruebas.
- El vehículo utilizado para el estudio (Chevrolet Aveo Emotion) fue colocado sobre los rodillos del frenómetro marca Maha modelo MBT2250 tal como se puede observar en la Figura 23 y 24. Una vez ingresado las especificaciones del vehículo en la base de datos del equipo, se procede a hacer girar los rodillos a una velocidad constante como lo indica el manual del fabricante.

Figura 23

Colocación del Vehículo en los Rodillos del Banco de Pruebas

**Figura 24**

Ubicación de Neumáticos en los Rodillos de Frenómetro



3.2.2 Obtención de Datos de Pruebas

- Una vez colocado el vehículo correctamente sobre el banco, se procede a hacer girar los rodillos como indica el manual del fabricante. Los datos obtenidos fueron tomados de 10 pruebas en las mismas condiciones, con una dispersión de datos muy baja entre sí. Inicialmente, se procedió con la recopilación de resultados (mismos que se indican en la Tabla 4) empleando los repuestos de frenos originales para el vehículo utilizado, tanto en la parte delantera (pastillas), como en la parte trasera (zapatas).

Tabla 4*Resultados de las Pruebas de Frenado con los Repuestos Originales*

Resultado de las Pruebas de Frenado Repuestos Originales							
Número de pruebas	Peso total del vehículo (kg)	Eficacia eje delantero (%)	Desequilibrio o eje delantero (%)	Eficacia eje posterior (%)	Desequilibrio o eje posterior (%)	Eficacia Freno Estacionamiento (%)	Eficacia total de frenado (%)
1	1228	85	5	71	4	22	79
2	1234	81	9	74	6	23	78
3	1228	78	7	74	5	24	77
4	1227	85	7	73	5	24	80
5	1225	80	7	73	7	26	77
6	1225	84	7	73	4	20	79
7	1230	90	7	73	6	24	83
8	1225	81	9	72	6	24	77
9	1230	79	9	73	10	21	77
10	1227	75	8	73	7	22	74
Promedio	1227.9	73.385	7.005	72.9	6	23	78.1

- Posteriormente, una vez obtenidos los resultados de frenado con los repuestos originales, se procedió a desmontarlos y sustituirlos por los repuestos alternos (véase Figura 25), los cuales usaremos como repuestos alternos para determinar la variación de la eficiencia de frenado.

Figura 25

Pastillas Alternas Instaladas en el Vehículo Chevrolet Aveo Emotion



- Con el fin de obtener una media de los datos de frenado, se repitió el procedimiento en diez ocasiones, obteniendo así los siguientes resultados que se indican en la Tabla 5.

Tabla 5*Resultados de las Pruebas de Frenado con los Repuestos Alternos.*

Resultado de las pruebas de frenado Repuestos Alternos							
Número de pruebas	Peso total del vehículo (kg)	Eficacia eje delantero (%)	Desequilibrio eje delantero (%)	Eficacia eje posterior (%)	Desequilibrio eje posterior (%)	Eficacia Freno Estacionamiento (%)	Eficacia total de frenado (%)
1	1242	78	11	66	4	23	73
2	1241	73	0	71	3	24	72
3	1242	82	6	73	4	22	78
4	1241	80	5	66	3	22	75
5	1242	74	2	70	1	26	73
6	1242	82	9	67	1	23	76
7	1248	83	14	67	3	21	77
8	1244	72	5	67	4	20	70
9	1245	82	12	72	1	23	78
10	1242	84	9	69	2	22	78
Promedio	1242.9	71.278	6.211	68.8	2.6	22.6	75

Capítulo IV

Análisis de resultados

4.1 Factores Influyentes

El presente estudio está basado en la determinación de la eficacia de frenado que tienen distintos materiales empleados en repuestos de freno. Para esto, se empleará un frenómetro de vehículos livianos marca Maha y se realizan pruebas continuas con un vehículo Chevrolet Aveo Emotion. Para obtener los resultados deseados, en cada prueba se constatará que ciertos parámetros se mantengan constantes durante todas las pruebas, con el fin de evitar variaciones no deseadas en el estudio.

Antes de realizar las pruebas, se realizó una inspección básica del sistema de frenos, cañerías y uniones para determinar que no haya ningún tipo de fugas de líquido. De igual manera se hizo una limpieza y verificación de desgaste en los discos de freno y en el sistema de freno de tambor en la parte posterior del vehículo.

4.1.1 Materiales de Repuestos Utilizados

Los materiales utilizados en los repuestos originales u OEM, tanto en sistemas de freno de tambor y de disco, son creados a base de materiales cerámicos, para ofrecer una suavidad superior en el frenado, reducción del ruido de rozamiento y mayor resistencia a la abrasión.

Además, estos repuestos originales no emplean asbestos y fibras de vidrio en su estructura, lo que reduce significativamente los daños en los discos de freno.

Adicionalmente, conservan un coeficiente de fricción constante en cualquier condición, independientemente de los modelos del automóvil, el uso de conducción, baja o alta temperatura, asegurando una fuerza de frenado confiable. En la Figura 26 se muestra el repuesto original u OEM que cumple con las características mencionadas en el párrafo anterior.

Figura 26

Zapatas Originales u OEM Montadas en el Tren Posterior del Vehículo Chevrolet Aveo Emotion



Por otra parte, la estructura de los repuestos alternos, están basados en materiales semimetálicos, (aproximadamente entre 30 y 65% de metal) compuestas de trozos de metales diferentes, junto con un material adhesivo para mantener las piezas juntas y darle estructura a la pastilla de freno. Entre los metales usados se pueden encontrar cualquier cosa desde lana de acero hasta trozos de alambre de metal y polvo de hierro. El grafito y el cobre también se utilizan normalmente.

Este tipo de pastillas de freno se consideran muy duraderos, sin embargo, al ser de gran dureza desgastan prematuramente los discos de freno. En la Figura 27 se expone el repuesto alterno que cumple las cualidades mencionadas en el párrafo anterior.

Figura 27

Repuesto Alterno



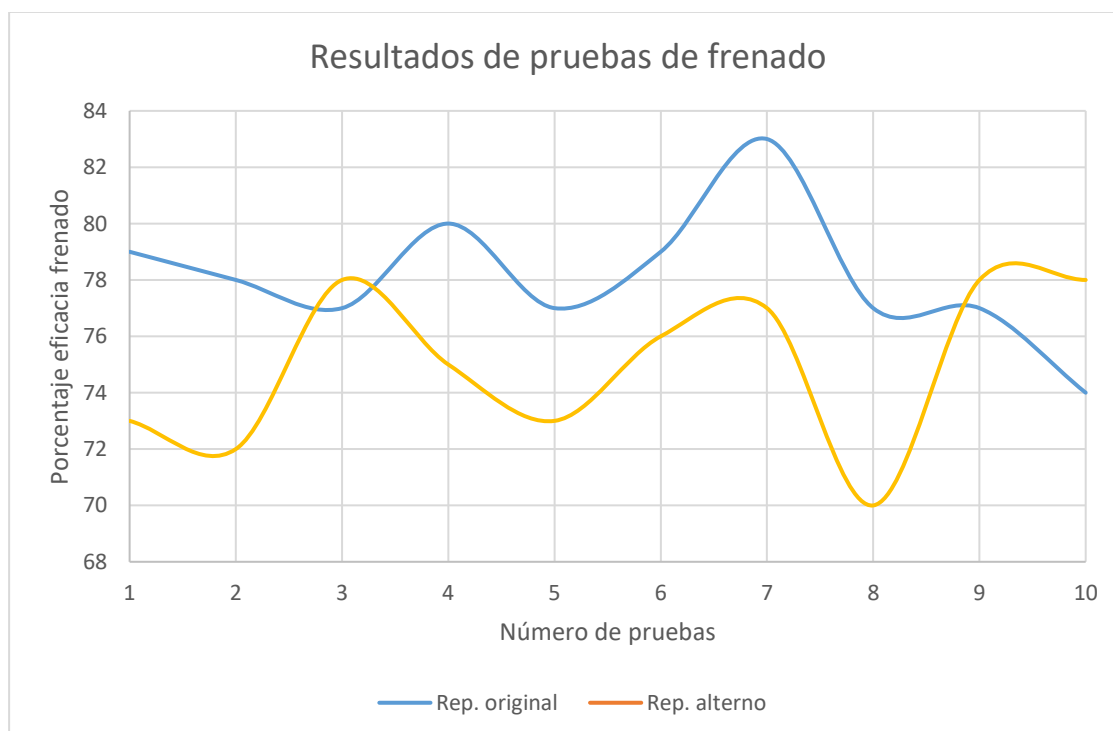
4.2 Análisis de Frenado

Luego de obtener los datos por medio del banco dinamométrico, se procede a analizar dicha información, tanto de eficacia de frenado delantero y posterior, así como de caja eje por separado tal como se muestra en la Figura 28.

Hay que tomar en cuenta también el desequilibrio generado en cada prueba, para determinar si los resultados obtenidos están apegados a la realidad.

Figura 28

Gráfica de Resultados de Pruebas de Frenado



- Análisis por Eje

Para realizar el análisis de resultados de frenado por cada eje, debemos tomar en cuenta a más de la eficacia de frenado, el desequilibrio producido en cada uno de ellos.

Este desequilibrio determina la diferencia de fuerza de frenado en cada rueda, por lo que se requiere que este valor sea lo más bajo posible. La tabla 6 expone los resultados de análisis del desequilibrio de ejes delantero y posterior, mientras que la tabla 7 indicará los resultados de las pruebas realizadas con el repuesto original.

Tabla 6

Análisis de Desequilibrio de Ejes

Análisis del desequilibrio de ejes				
Número de pruebas	Repuesto Original u OEM		Repuesto alterno	
	Eje delantero	Eje posterior	Eje delantero	Eje posterior
	(%)	(%)	(%)	(%)
1	5	4	11	4
2	9	6	0	3
3	7	5	6	4
4	7	5	5	3
5	7	7	2	1
6	7	4	9	1
7	7	6	14	3
8	9	6	5	4
9	9	10	12	1

10	8	7	9	2
Promedio	8	6	7	3

Tabla 7

Resultados de Pruebas de Frenado con Repuesto Original

Resultado de las pruebas de frenado Repuesto Original						
Número de pruebas	Eficacia eje delantero (%)	Desequilibrio eje delantero (%)	Eficacia eje posterior (%)	Desequilibrio eje posterior (%)	Eficacia Freno Estacionamiento (%)	Eficacia total de frenado (%)
1	85	5	71	4	22	79
2	81	9	74	6	23	78
3	78	7	74	5	24	77
4	85	7	73	5	24	80
5	80	7	73	7	26	77
6	84	7	73	4	20	79
7	90	7	73	6	24	83
8	81	9	72	6	24	77
9	79	9	73	10	21	77
10	75	8	73	7	22	74

4.3 Desgaste

Al poner a prueba las pastillas de freno de distintos materiales, se puede determinar su eficacia de frenado en el banco de pruebas. Sin embargo, se debe también tener en consideración otros aspectos, como son su composición para determinar el desgaste que sufre con el uso continuo.

Las ventajas de los repuestos cerámicos frente a los repuestos de composición semimetálica es la suavidad con la que cumple su función, reduciendo así el ruido de manera significativa. Al mismo tiempo, se reduce el desgaste en los elementos fijos de fricción, ya sea discos de freno o tambores de freno.

Sin embargo, al ser repuestos de material blando, el desgaste que va a sufrir pastillas y zapatas de freno van a ser mayor a las convencionales, lo que se transforma en gastos de mantenimiento más frecuentes para el conductor.

En lo referente a los repuestos de freno semimetálicos, su estructura rígida en comparación a las anteriores provoca un desgaste menor, consecuentemente ofrecen una duración mayor entre cada mantenimiento. Finalmente, son más económicas y accesibles de conseguir, sin embargo, su eficacia de frenado es menor a los otros tipos de repuestos ofrecidos en el mercado actual.

Conclusiones

Con la finalización de este proyecto se pudo realizar la comparación de la eficacia de frenado que presenta un repuesto original y un repuesto alterno utilizado en un Vehículo Chevrolet Aveo Emotion en un banco de pruebas o frenómetro Maha.

Los repuestos de freno ofertados en el mercado actual son ampliamente diversos, ofreciendo al cliente distintas variables para elegir, estas pueden ser desde menor ruido al momento de activar el freno lo cual se traduce en confort en la conducción, menor desgaste, mayor seguridad del frenado, mayor vida útil, entre otras cualidades tanto positivas como negativas. Sin embargo, resulta evidente que, a mayor costo del repuesto, mejores son las características positivas del mismo.

Se realizó una comparación entre dos modelos de repuestos en pastillas y zapatas, alterno y original, comprobando su eficacia de frenado en un banco de freno.

Los materiales utilizados en los repuestos influyen significativamente en el desempeño de frenado, debido a su composición y su estructura.

El banco de frenado determinó la efectividad del repuesto original y alterno en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion, manteniendo las condiciones externas lo más estables en cada prueba para obtener resultados más precisos.

El repuesto original utilizado en las pruebas fue un 3% más efectivo en la eficacia de frenado que el repuesto alterno, tanto en pastillas como en las zapatas utilizadas en el vehículo.

Recomendaciones

Este proyecto sirve como base de estudio para determinar eficacias de frenado de marcas específicas de repuestos de freno tanto en pastillas como las zapatas de freno, logrando determinar el mejor desempeño que pueda tener cada una de estas según las características del vehículo, así como las propiedades de los materiales empleados en dichos repuestos automotrices.

Adicionalmente, en base a la accidentabilidad de tránsito en la ciudad, se pueden determinar en un futuro, la incidencia que tiene el uso de repuestos de freno alterno y originales en los accidentes de tránsito, con el fin de reducir los valores en las estadísticas obtenidas.

Se sugiere a los usuarios en general optar por la adquisición del repuesto original siempre que su economía lo permita, sin embargo, se debe tener claro que el repuesto original ofrece mayor eficiencia (3% de diferencia) al momento de frenar respecto al alterno, lo que se traduce en seguridad. Por otra parte, el repuesto original ofrece más confort en el habitáculo mientras se conduce porque genera menos ruido respecto al alterno al momento de ser activado el sistema de frenos.

Generar una cultura de mantenimiento preventivo y de uso de repuestos originales, a mediano plazo se convertirá en un ahorro para la economía del usuario y una significativa reducción del desgaste natural de los componentes del vehículo extendiendo la vida útil del automotor sin dejar de precautelar lo más importante que es la integridad de las personas.

Bibliografía

- Acosta, R., (2018). Nuevas tendencias en los materiales de fricción. Obtenido de:
[https://aap.org.pe/descarga/conferencias/3-Nuevas-tendencias-en-materiales-de-friccion- Frenosa.pdf](https://aap.org.pe/descarga/conferencias/3-Nuevas-tendencias-en-materiales-de-friccion-Frenosa.pdf)
- Agueda, E., Gomez, T., Martin, J., (2019). Sistemas de transmisión y frenado. 2da edición. Madrid-España., Paraninfo.
- Alzallú J. Antonio, Historia de los frenos en los coches. (2016). Obtenido de:
<https://pdfs.semanticscholar.org/9281/07c82fbc8fdc14e3003b1bd400f9a7cefee1.pdf>
- Bosch, R., (2003). Sistemas de frenos convencionales y electrónicos. Stuttgart, Alemania. Reverte.
- CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS CIENTÍFICOS. (s. f.). Juan Carlos Segales L. Obtenido de:
<https://juancarlossegales.blogspot.com/2011/02/clasificacion-de-los-metodos.html>
- Co Kg, G. H. M. M. (s. f.). Images Diagnostic Unit Speedometer Tester TPS - MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG. Website MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG. Obtenido de:
<https://www.maha-france.fr/images-diagnostic-unit-speedometer-tester-tps.htm>
- Co Kg, G. H. M. M. (s. f.). Frenómetro de rodillos MBT 7250 EUROSISTEM – MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG. Website MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG. Obtenido de:
<https://www.maha-france.fr/frenometro-de-rodillos-mbt-7250-eurosystem.htm>
- Domínguez, E., Ferrer, J., (2012). Sistemas de transmisión y frenado. Madrid, España. Editex.
- Fernández, J., Coronado G., El principio de Pascal. Tomado de:
<https://automobileneeds.wordpress.com/2013/04/01/frenos-de-tambor-y-de-disco/>

Fidalgo, R. (2019, 14 enero). ¿Es mejor el freno de mano eléctrico o el de palanca? Autocasión.

Obtenido de:

<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/freno-de-mano-electrico-o-de-palanca>

Frenos de Tambor y de Disco. (2013b, mayo 9). WordPress.com. Obtenido de:

<https://automobileneeds.wordpress.com/2013/04/01/frenos-de-tambor-y-de-disco/>

Gómez, J. L. (2020, 22 diciembre). Una primera introducción al sistema de frenado: curvas de frenado, servofreno, freno de socorro... article. Obtenido de:

<https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/sistema-frenos-elementos/>

Maire, P. (2020, 30 abril). Maha – MBT 2250 Eurosystem. Equindus. Obtenido de:

<https://www.equindus.lu/en/maha-mbt-2250-eurosystem/>

MBT 2250 EUROSISTEM Brake Testing Technology | Roller-Brake-Te. (s. f.). [PDF]. MBT

2250 EUROSISTEM Brake Testing Technology | Roller-Brake-Te. Obtenido de:

<https://maha.co.nz/wp-content/uploads/2019/04/MAHA-MBT2250-EUROSISTEM.pdf>

Marketing E-nquest. (2018, 27 agosto). Investigación cuantitativa: qué es y características. Obtenido de:

<https://www.e-nquest.com/investigacion-cuantitativa-que-es-y-caracteristicas/>

Mecafenix, I. (2020, 29 junio). Tipos de frenos automotrices. Ingeniería Mecafenix. Obtenido de:

<https://www.ingmecafenix.com/automotriz/frenos-automotrices/>

Norma Técnica Ecuatoriana INEN., (2012). Quito, Ecuador. Obtenido de:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2185-3R.pdf>

Ortega, C. (2020, 13 agosto). ¿Qué es la investigación explicativa? QuestionPro.

<https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-explicativa/#:%7E:text=La%20>

investigaci%C3%B3n%20explicativa%20se%20realiza,nuevos%20conocimientos
%20sobre%20el%20tema.

Purotip. (2019). ACERCA DE LOS FRENOS DE UN AUTOMÓVIL. PURO TIP - Artículos y publicaciones - Masters y Cursos. Obtenido de:

<https://www.purotip.com/2019/10/acerca-de-los-frenos-de-un-automovil.html>

Rodríguez, A. (2004). Análisis técnico-Sistema de frenado eléctrico. Obtenido de:

<https://albrodpulf1.wordpress.com/2014/02/08/analisis-sistema-de-frenado-electrico-brake-by-wire/>

RODRIGUEZ, A. (2013). ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE UN FRENÓMETRO. Obtenido de:

https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/18748/TFG_Ana_Rodriguez_Rodriguez_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tanaka, H. S. (2020, 22 abril). Princípio de Pascal: Teoria, Resumo e Experimentos. Todo Estudio. Obtenido de:

<https://www.todoestudo.com.br/fisica/principio-de-pascal>

The automobile needs., Frenos de tambor y disco (2013)., Obtenido de:

<https://automobileneeds.wordpress.com/2013/04/01/frenos-de-tambor-y-de-disco/>

10 consejos para cuidar los frenos de tu auto – 200GRUA. (s. f.). Obtenido de:

<http://www.200grua.com/10-consejos-para-cuidar-los-frenos-de-tu-auto/>.