



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del
vehículo prototipo tipo “Tumbler”**

Ortiz Revelo, Roberto Sebastian y Lozada Robinson, Christian Paúl

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero
Automotriz

Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

28 de febrero de 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

Tesis Lozada y Ortiz.pdf

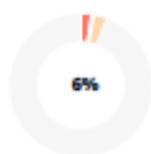
Scan details

Scan time:
February 28th, 2024 at 18:15 UTC

Total Pages:
80

Total Words:
19852

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.4%	472
Minor Changes	0.6%	120
Paraphrased	3%	603
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	0%	0
Human text	100%	19852

[Learn more](#)

Firma:



GUILLERMO MAURICIO
CRUZ ARCOS

Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

C.C.: 0503010555



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad de integración curricular, "**Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del vehículo prototipo tipo Tumbler**" fue realizado por los señores, **Lozada Robinson, Christian Paúl y Ortiz Revelo, Roberto Sebastian** el mismo que cumple con los requisitos legales teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizando en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 28 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Cruz Arcos, Guillermo Mauricio

C.C.: 0503010555



Departamento de ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Ortiz Revelo, Roberto Sebastian** y **Lozada Robinson, Christian Paúl** con cédulas de ciudadanía N° **1804852323** y **1804991568** declaramos que el contenido ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular "**Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del vehículo prototipo tipo Tumbler**" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 28 de febrero de 2024

Firma

Lozada Robinson, Christian Paúl
C.C.: 1804991568

Ortiz Revelo, Roberto Sebastian
C.C.: 1804852323



Departamento de ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Ortiz Revelo, Roberto Sebastian y Lozada Robinson, Christian Paúl** con cédulas de ciudadanía N° **1804852323** y **1804991568** autorizamos a la Unidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad de integración curricular: **“Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del vehículo prototipo tipo Tumbler”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 28 de febrero de 2024

Firma

Lozada Robinson, Christian Paúl

C.C.: 1804991568

Ortiz Revelo, Roberto Sebastian

C.C.: 1804852323

Dedicatoria

Aprendí que la vida no es fácil, que el fracaso es un requisito para el éxito y este viene acompañado de sacrificio, mi inspiración y mi ejemplo para intentarlo en el camino de la vida ha sido mi madre Sandra Revelo, ver que la suma de pequeños esfuerzos diarios ha hecho que escriba estas palabras.

Mi padre Roberto Ortiz me enseñó que la perseverancia día tras día hace que cada meta u objetivo sea alcanzable, además que los propósitos de la vida vienen de la mano de Dios, su carácter y mano dura ha hecho que esté en el camino de bien.

Sin ser quien me dio la vida, pero para mí siempre serán mis padres, sé que no estes presente físicamente, pero sé que desde el cielo guías mi camino con Dios, mi primer ejemplo de vida y mi inspiración a seguir esta hermosa carrera, mi padre Oswaldo Revelo, me enseñaste que el valor de la amistad es más grande que el rencor, que obrar de corazón llena más que un valor monetario por beneficio. A mi madre Margoth Reyes, gracias a ella y su esfuerzo por criarme desde niño, hizo que mi camino estudiantil sea el mejor.

Gracias a ti me esfuerzo cada día, hago todo lo posible para que veas un reflejo en mí, sabemos que la vida no es fácil, pero todo es alcanzable si trabajamos de la mano de Dios, a ti hermano Emilio Ortiz, la fuerza de estar donde estoy, confío plenamente en tu potencial y sé que tú también te convertirás en un gran profesional.

Para mi novia Micaela Jiménez, por ser mi apoyo incondicional desde la base, me convertiste en una mejor persona, que con amor y cariño todo es más fácil, gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles, ser mi fuente de apoyo cuando más lo necesite. Sin duda alguna tú serás la historia más bonita que el destino tuvo para mí en la vida.

Ortiz Revelo Roberto Sebastian

Dedicatoria

El trabajo de integración curricular se lo dedico principalmente a mis padres, Wilson Lozada y Lilian Robinson, por su apoyo y amor incondicional en todo mi transcurso universitario, por sus esfuerzos, palabras de aliento y confianza hacia mí, que se han convertido en el impulso cuando más lo he necesito para llegar a esta meta, este logro es de ustedes también.

A mi querida hermana, Melanie Lozada, por esos momentos de risa y de bromas, que han sido precisos en momentos difícil en todo mi trayecto universitario, por ser mi compañera de aventuras, por demostrarme lo que realmente es la paciencia. Espero que este logro sea una motivación para que de igual manera culmines tu etapa universitaria.

Lozada Robinson Christian Paúl

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Dios por ser quien guía mi camino, por colocar cada propósito en mi vida, cuidándome en cada momento de incertidumbre y ser mi luz al final del túnel.

Agradezco a mi familia por ser mi apoyo en el transcurso de mi carrera, dándome consejos de vida y hacerme caer en cuenta que este camino yo soy el principal protagonista, que cuando uno obra de corazón le va bien en la vida, desde aquí el camino lo forjo yo.

Agradezco a mi compañero de Tesis Christian Lozada, por ser un gran apoyo en todo este proyecto, sin el esfuerzo de mi amigo nada de esto sería posible. Por todas las aportaciones escritas, los desvelos por estudiar y ser los mejores en la carrera. A ti también David Ayala, por el esfuerzo realizado en el trayecto de la carrera, la base de nuestro esfuerzo y el estrecho lazo de amistad forjado en este camino ha hecho que estemos en este lugar, lo que un día conversamos hace varios años se ha vuelto realidad. Queridos colegas.

Mi grupo leal de amigos José Dueñas, Daniel Tello, Carlos Álvarez, Josué Vivanco, Cristhian Teneda, Juan Erazo, por ser ese apoyo en todo este trayecto, las horas invertidas ha dado su fruto, hemos culminado una meta más.

Agradezco a mi tutor de tesis Mauricio Cruz, por ser un pilar de conocimiento en este proyecto, por los aportes emitidos que fueron de suma importancia en esta tesis, por las correcciones realizadas y sobre todo los consejos brindados.

Ortiz Revelo Roberto Sebastian

Agradecimiento

Principal y fundamentalmente quiero agradecer a mi núcleo familiar, mi padre mi madre y mi hermana, que me han apoyado en todo momento moral, emocional, y económicamente durante todo mi ciclo universitario.

A mi compañero de tesis, Sebastian Ortiz, juntos hemos enfrentado diversos obstáculos y crecido académicamente. Gracias por tu dedicación y colaboración para el trabajo de integración curricular, gracias a tu compromiso para lograr alcanzar juntos este logro.

A mi grupo de amigos de la universidad, Daniel Tello, Carlos Álvarez, Cristhian Teneda, José Dueñas, Josué Vivanco, Santiago Tovar gracias por su amistad y apoyo en el transcurso de mi vida universitaria. Agradezco por los buenos y malos momentos que hemos vivido juntos, las experiencias y recuerdos que hemos vivido las llevaré siempre en mí.

A mi compañero de vida, David Ayala, gracias por compartir conmigo este viaje universitario. Las risas, las bromas, consejos y amistad, han hecho que los días y noches de estudio sean más llevaderas. Agradezco por ser un amigo y compañero de vida en esta fase universitaria.

A mi tutor de tesis por ser un gran guía, con sus consejos y opiniones en el desarrollo del presente proyecto.

Agradezco a los docentes del Departamento de Energía y Mecánica por compartir sus conocimientos para el crecimiento profesional.

Lozada Robinson Christian Paúl

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas.....	18
Índice de ecuaciones.....	20
Resumen.....	21
Abstract.....	22
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación.....	23
Antecedentes.....	23
Planteamiento del problema.....	25
Descripción detallada del proyecto.....	28
Justificación e importancia	29
Alcance	30

Objetivos de proyecto	30
<i>Objetivo General</i>	30
<i>Objetivos Específicos</i>	30
Hipótesis	31
Variables de investigación.....	31
<i>Variable dependiente</i>	31
<i>Variable independiente</i>	31
Capítulo II: Fundamentación Teórica.....	32
Vehículo prototipo Tipo “Tumbler”	32
Sistema de Frenos.....	33
Frenos de disco	35
<i>El disco de freno o rotor</i>	36
<i>Las pastillas de frenos</i>	36
<i>La pinza de freno</i>	37
Tipos de discos de frenos	38
<i>Discos Macizos</i>	38
<i>Discos Ventilados</i>	40
<i>Discos Perforados</i>	40
<i>Discos Cerámicos</i>	42
Frenos de Tambor	42
<i>El tambor de freno</i>	43

<i>Muelle de retorno</i>	43
<i>Ventajas y Desventajas</i>	44
Tipos de Sistemas de Freno	46
<i>Frenos Hidráulicos</i>	46
Normativa INEN 053	48
Normativa NTE INEN 2185	49
Materiales de las Pastillas de Freno	50
<i>Pastillas Orgánicas</i>	50
<i>Pastillas Semimetálicas</i>	51
<i>Pastillas Cerámicas</i>	52
Distancia de Reacción	54
Distancia de Frenado	54
Estabilidad en el vehículo	56
<i>Estabilidad en las curvas</i>	57
<i>Barra Estabilizadora</i>	58
Subviraje	58
<i>Causas</i>	59
<i>Consecuencias</i>	60
Sobreviraje	60
<i>Causas</i>	61
Fuerza en los Neumáticos	61

<i>Fuerza Tangencial (F_U)</i>	61
<i>Fuerza Normal (F_N)</i>	61
<i>Fuerza Lateral (F_S)</i>	62
Criterios de Estabilidad del Vehículo tipo Tumbler	62
<i>Fuerza centrífuga</i>	63
Seguridad del Vehículo	66
Asientos	66
Cinturones de seguridad	68
<i>Componentes de cinturón de seguridad</i>	68
<i>Cinturón de 5 puntos</i>	69
<i>Funcionamiento del cinturón de seguridad</i>	70
Capítulo III: Desarrollo	72
Matriz para la toma de decisión de la selección de Sistema de Frenos	72
Cálculo Distancia de Reacción	86
Cálculo Distancia de Frenado	88
Cálculo Fuerza Centrífuga	90
Cálculo Fuerza de Reacción	93
Capítulo IV: Análisis y Discusión	95
Justificación e Implementación del Sistema de Frenos	95
Implementación de los Asientos	105
Implementación de cinturones de seguridad	109

Cálculo de la distancia de frenado y de reacción.	111
Cálculo de la fuerza centrífuga.....	120
Capítulo V: Marco Administrativo.....	124
Recursos Humanos.....	124
Recursos Tecnológicos	124
Presupuesto.....	125
Conclusiones.....	127
Recomendaciones.....	129
Bibliografía.....	130
Anexos.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de Problemas</i>	25
Figura 2 <i>Vehículo Prototipo "Tumbler"</i>	32
Figura 3 <i>Sistema de Frenos</i>	34
Figura 4 <i>Servofreno</i>	35
Figura 5 <i>Discos de frenos o rotor</i>	36
Figura 6 <i>Pastillas de frenos de vehículos</i>	37
Figura 7 <i>Pinza de Freno</i>	38
Figura 8 <i>Disco de Frenos Macizos</i>	39
Figura 9 <i>Discos de frenos Ventilados</i>	40
Figura 10 <i>Discos Perforados</i>	41
Figura 11 <i>Discos Cerámicos</i>	42
Figura 12 <i>Partes de un tambor de freno</i>	43
Figura 13 <i>Tambor de Freno</i>	44
Figura 14 <i>Tambor de Freno Destapado</i>	45
Figura 15 <i>Frenos Hidráulicos</i>	46
Figura 16 <i>Circuito del sistema de frenos hidráulico</i>	47
Figura 17 <i>Pastillas Orgánicas</i>	50
Figura 18 <i>Pastillas Semimetálicas</i>	51
Figura 19 <i>Pastillas Cerámicas</i>	53
Figura 20 <i>Estabilidad en curvas</i>	57
Figura 21 <i>Barra Estabilizadora</i>	58

Figura 22 <i>Subviraje en un auto</i>	59
Figura 23 <i>Sobreviraje en un Auto</i>	60
Figura 24 <i>Fuerzas en el Neumático</i>	62
Figura 25 <i>Factores para la Fuerza Centrífuga</i>	63
Figura 26 <i>Distribución del distancias y fuerzas</i>	65
Figura 27 <i>Asientos para vehículos</i>	67
Figura 28 <i>Cinturones de Seguridad</i>	68
Figura 29 <i>Partes de un cinturón de seguridad</i>	69
Figura 30 <i>Cinturones de 5 puntos</i>	70
Figura 31 <i>Escala de Likert</i>	71
Figura 32 <i>Radio de curvatura</i>	91
Figura 33 <i>Centro de masa</i>	93
Figura 34 <i>Discos de freno posteriores</i>	96
Figura 35 <i>Medida Discos Posteriores</i>	97
Figura 36 <i>Pastillas de freno</i>	98
Figura 37 <i>Normativa INEN utilizada en las pastillas</i>	99
Figura 38 <i>Discos sólidos Suzuki 1</i>	99
Figura 39 <i>Medida discos de frenos delanteros</i>	100
Figura 40 <i>Manzana delantera</i>	101
Figura 41 <i>Servofreno</i>	102
Figura 42 <i>Líquido de frenos</i>	103

Figura 43 <i>Mangueras de freno</i>	104
Figura 44 <i>Asientos tipo Cubo</i>	106
Figura 45 <i>Rieles Asientos</i>	107
Figura 46 <i>Ubicación de asientos</i>	108
Figura 47 <i>Ajuste de altura de los asientos</i>	109
Figura 48 <i>Cinturones de seguridad 5 puntos</i>	110
Figura 49 <i>Asientos tipo cubo con cinturones</i>	111
Figura 50 <i>Distancia de reacción a 50 km/h</i>	113
Figura 51 <i>Distancia de reacción a 60 km/h</i>	114
Figura 52 <i>Distancia de reacción a 70 km/h</i>	114
Figura 53 <i>Prueba frenada 50 km/h</i>	117
Figura 54 <i>Prueba frenada asfalto mojado a 50 km/h</i>	118
Figura 55 <i>Prueba toma de curva a 70 km/h</i>	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ventajas y Desventajas de Discos Macizos</i>	39
Tabla 2 <i>Ventajas y Desventajas Discos Perforados</i>	41
Tabla 3 <i>Coefficientes de fricción de los materiales de fricción</i>	49
Tabla 4 <i>Ventajas y Desventajas de las pastillas orgánicas</i>	51
Tabla 5 <i>Ventajas y desventajas de pastillas semimetálicas</i>	52
Tabla 6 <i>Ventajas y desventajas de pastillas cerámicas</i>	53
Tabla 7 <i>Coefficientes de Fricción</i>	55
Tabla 8 <i>Distancia de Frenado</i>	56
Tabla 9 <i>Matriz de Decisión General con escala Linkert</i>	74
Tabla 10 <i>Ejemplo: Característica 1: Respuesta de Frenado</i>	76
Tabla 11 <i>Ejemplo: Característica 2: Calidad</i>	76
Tabla 12 <i>Ejemplo Sumatoria de la Matriz de decisión Discos y Tambor</i>	77
Tabla 13 <i>Característica 1: Respuesta de Frenado</i>	78
Tabla 14 <i>Característica 2: Calidad</i>	80
Tabla 15 <i>Característica 3: Porcentaje de Efectividad</i>	81
Tabla 16 <i>Característica 4: Temperatura</i>	82
Tabla 17 <i>Característica 5: Precio</i>	83
Tabla 18 <i>Característica 6: Marca</i>	84
Tabla 19 <i>Sumatoria de la Matriz de Decisión Frenos de Disco</i>	85
Tabla 20 <i>Sumatoria de la Matriz de Decisión Frenos de Tambor</i>	86
Tabla 21 <i>Masa del vehículo</i>	90

Tabla 22 <i>Distancia de reacción</i>	112
Tabla 23 <i>Distancia de frenado en asfalto seco</i>	115
Tabla 24 <i>Distancia de frenado en asfalto mojado</i>	116
Tabla 25 <i>Distancia de frenado medida en asfalto seco</i>	117
Tabla 26 <i>Distancia de frenado medida en asfalto mojado</i>	119
Tabla 27 <i>Valores de la distancia de frenado calculados y medidos</i>	120
Tabla 28 <i>Fuerza Centrifuga</i>	121
Tabla 29 <i>Fuerza de reacción</i>	122
Tabla 30 <i>Recursos Humanos</i>	124
Tabla 31 <i>Recursos Tecnológicos</i>	125
Tabla 32 <i>Presupuesto</i>	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Distancia de Reacción</i>	54
Ecuación 2 <i>Distancia de Frenado</i>	55
Ecuación 3 <i>Fuerza Centrífuga</i>	64
Ecuación 4 <i>Condición de Equilibrio</i>	64
Ecuación 5 <i>Fuerza ejercida de la carretera sobre las ruedas</i>	65

Resumen

El trabajo de unidad de integración curricular se enfoca principalmente del dimensionamiento, selección e implementación del sistema de frenos y estabilidad para un vehículo prototipo tipo “Tumbler”; en los capítulos iniciales se aborda la importancia de los diferentes sistemas de frenos y de estabilidad que los grandes fabricantes de automóviles toman en cuenta para la implementación de sus vehículos, seguidamente se realizó la selección de los componentes a utilizar donde se toma en cuenta los parámetros tanto dimensionamiento, eficiencia, durabilidad y costo influyen radicalmente para la selección, previamente del tipo de sistema frenos, tomando en cuenta su disponibilidad y costo, posteriormente la de los componentes adecuados para el uso en el sistema de frenos y estabilidad. Dichos componentes deben cumplir diferentes parámetros y reglamentos ecuatorianos, en esta ocasión establecidos por las normativas “INEN 053 y la INEN 2185”, por consiguiente, la realización de diferentes cálculos, tomando en cuenta diversos factores, como la masa total del vehículo, coeficientes de fricción, entre otros, donde se debe verificar que la selección previa de los componentes ha sido la adecuada para la aplicación requerida. Una vez se aprobado y corroborado que la selección de piezas han sido las adecuadas para su uso, seguidamente se viene el montaje o implementación de los componentes seleccionados, tomando en cuenta las mediciones tomadas. Finalmente, para corroborar que la selección, los cálculos hayan sido los correctos se realizó las respectivas pruebas de campo en el vehículo prototipo, donde se logró determinar la efectividad y mejoramiento tanto del sistema de frenos como el del sistema de estabilidad.

Palabras clave: sistema de frenos, prototipo Tumbler, sistema de estabilidad

Abstract

This degree work focuses mainly on the sizing, selection and implementation of the braking and stability system for a prototype vehicle type "Tumbler"; In the initial chapters, the importance of the different braking and stability systems that large automobile manufacturers take into account for the implementation of their vehicles is discussed, followed by the selection of the components to be used, where the parameters of sizing, efficiency, durability and cost radically influence the selection, previously the type of braking system, taking into account its availability and cost, then the appropriate components for use in the braking and stability system. These components must comply with different parameters and Ecuadorian regulations, in this occasion established by the "INEN 053 and INEN 2185" regulations, consequently, the realization of different calculations, taking into account different factors, such as the total mass of the vehicle, friction coefficients, among others, where it must be verified that the previous selection of the components has been adequate for the required application. Once it is approved and corroborated that the selection of parts has been adequate for its use, next comes the assembly or implementation of the selected components, taking into account the measurements taken. Finally, to corroborate that the selection and calculations were correct, the respective field tests were carried out on the prototype vehicle, where it was possible to determine the effectiveness and improvement of both the braking system and the stability system.

Key words: braking system, prototype Tumbler, stability system

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

El sistema de frenado y estabilización en los vehículos es de vital importancia, entonces entre mejor optimizado y eficiente sean los sistemas, la seguridad en los autos para los ocupantes aumenta y así se va evitando accidentes.

El sistema de frenos tiene la función de “contrarrestar la cantidad de movimientos que puede tener un automóvil rodando a cierta velocidad” (Morelo, 2009), por lo expuesto por Morelo los frenos al momento de activarlos hacen que toda la fuerza que se está produciendo, haga que se detenga o su velocidad de rodaje.

El constante desarrollo de las tecnologías en los vehículos ha hecho que se vaya mejorando la eficiencia de los mismos, como es la disminución del tiempo de frenado. Se sabe que actualmente el sistema de frenos es la parte de seguridad de mayor importancia globalmente, y una falla en el mismo cuando el vehículo está en marcha sin importar la velocidad puede existir consecuencias fatales para los ocupantes del vehículo (Mesías & Pérez Pilco, 2016).

En el mercado internacional vehicular hay diferentes frenos entre los que son: frenos de disco y de tambor, en cuanto al sistema de estabilidad se puede dividir en frenos de mano, cinturones, además que los asientos toman importancia en los vehículos actualmente.

Los diferentes tipos de frenos existen gracias a la evolución que se ha tenido en ellos, además que no solo se puede utilizar un solo tipo de frenos en el vehículo, en el mercado existen diferentes configuraciones, la más conocida es la configuración de, frenos de disco adelante y frenos de tambor (Nieto, 2016), en la parte posterior de los vehículos, se le configura

así a diferentes aspectos, los conocidos son dos, el primero, al momento de la frenada, las ruedas delanteras tienen que soportar el mayor peso de los vehículos, por lo tanto estos deben disipar el calor y ser más efectivos al momento de frenar.

El segundo aspecto es el costo, ya que, al momento de la fabricación los frenos de tambor tienen menor costo que los de disco, así se mantiene la estabilidad y el equilibrio que siempre se busca, el costo y rendimiento, y como las ruedas posteriores tienen un papel menor en la frenada se los puede ubicar en la configuración mencionada.

El sistema de frenos utiliza “líquido de freno” para su funcionamiento, así que es vital importancia hacer una buena selección y una implementación adecuada, para que este líquido complete su recorrido llegando ya sea a las mordazas y a los cilindros hidráulicos accionando las zapatas, para ello los líquidos de frenos tienen diferentes tipos para que no exista averías en el sistema y así bajando la presión en el sistema y por ende accidentes a causa de que no se accionen los frenos.

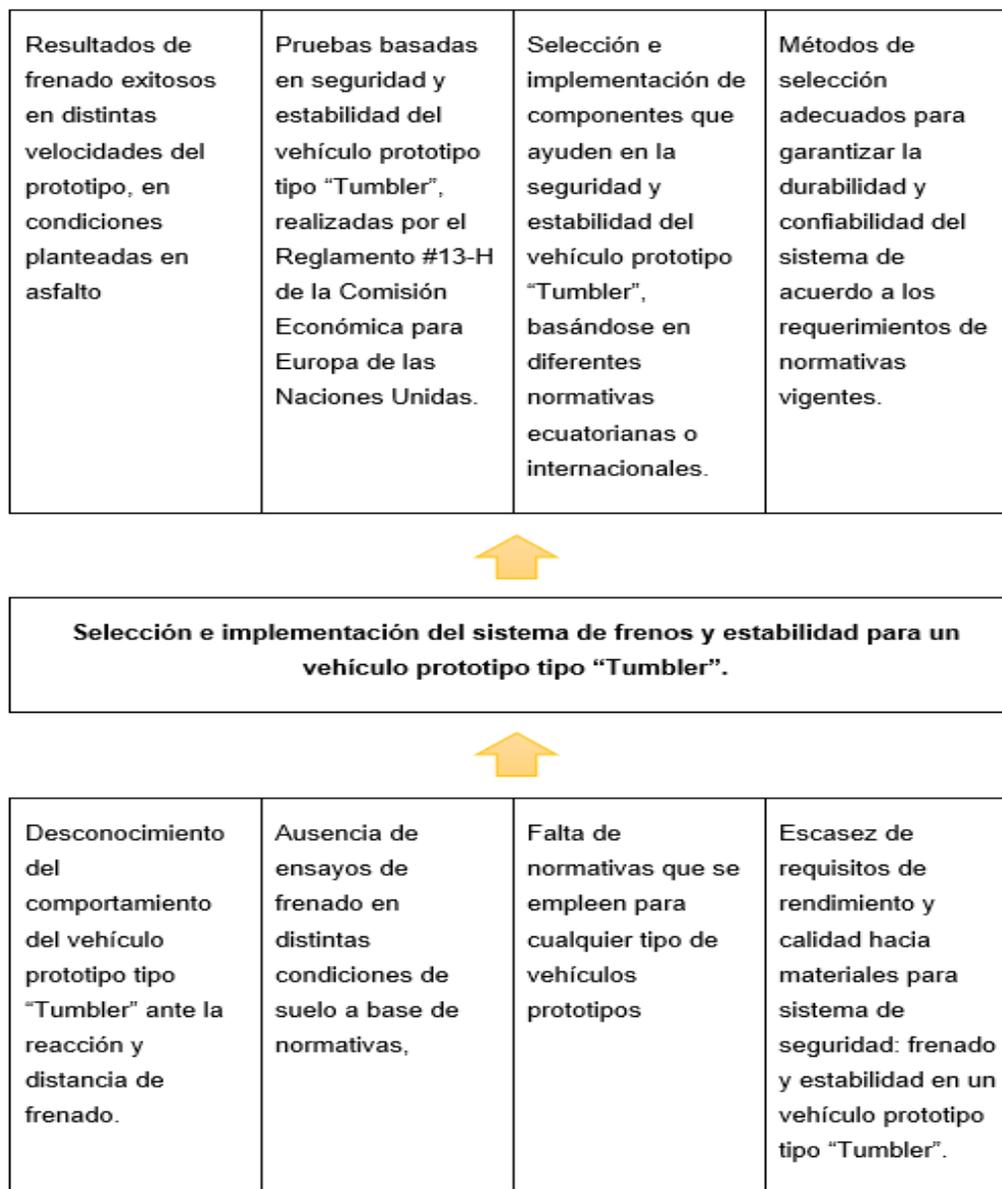
Considerando la importancia de los frenos y la estabilidad para la seguridad de los ocupantes de los vehículos, se debe tener claro que el sistema de frenos se adapta mejor a las exigencias de cada auto, ya que al instalar correctamente se puede evitar cualquier accidente relacionado a los frenos.

Implementando el sistema de frenos en un vehículo prototipo tipo Tumbler, tomando en cuenta normativas y los estándares ecuatorianos, se pretende mejorar la estabilidad y seguridad del vehículo, cumpliendo con el objetivo principal de los sistemas de frenos que es el de detener o disminuir la velocidad del vehículo (Cajiao & Ruiz, 2012).

Planteamiento del problema

Figura 1

Árbol de Problemas



Nota. Planteamiento del problema del proyecto.

Centraremos en abordar una serie de desafíos cruciales relacionados con la necesidad imperante de incorporar sistemas de estabilidad en un vehículo prototipo tipo “Tumbler”. A medida que la tecnología avanza y los vehículos se vuelven más avanzados en términos de rendimiento y diseño, la importancia de implementar sistemas de frenos y estabilidad de vanguardia se vuelve evidente.

Teniendo en cuenta la dimensión del automóvil a realizar y el diseño del mismo, debemos tomar en consideración diferentes tipos de sistemas de frenos utilizados en vehículos, como lo son frenos de disco y tambor, sabiendo de manera asertiva que sistema de freno será el más óptimo y adecuado, dentro de esta investigación, posterior a ello, se evaluará el desempeño adecuado referente al control, seguridad de frenado, con respecto a la estabilidad del prototipo en superficies como asfalto.

Este proyecto aborda dos problemáticas principales:

Problemática 1: La Necesidad de Implementar Sistemas de estabilidad en un Vehículo Prototipo tipo “Tumbler”: Los vehículos prototipo tipo “Tumbler”, presentan desafíos únicos en términos de estabilidad debido a su diseño y rendimiento. La velocidad, la capacidad de maniobra y la exposición a situaciones de riesgo aumentan la demanda de sistemas de estabilidad avanzados. El problema radica en la falta de sistemas de seguridad: como el sistema de frenos y estabilidad que estén a la altura de las expectativas de la seguridad de los ocupantes de este tipo de vehículos.

Además de la ausencia de normativas ecuatorianas reformadas o actualizadas presentes en la región, hace que la investigación se torne complicada, ya que no existe una normativa en específico la cuál dictamine el sistema adecuado para nuestro vehículo, es por ello que debemos regirnos a normativas nacionales e internacionales de vehículos normales, conocimiento adquiridos durante la carrera de ingeniería automotriz, con el propósito de llegar a

un conceso colectivo de qué sistema es el adecuado o perfecto para el prototipo, garantizando la seguridad del pasajero en todo momento de conducción.

Fase de Desarrollo de Soluciones de Estabilidad y Frenado Avanzadas Con una comprensión más profunda de las problemáticas, se procederá al desarrollo de soluciones personalizadas de estabilidad y frenado que se adapten específicamente a las necesidades de los vehículos “tipo Tumbler”.

Tomando en cuenta los requisitos de rendimiento para sistema de frenos y estabilidad, en conjunto de la selección de componentes adecuados para garantizar la durabilidad y confiabilidad del sistema de acuerdo a los requerimientos de normativas vigentes, que establezcan un reglamento técnico ligado a requisitos que deben cumplir los materiales de fricción en el sistema de frenos, con la finalidad de prevenir riesgos, accidentes, que ponga en peligro la seguridad y la vida de los ocupantes.

Fase de Implementación de Sistemas: Una vez desarrolladas las soluciones, se procederá a la implementación en nuestro vehículo prototipo tipo “Tumbler”.

Las normativas nos ayudarán a determinar la eficacia de los sistemas de frenos seleccionados durante la investigación, en condiciones establecidas, tales son; Prueba de frenado en calzada seca o mojada y prueba de estabilidad en curvas.

Esto implica la integración de los componentes seleccionados en el diseño existente del vehículo, garantizando un ajuste adecuado y un funcionamiento eficiente. Se llevarán a cabo pruebas para verificar el rendimiento y la estabilidad del vehículo con los sistemas implementados.

Además de que esta selección se basará en criterios como la eficiencia de frenado, la distancia de frenado y la capacidad de adaptarse a las condiciones óptimas de funcionamiento en las que opera un vehículo.

Se evaluarán y compararán diferentes sistemas, como, frenos de disco, frenos de tambor, entre otros, para determinar cuál es la elección óptima. Escogiendo una o dos de ellas para la implementación del vehículo prototipo "tipo Tumbler". Todas estas pruebas realizadas presentes en nuestra investigación permitirá y dará paso a mejoras continuas en un futuro de los sistemas seleccionados, con nuevos materiales de mejor calidad o nuevos sistemas de frenos y estabilidad presentes en el mercado ecuatoriano.

Descripción detallada del proyecto

El proyecto de "Implementación del Sistema de Frenos y Estabilidad para el Vehículo Prototipo "Tipo Tumbler" se enfoca en mejorar significativamente la estabilidad y el rendimiento de un vehículo prototipo "tipo Tumbler" mediante la incorporación de un sistema de frenos más avanzado y medidas de estabilidad adicionales.

Este proyecto se divide en varias fases, comenzando con una investigación bibliográfica exhaustiva para identificar las mejores prácticas y tecnologías disponibles en el campo de los sistemas de frenos y estabilidad automotriz. En esta fase inicial, se llevará a cabo una investigación detallada de la literatura existente relacionada con sistemas de frenos y estabilidad en vehículos "Tumbler". Se analizarán investigaciones previas, informes técnicos, patentes para comprender a fondo las tecnologías existentes y las tendencias en este ámbito.

Una vez que se haya completado la investigación bibliográfica, se procederá a la selección del sistema de frenos más adecuado para el prototipo de vehículo "Tumbler". Esta selección se basará en criterios como la eficiencia de frenado, la distancia de frenado y la

capacidad de adaptarse a las condiciones óptimas de funcionamiento en las que opera un “Tumbler”.

Se evaluarán y compararán diferentes sistemas, como, frenos de disco, frenos de tambor, entre otros, para determinar cuál es la elección óptima. Simultáneamente, se realizará la selección del sistema de estabilidad más apropiado para el prototipo. Esto incluirá características como cinturón de seguridad y los asientos de los ocupantes.

Una vez seleccionados el sistema de frenos y el sistema de estabilidad, se procederá a la fase de implementación en el prototipo del vehículo “tipo Tumbler”. Se garantizará un ajuste adecuado y un funcionamiento eficiente de los componentes seleccionados. Se llevarán a cabo pruebas para verificar el correcto funcionamiento y rendimiento del vehículo con los sistemas implementados.

Las pruebas a realizar nos basaremos en normativas con el propósito de validar nuestra investigación, las cuales serán; Prueba de frenado en calzada seca o mojada, prueba de estabilidad en curvas.

Justificación e importancia

La seguridad vial es un tema de total importancia puesto que, poseer garantías de estabilidad tanto para el individuo como para el cuidado del vehículo es trascendental. Se destaca que, la estabilidad es un precedente que genera atracción a ideas innovadoras. Por lo cual, se requiere en el diseño del vehículo “tipo Tumbler” se requiere de un sistema de frenos y estabilidad de óptimas condiciones que permita garantizar y cumplir las expectativas de seguridad de los ocupantes de vehículos.

Un sistema de frenos y estabilidad adecuado tiene una gran importancia, ya que aborda un tema crucial para la estabilidad vial, la protección de vidas humanas y el avance tecnológico

en la industria automotriz. Además, puede tener un impacto significativo en la sociedad y la economía, al reducir los accidentes de tráfico y sus costos asociados. Esto permite garantizar un entorno seguro de funcionamiento en condiciones óptimas de manejo del vehículo prototipo “tipo Tumbler”.

Alcance

Dimensionamiento e implementación de un sistema de frenos y estabilidad adecuado para el vehículo prototipo “tipo Tumbler”. Este alcance del proyecto proporciona una visión general de las actividades y los objetivos principales necesarios para llevar a cabo la investigación, selección, desarrollo e implementación de un sistema de frenos y estabilidad para un vehículo prototipo “tipo Tumbler”, con un enfoque en garantizar el rendimiento del vehículo en una variedad de condiciones.

Objetivos de proyecto

Objetivo General

Dimensionar e implementar el sistema de frenos y sistema estabilidad del prototipo

Objetivos Específicos

- Investigar exhaustivamente para la selección de componentes idóneos destinados al sistema de frenos y estabilidad, con el objetivo de identificar los sistemas y tecnologías más avanzados disponibles en el ámbito automotriz. Nuestra prioridad es mejorar de manera significativa tanto la estabilidad como el rendimiento de un vehículo prototipo de tipo “Tumbler”.
- Establecer los requisitos de rendimiento para el Sistema de Frenos y Estabilidad, considerando tanto los criterios de rendimiento específicos como la selección de

componentes apropiados. El objetivo principal es la confiabilidad del sistema, cumpliendo con las normativas vigentes, estableciendo por medio de la normativa técnica vinculada a los requisitos que deben cumplir los materiales de fricción utilizados en el vehículo prototipo. El propósito es prevenir riesgos y accidentes que puedan comprometer la seguridad y la vida de las personas durante la operación del automóvil.

- Realizar pruebas en ruta para evaluar la eficacia del sistema de frenos y estabilidad, tomando como referencia los estándares establecidos por normativas nacionales e internacionales. Las pruebas, inspiradas en los rigurosos protocolos de Reglamento no. 13-H de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, incluirán la evaluación del rendimiento en condiciones específicas, tales como pruebas de frenado en seco, pruebas de frenado en mojado y pruebas de maniobrabilidad.

Hipótesis

La implementación del Sistema de Freno y Sistema de Estabilidad en el vehículo prototipo “tipo Tumbler” mejorará significativamente el control, la estabilidad y la eficacia del frenado en superficies de funcionamiento.

Variables de investigación

Variable dependiente

Mejorar la eficiencia del frenado en base a la implementación realizada.

Variable independiente

Implementar el Sistema de Freno y Sistema de Estabilidad en el vehículo prototipo “tipo Tumbler”

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Vehículo prototipo Tipo “Tumbler”

Un vehículo prototipo tipo “Tumbler” es aquel automóvil que consta de un diseño único, con un chasis o estructura principal construida por tubos o bien llamado “chasis tubular”, los tubos generalmente son de metal, para dar forma a la estructura básica del vehículo, utilizando la geometría de un monoplaza convencional (Lizano & Arroba, 2018).

Figura 2

Vehículo Prototipo "Tumbler"



Nota. Vehículo Tumbler. Tomado de (Maxwell MX, n.d.).

Este tipo de diseño con chasis tubular se asocia con vehículos off-road, buggies entre otros, la estructura proporciona resistencia y durabilidad, según la selección del material a escoger por medio de normativa vigente, a su vez que reduce el peso en contraste de un vehículo convencional (Fernández & Latorre, 2017).

La estabilidad del prototipo por medio del diseño y construcción de su chasis llega a optimizar su desempeño en carretera, buscando un bajo centro de gravedad para mejorar la estabilidad direccional y minimizar el balanceo lateral al momento de encontrarse en curvas.

La suspensión juega un papel fundamental y está ligado a la estabilidad del prototipo, ya que la suspensión mantiene las ruedas en contacto con el terreno, la distribución adecuada del peso entre las ruedas contribuye a mejorar la tracción durante aceleraciones, frenadas y giros, es por ello que la combinación de estos factores, tanto en diseño como suspensión, ayudará en gran medida a la estabilidad y rendimiento del prototipo a la hora de la adaptabilidad en diferentes terrenos (Lizano & Arroba, 2018).

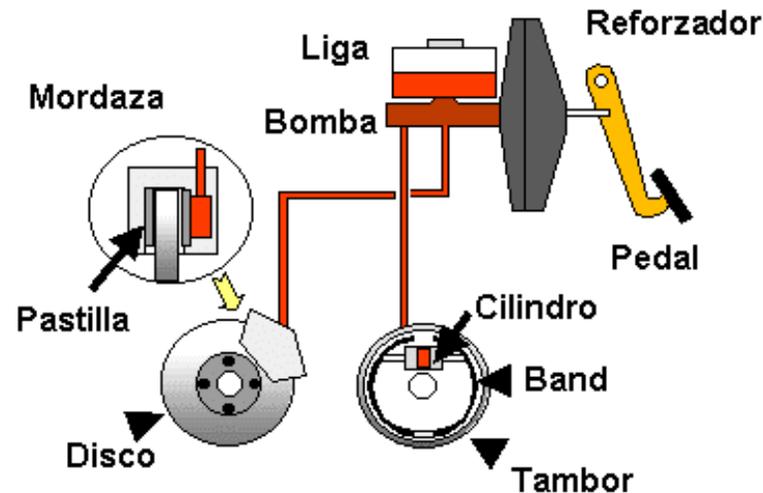
El sistema de Frenado en el vehículo prototipo tipo “Tumbler”, suele contar con sistemas ligados a vehículos de alto rendimiento, adaptados a las exigencias específicas de su uso, en el presente prototipo se evaluará el sistema adecuado para mejorar la eficiencia de frenado del prototipo, la velocidad, capacidad de maniobra y la situación del terreno, estos factores serán determinante para la eficiencia de frenado del prototipo (Redondo, 2017).

Sistema de Frenos

El sistema de Frenos de un automóvil es el encargado de reducir la velocidad en la que está presente, con el propósito de mantener la seguridad de todos los pasajeros. Siendo un conjunto de componentes diseñados para detener el movimiento del vehículo cuando el conductor aplica el freno. Su función es esencial para la seguridad y el control durante la conducción. Para conseguir lo mencionado, se utilizan sistemas tradicionales conocidos hoy como lo son; frenos de tambor, con una zapata, frenos de disco con pastillas (FIAT, 2023).

Figura 3

Sistema de Frenos



Nota. Sistema de frenos completo de un vehículo. Tomado de (Multiservicios, 2011).

Su funcionamiento es posible gracias a los fluidos de trabajo, que contribuyen a empujar a los cilindros, así transmiten toda la presión a cilindros secundarios que llevan a cada rueda.

Cuando presionamos el pedal de freno, un pistón actúa sobre el cilindro principal, este llega a forzar el líquido de frenos para que circule por todas las tuberías de freno, este fluido llega a los cilindros secundarios de cada una de las ruedas, los llena y obliga a los pistones ejercer fuerza para su frenado (AutoDoc, 2024).

En el presente sistema de frenos encontramos un cilindro maestro el cual es la parte principal del sistema, convirtiendo la presión aplicada al pedal del freno en presión hidráulica que se envía directamente a las zapatas o pinzas de freno, es decir que están destinados a reducir o parar el movimiento de varios elementos de una máquina cuando nosotros creamos necesario, en términos físicos; la energía mecánica del movimiento lo convierte en calorífica

por medio de la fricción entre dos piezas llamadas frenos durante todo el proceso de frenado con el propósito de detener el sistema en movimiento (Velasteguí, 2015).

Por otra parte, en la mayor parte de vehículos cuentan con un servofreno, que asiste al conductor para ejercer una mayor fuerza al sistema de frenos, este elemento utiliza la presión del sistema por medio de vacío del motor para proporcionar una asistencia adicional al pedal freno (Muñoz & Calle, 2020).

Figura 4

Servofreno



Nota. Servofreno de un vehículo.

Frenos de disco

El freno de disco es un sistema de freno que garantiza la reducción de la velocidad de cada una de las ruedas del vehículo, hasta llegar a detenerlo, esto se debe a la fricción que se genera cuando los frenos atrapan al disco al accionar el pedal (Mitsubishi, 2023).

Los elementos de los frenos de disco constan de:

El disco de freno o rotor

Es un elemento circular de metal que está montado en el eje de la rueda este llega a ser sólido o ventilado, los discos sólidos en general cuentan la mayor parte de vehículos comerciales, por otro lado, los discos ventilados constan de ranuras o aletas que permiten una mejor disipación de calor generado por la fricción del frenado, estos se observan en automóviles de competición o de alta gama (Nieto, 2016).

Figura 5

Discos de frenos o rotor



Nota. Discos de frenos comunes. Tomado de (BEC, 2019).

Las pastillas de frenos

Son bloques de material de fricción, comúnmente fabricados con cerámica, metal o compuestos orgánicos, estos están colocados en las pinzas de frenos, se aplican al disco cuando se activa el sistema de frenos (Nieto, 2016).

Figura 6*Pastillas de frenos de vehículos*

Nota. Pastillas de frenos comunes. Tomado de (AutoPlanet, 2022).

La pinza de freno

Contiene uno o más pistones hidráulicos y las pastillas de freno, su funcionamiento se aplica junto a la presión hidráulica, la pinza presiona a las pastillas contra el disco para generar la fricción necesaria hasta detener la rotación de la rueda móvil (Mesías & Pérez Pilco, 2016).

Finalmente, los pistones hidráulicos están presentes dentro de la pinza de freno son impulsados por la presión del fluido que se encuentran en las líneas de freno al momento de pisar el pedal de freno.

Figura 7*Pinza de Freno*

Nota. Discos de frenos comunes. Tomado de (Multiservicios, 2011).

Tipos de discos de frenos***Discos Macizos***

Este tipo de discos de frenos son los más convencionales y tradicionales, ya que son muy comunes para utilizarlos en los vehículos, su característica principal que su superficie de fricción es lisa y uniforme, pero carece de algún tipo de ventilación, por lo tanto, están muy comprometidos al calor generado por el frenado (Muñoz & Calle, 2020).

Tabla 1*Ventajas y Desventajas de Discos Macizos*

Ventajas	Desventajas
De bajo costo	Acumulan calor
Fácil de adquirir	Provocan cristalización a las pastillas de freno
Su fabricación es fácil	Acumulan suciedad
Se pueden rectificar	A altas temperaturas reduce la eficacia de frenado

Nota. Ventajas y Desventajas de los discos Macizos utilizados en automóviles. Tomado de (Armaya, s.f.).

Figura 8*Disco de Frenos Macizos*

Nota. Discos de frenos macizos para Suzuki Forsa 1. Tomado de (GF Automotriz, 2024).

Discos Ventilados

El diseño se parece a dos discos macizos unidos, pero este mantiene una separación indicada por cada fabricante, esta separación ayuda que el calor provocado por la fricción entre las pastillas de freno y los discos se disipe más fácilmente, ya que el aire fluye por esta separación, enfriando más fácil y rápidamente la superficie del disco (Mesías & Pérez Pilco, 2016).

La forma en la cual está fabricados estos frenos, ayuda a prevenir el sobrecalentamiento de discos y la cristalización de las pastillas de freno, por ende, prevé la pérdida de la eficiencia y eficacia de los frenos, ayudando a tener más seguridad al momento de frenar (Muñoz & Calle, 2020).

Figura 9

Discos de frenos Ventilados



Nota. Discos de frenos ventilados. Tomado de (AutoDoc, 2024).

Discos Perforados

Es una variante de los discos ventilados, su diseño es más radical ya que además de tener una separación como los discos ventilados, estos discos llevan perforaciones en toda su

superficie de fricción; los orificios de estos discos tienen diversas formas y patrones, además que están distribuidos uniformemente, depende del fabricante (Mitsubishi, 2023).

Tabla 2

Ventajas y Desventajas Discos Perforados

Ventajas	Desventajas
Mejor disipación de calor	Alto costo
Mayor rendimiento de frenado	Su vida útil es corta a comparación de los demás tipos de discos
Más ligeros	La durabilidad de las pastillas de freno se ve afectada

Nota. Ventajas y Desventajas de los Discos Perforados utilizados en automóviles. Tomado de (Armaya, s.f.).

Figura 10

Discos Perforados



Nota. Discos de frenos perforados o hiperventilados. Tomado de (PowerStop, 2024).

Discos Cerámicos

Su diseño es similar a los discos perforados, pero están constituidos por material cerámico reforzado por fibras, la más común es la fibra de carbono, sus propiedades superiores ayudan que su resistencia a altas temperaturas, rendimiento y durabilidad sean mayores, evitando que la eficiencia en el frenado disminuya. Su uso puede ser intensivo sin que sus propiedades se vean mermadas, por ello, su uso se lo puede evidenciar más en autos deportivos y autos de carreras, ya que en este tipo de vehículos se requiere que el frenado sean el mejor, por la potencia que se tiene en ese tipo de automóviles (Muñoz & Calle, 2020).

Figura 11

Discos Cerámicos



Nota. Discos de frenos cerámicos con características mejoradas. Tomado de (PowerStop, 2024).

Frenos de Tambor

Los frenos de tambor es aquel tipo de sistema de frenado que es utilizado hace varias décadas atrás, consta por un par de zapatas también llamadas pastillas o ferodos que por la presión ejercida por el pistón se accionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está presente en un eje que hace girar a las ruedas (Tamayo, 2016).

Los elementos que constan en el sistema de frenos de tambor son:

El tambor de freno

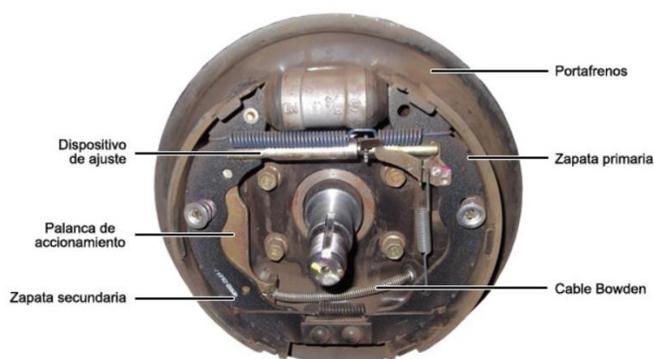
Es un componente circular montado en el eje de la rueda, se fabrican en acero por su resistencia y con estructura homogénea. Las zapatas de frenos son bloques de material de fricción al igual que las pastillas presentes en los frenos de disco, comúnmente están revestidas con amianto, en la actualidad materiales más modernos han reemplazado este elemento (Velasteguí, 2015).

Muelle de retorno

El cuál retorna las zapatas de freno a su posición inicial después de que se ha liberado el freno, además que existe un mecanismo de ajuste o llamados tipos de graduadores, el que se presenta en todos los vehículos es un tipo de tornillo de ajuste o llamado “Trinquete”, cuenta con una parte de engranes la cuál al girar este se enrosca y ajusta la zapata con el tambor de freno (Remolina, 2019).

Figura 12

Partes de un tambor de freno



Nota. Partes de un tambor de freno automotriz. Tomado de (MundoMotor, 2024).

Ventajas y Desventajas

El sistema de frenos de tambor tiene grandes ventajas económicas, ya que tienen bajo coste de fabricación y durabilidad, pero su mayor inconveniente es la ventilación, ya que los frenos de tambor con zapatas internas no disipan el calor generado por la fricción entre los dos elementos (Zapata, Tambor), lo que genera un sobrecalentamiento en el sistema interno, por lo que surge una deformación y es necesario ejercer más fuerza para obtener una frenada optima (Carrasco, 2019).

Además, al estar presente el sobrecalentamiento en condiciones de alto rendimiento o conducción energética, llegan a ser menos efectivos disminuyendo su eficiencia de frenado en acciones que requieran una respuesta inmediata.

Figura 13

Tambor de Freno



Nota. Tambor de freno automotriz. Tomado de (MundoMotor, 2024).

En términos porcentuales, se conoce que los frenos traseros donde se ubica los frenos de tambor son apenas un 30 por ciento del trabajo realizado por los delanteros, donde se

encuentran comúnmente los frenos de disco, es por ello que tienen mayor durabilidad (Venegas Toro, 2012).

Por otra parte, los frenos de disco tienen una gran ventaja frente al intercambio de calor realizado por la fricción generada, con capacidad superior para disipar el calor generado durante el frenado, beneficioso en situaciones intensas, de alto rendimiento o repetitivas, con un mejor rendimiento en la eficiencia de frenado, con un mejor enfriamiento reduciendo el riesgo de fallas en el sistema (Carrasco, 2019).

Figura 14

Tambor de Freno Destapado



Nota. Tambor de freno automotriz sin tapa.

Finalmente, los dos sistemas contribuyen a los sistemas de seguridad activo del automóvil, el mantenimiento prematuro de cada sistema aumenta la eficacia tanto de frenos de disco como de tambor, la calidad de los elementos es fundamental para la eficiencia del sistema y el uso adecuado a situaciones adversas de funcionamiento, reduce el riesgo de que existan fallas en el sistema por sobrecalentamiento.

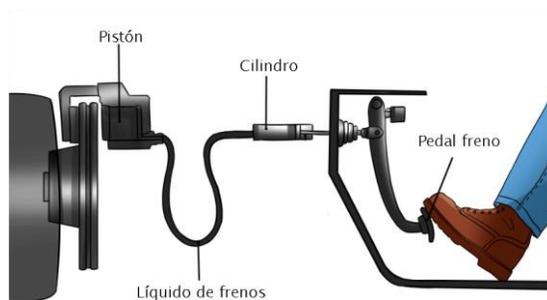
Tipos de Sistemas de Freno

Frenos Hidráulicos

El sistema de frenos hidráulicos es un mecanismo donde se emplea un líquido especial llamado “Líquido de frenos”, el cual transmite la fuerza del fluido hacia las ruedas con el propósito de detener el movimiento del automóvil al presionar el pedal de freno (Mercedez Benz, 2022).

Figura 15

Frenos Hidráulicos



Nota. Sistemas de frenos hidráulicos en un vehículo. Tomado de (Get Auto, 2024).

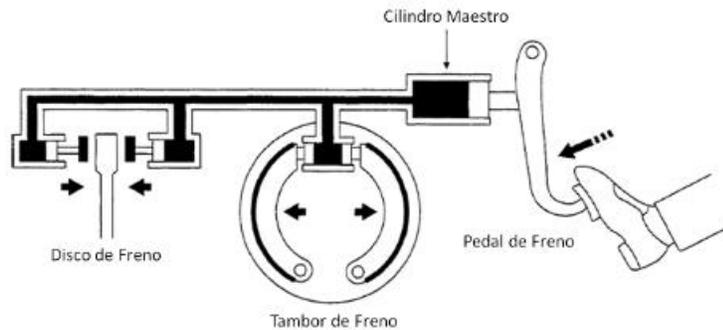
El principio de Pascal es fundamental para conocer el funcionamiento de los sistemas de frenos hidráulicos, establece que cualquier cambio de presión aplicada a un fluido, en este caso el líquido de frenos se transmite uniformemente a todas las direcciones, afectando así a todas las partes del fluido y paredes del contenedor que está presente (Vergara, 2024).

Los frenos hidráulicos como bien se menciona es una aplicación del principio de Pascal, al pisar el freno se ejerce una fuerza con el pie en el pedal, el cual transmite a un émbolo de sección reducida para mover el pistón, la fuerza ejercida crea una presión al interior del líquido

de frenos, transmitiendo el fluido instantáneamente en todas direcciones en las líneas de freno (Cajiao Viscaino & Ruiz Burbano, 2012).

Figura 16

Circuito del sistema de frenos hidráulico



Nota. Sistemas de frenos hidráulicos en un vehículo. Tomado de (C.H, 2016).

El cilindro maestro forma parte del principio cuando el conductor pisa el pedal de freno, se llega a aplicar una presión en el cilindro maestro, lo que indica que esta presión se transmite de una manera colectiva a través del fluido en todas las líneas de freno que están conectadas entre sí.

Las líneas de freno trasladan el fluido en este caso el líquido de frenos, desde el cilindro maestro a los cilindros o calibradores presentes en cada rueda, la presión aplicada en el cilindro maestro se transmite sin sufrir cambios a lo largo de las líneas de freno (Tamayo, 2016).

En las ruedas, la presión hidráulica presente en este proceso activa los pistones o calibradores de freno, mediante la fuerza ejercida por el fluido presiona las pastillas de freno o zapatas contra los discos o tambores, la presión como la fuerza ejercida se distribuye

uniformemente a las 4 ruedas para frenar el movimiento del vehículo, conduce el principio de Pascal (Cajiao Viscaino & Ruiz Burbano, 2012).

Como se menciona acerca de la aplicación del principio de pascal, la presión hidráulica en todas las partes presentes en la línea del sistema de frenos es uniforme, esto nos permite un control preciso sobre la intensidad y precisión del frenado, además que el conductor ajusta la presión ejercida en el pedal del freno, controlando la fuerza del frenado del automóvil, garantizando así un frenado equitativo en todas las ruedas del vehículo.

Normativa INEN 053

Esta normativa del Instituto Nacional de Normalización se refiere a los cumplimientos o requisitos que deben tener algunos materiales que se utilizan en las zapatas de frenos y/o discos de embrague que se utilizan en los vehículos, ya sean estos importados o realizados en el Ecuador (INEN 053, 2014).

La normativa INEN 053 tiene sus condiciones para su ejecución.

- El material de fricción que se utilice para los frenos o embragues no deben tener imperfecciones como: fisuras o roturas, oxidación en sus partes metálicas o deformaciones.
- Para el buen almacenamiento de los materiales de fricción, se deben estar bien revestidos para que no sufra variaciones en sus propiedades en un lapso no menor a un año.
- Los coeficientes de fricción para los frenos deben cumplir con la normativa NTE INEN 2185 (INEN 053, 2014).

Normativa NTE INEN 2185

El objetivo de esta normativa es establecer los requerimientos que los materiales de fricción que se emplean en los sistemas de frenos en cualquier vehículo sean cumplidos, ya sean revestimientos de freno o los ensambles de pastillas y zapatas de frenos. Sus requerimientos o condiciones que utiliza son las mismas de la normativa INEN 053 (INEN 2185, 2010).

Los materiales de fricción que regula esta normativa tienen diferentes letras y cada letra viene acompañada de su coeficiente de fricción:

Tabla 3

Coefficientes de fricción de los materiales de fricción

Código	Coefficiente de fricción
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

Nota. Coeficientes de fricción de los materiales de fricción según su código. Tomado de (INEN 2185, 2010).

Materiales de las Pastillas de Freno

Actualmente en el mercado existen diferentes materiales de fricción que son usados para la fabricación de pastillas de freno para los vehículos. Los principales 4 materiales usados en la industria son: orgánicos, metálicos, carbónicos y los más recientes los cerámicos.

Pastillas Orgánicas

Son pastillas que a bajas temperaturas tiene bajo desgaste y no producen ningún tipo de ruido, pero en temperaturas altas tu desgaste es mucho mayor. Se componen principalmente en su 80% y 90% de materiales como: fibras de vidrio, caucho, asbesto y otros derivados de plantas, y el resto de su composición de metal (Velasquí, 2015).

Figura 17

Pastillas Orgánicas



Nota. Pastillas de freno orgánicas de uso automotriz. Tomado de (Inma, s.f.).

Este tipo de pastillas gracias a su composición de metal y compuestos orgánicos no son nocivos para los discos de frenos, es decir no causan ralladuras, pero su desventaja que al gran desgaste que estas pastillas tienen, suelen desprender un polvo de asbesto y amianto, este tipo de polvo es nocivo para la salud, por ello en las últimas décadas se ha prohibido su uso, y ya no están en circulación en el mercado automotriz (Muñoz & Calle, 2020).

Tabla 4*Ventajas y Desventajas de las pastillas orgánicas*

Ventajas	Desventajas
Eficientes en temperaturas bajas	Mayor tiempo de enfriamiento
Silenciosas	Deficientes en temperaturas altas
De bajo costo	Dan una sensación blanda
Enfocado para vehículos livianos	Mayor desgaste

Nota. Ventajas y desventajas de las pastillas de freno orgánicas para los automóviles. Tomado de (Muñoz & Calle, 2020).

Pastillas Semimetálicas

Este tipo de pastillas es la combinación entre metálicas y carbónicas; en la actualidad son las más utilizadas en el medio automovilístico. Generalmente, su composición es de polvo de hierro o lanas de acero/cobre que equivale del 35% al 65%, y el resto de su composición viene el carbono el cual lo hace más blando y resistente al desgaste (Velasteguí, 2015).

Figura 18*Pastillas Semimetálicas*

Nota. Pastillas de freno semimetálicas de uso automotriz. Tomado de (Inma, s.f.).

Al contrario de las pastillas orgánicas, su mejor eficiencia es a altas temperaturas, y trabajando a bajas temperaturas son menos eficientes, además que son más ruidosas si el vehículo se encuentra detenido, aunque si se circula en condiciones de carretera mojada tiene una mejor frenada, ya que su coeficiente de fricción no varía en comparación de condiciones ideales (Vaca, 2014).

Tabla 5

Ventajas y desventajas de pastillas semimetálicas

Ventajas	Desventajas
Mejor transferencia de calor	Ruidosas
Útiles en camionetas y camiones	Generan polvo
De bajo costo	Mayor desgaste con discos convencionales
Eficacia hasta los 15000km	

Nota. Ventajas y desventajas de las pastillas de freno semimetálicas para los automóviles.

Tomado de (Tamayo, 2016).

Pastillas Cerámicas

Este tipo de pastillas son usados normalmente para autos de altas prestaciones, la cerámica está compuesto principalmente de filamentos de cobre, carburo de silicio y estos reforzados con fibras de carbono. El porcentaje de cerámica es del 80% al 90%, mientras que del 10% al 20%, está constituidas por filamentos de cobre o pequeñas cantidades del metal, todo depende del fabricante (Muñoz & Calle, 2020).

Figura 19*Pastillas Cerámicas*

Nota. Pastillas de freno cerámicas de uso automotriz. Tomado de (Inma, s.f.).

Tabla 6*Ventajas y desventajas de pastillas cerámicas*

Ventajas	Desventajas
Reducción de hasta 50% de peso en cada rueda	Precio elevado
Resistentes a la abrasión	Utilizado únicamente en vehículos de altas prestaciones
Más silenciosas	Fabricación lenta
No dejan residuos o polvos	
300 mil km de vida útil	

Nota. Ventajas y desventajas de las pastillas de freno cerámicas para los automóviles. Tomado de (Remolina, 2019).

Distancia de Reacción

Se refiere a la distancia que se recorre desde que surge la necesidad de frenar y el tiempo que pasa hasta que los frenos del vehículo se activen. La distancia de reacción depende del conductor, es decir, mientras que el estado físico y mental del conductor estén en buenas condiciones el tiempo de reacción será menor, por ende, la distancia de reacción de igual manera. El tiempo de reacción promedio es de 0,6 segundos, donde se obtiene la siguiente ecuación (Muñoz & Calle, 2020).

Ecuación 1

Distancia de Reacción

$$(S_r) = \frac{V}{t_r}$$

Donde:

- S_r = Distancia de reacción
- V = Velocidad del vehículo
- t_r = Tiempo de reacción (0,6 seg)

Distancia de Frenado

El siguiente dato importante para conocer es la distancia de frenado, es decir, al accionar los frenos, cuanta distancia el vehículo recorrerá antes de detenerse por completo, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 2*Distancia de Frenado*

$$\text{Distancia de frenado } (S_f) = \frac{v_v^2}{2 * a_f u}$$

Donde:

- S_f =Distancia de frenado
- v_v =velocidad inicial del vehículo
- a_f =aceleración debida a la gravedad (9,8 m/s²)
- u = coeficiente de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera

Tabla 7*Coefficientes de Fricción*

Condición	Coefficiente de Fricción (μ)
Asfalto seco	0.7 - 0.9
Asfalto Mojado	0.4 - 0.7
Nieve	0.2 - 0.4
Hielo	Menor a 0.2

Nota. Coeficientes de fricción entre los neumáticos y la superficie de la carretera dependiendo de la condición de la calzada. Tomado de (Remolina, 2019).

La distancia de frenado óptima en diferentes condiciones de velocidad y calzada son las siguientes:

Tabla 8*Distancia de Frenado*

Velocidad	Condiciones Calzada	Distancia de reacción (Sr) (tr=0,6 seg)	Distancia de frenado (Sf)	Distancia de detención (Sr+Sf)
50km/h	Seco	8,33 m	20 m	28 m
	Mojado		26 m	34 m
60km/h	Seco	10 m	27 m	37 m
	Mojado		36 m	46 m
70km/h	Seco	11,67 m	36 m	47 m
	Mojado		49 m	60 m
80km/h	Seco	13,33 m	46 m	59 m
	Mojado		63 m	76 m
90km/	Seco	15 m	57 m	72 m
	Mojado		78 m	93 m
100km/h	Seco	16,67 m	70 m	87 m
	Mojado		95 m	111 m
120km/h	Seco	33,33 m	98 m	131 m
	Mojado		135 m	168 m

Nota. Distancia de frenado óptima dependiendo de la velocidad y la condición de la calzada.

Tomado de (CEPE, 2015).

Estabilidad en el vehículo

En el tema de estabilidad de un vehículo, se refiere a la aptitud o capacidad que tiene para permanecer en la trayectoria idónea o en la trayectoria requerida por el conductor; al

perder su trayectoria, se produce deslizamientos de las ruedas sobre la carretera, producido por perder la adherencia que se tiene entre las ruedas y el suelo (Redondo, 2017).

Estabilidad en las curvas

La estabilidad en las curvas es la capacidad en la que el vehículo no se salga de la carretera por la pérdida de adherencia en las ruedas, ya sean en las delanteras, traseras o en las cuatro ruedas, también la inclinación excesiva del vehículo al tomar la curva produciría que se vuelque (Tomás, Bañón, & Ferreiro, 2004).

Figura 20

Estabilidad en curvas



Nota. Vehículo tomando la curva probando la estabilidad del vehículo. Tomado de (Autocasión, 2010).

Al conducir por la carretera, en el momento de tomar una curva, existen 3 factores que afectan para que un auto se incline:

- **Aceleración transversal.** Velocidad al tomar la curva
- **Oposición entre las suspensiones y la inclinación.** Se lo logra con una barra estabilizadora la cual está conectada a 2 ruedas mediante la torre de la suspensión,

- **Centro de gravedad.** La distancia que existe entre la mayor parte pesada del auto y el suelo (Tomás, Bañón, & Ferreiro, 2004).

Barra Estabilizadora

Es una barra la cual tiene como objetivo principal, controlar mejor la inclinación que puede tener el vehículo en una curva, pero tiene una desventaja, la cual limita el movimiento de cada llanta, pero esto sucede cuando las suspensiones son independientes, lo cual afecta a la comodidad (Rojas & Arzola, 2013).

Figura 21

Barra Estabilizadora



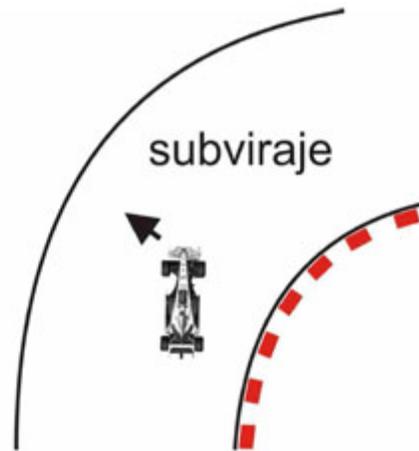
Nota. Barra Estabilizadora Superior de automóviles. Tomado de (EspirituRacing, 2024).

Subviraje

Al momento que un vehículo toma la curva, éste no gira lo suficiente, las ruedas de adelante no responden correctamente al ángulo de giro del volante que da el conductor, por lo que tiene mucho que ver a la estabilidad que tiene el vehículo. Esto ocurre generalmente cuando un vehículo tiene su tracción en las ruedas delanteras, por ello la fuerza centrífuga supera a las ruedas delanteras de mantener adherencia con el suelo, lo que ocasiona que el vehículo se salga de la trayectoria deseada por el conductor (EUROMASTER, 2022).

Figura 22

Subviraje en un auto



Nota. Representación del subviraje. Tomado de (DMK, 2015).

Causas

- La distribución de peso del vehículo no es la correcta, esto ocurre cuando las ruedas delanteras no tienen la suficiente carga para poder mantener su agarre con el suelo, por lo que la capacidad de giro del vehículo se ve mermado.
- Las condiciones que la carretera muestra, cuando ha llovido y la carretera esta resbaladiza, lo que ocasiona que la tracción de las ruedas delanteras se disminuya drásticamente.
- Los neumáticos desgastados influyen en la adherencia con la carretera, si estos están en buenas condiciones la adherencia será alta, caso contrario si los neumáticos están en malas condiciones, provocando el subviraje.
- Una de las causas más comunes para que ocurra el subviraje, simplemente es entrar a la curva con un exceso de velocidad, lo que ocasiona que se sobrecarguen las ruedas delanteras.

Consecuencias

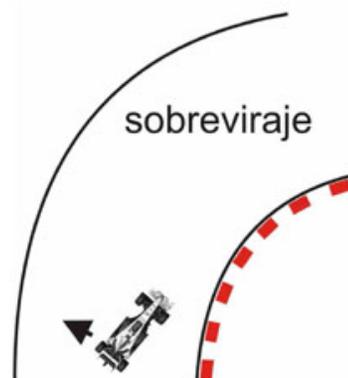
- El subviraje puede ocasionar una pérdida de control del vehículo
- La distancia de frenado se ve aumentado ya que la tracción de las ruedas delanteras es poca.
- Se afecta la vida útil de los neumáticos, ya que en momentos de subviraje el desgaste es desigual.

Sobreviraje

Al contrario del subviraje, en el sobreviraje se pierde tracción en las ruedas traseras durante la curva, lo que ocasiona que la parte trasera del vehículo por inercia se deslice hacia afuera y la parte delantera hacia adentro de la carretera. Al sobreviraje en el medio automovilístico se lo conoce famosamente como “derrape”, por ello este fenómeno puede añadir una emoción a la conducción siempre y cuando éste sea controlable, por lo tanto, se requiere una gran habilidad por parte del conductor (EUROMASTER, 2022).

Figura 23

Sobreviraje en un Auto



Nota. Representación del sobreviraje. Tomado de (DMK, 2015).

Causas

- La carga de peso está enfocada en las ruedas traseras, ocasionando que el sobreviraje aparezca fácilmente cuando se acelera bruscamente o distribuyendo el peso durante la frenada.
- De igual manera que en el subviraje, al momento de entrar a la curva con agresividad produce el sobreviraje, aunque la diferencia que en esta ocasión al girar el volante bruscamente se aumenta la carga en las ruedas traseras.
- Los neumáticos desgastados influyen a que las ruedas traseras pierdan la capacidad de adherencia sobre el suelo.

Fuerza en los Neumáticos

Al momento de cambiar de carril o al momento de tomar una curva, los neumáticos de los vehículos experimentan diferentes fuerzas que actúan en ellos:

Fuerza Tangencial (F_U)

Tomando en cuenta que la fuerza tangencial “es la fuerza que actúa entre la superficie de la carretera, dicha fuerza es longitudinal, por lo tanto, aparece cuando el vehículo está en aceleración o desaceleración” (Muñoz & Calle, 2020).

Fuerza Normal (F_N)

La fuerza Normal, actúa entre la superficie de la calzada y la superficie de contacto del neumático, esta fuerza siempre está presente, ya sea que el vehículo esté circulando o en reposo, ya que es una fuerza vertical. Para cada neumático la fuerza normal puede tener variaciones, las cuales se dan al acelerar/desacelerar y el cambio de dirección del vehículo (Nieto, 2016).

Fuerza Lateral (F_s)

Esta fuerza solo aparece cuando el vehículo cambia de dirección ya que es una fuerza horizontal (Tamayo, 2016).

Figura 24

Fuerzas en el Neumático



Nota. Fuerzas que actúan sobre los neumáticos del vehículo. Tomado de (Muñoz & Calle, 2020).

Criterios de Estabilidad del Vehículo tipo Tumbler

En los criterios de estabilidad del prototipo, hay que considerar cuanto más alto sea el centro de gravedad de un automóvil, ante la misma inclinación, será mucho más probable que este vuelque, perdiendo adherencia a los neumáticos.

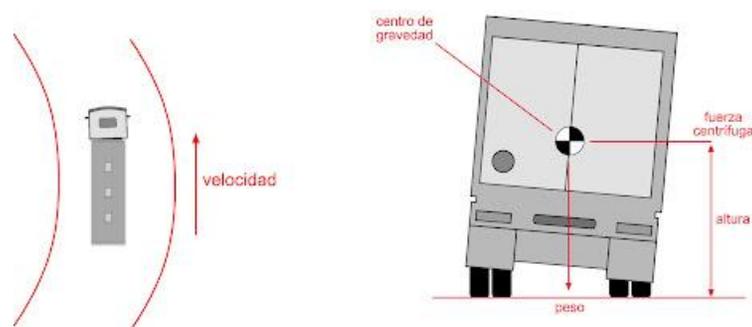
El centro de gravedad de un automóvil es el punto en el que se concentra o promedia su masa existente, este concepto es crucial y fundamental en la dinámica vehicular, ya que afecta directamente a la estabilidad del vehículo, considerando cuando el prototipo esté en reposo, el centro de gravedad se relaciona con una posición específica respecto a la altura y longitud del vehículo.

Fuerza centrífuga

Es una fuerza ficticia que actúa sobre el objeto en movimiento presente en un camino curvo. Cuando el automóvil toma una curva llega a experimentar una fuerza centrífuga hacia afuera desde el centro de la curva, la magnitud de la fuerza centrífuga depende principalmente de la velocidad en la que se encuentre el automóvil, el radio de la curva y la masa del vehículo (Bañón Blázquez & Ferreiro Prieto, 2004).

Figura 25

Factores para la Fuerza Centrífuga



Nota. Factores que influyen para la Fuerza Centrífuga. Tomado de (ANET, 2024).

La fuerza centrífuga es la respuesta a aquella tendencia de los objetos a sufrir movimiento al continuar en línea recta debido a la inercia ejercida. En una curva, el vehículo está cambiando su dirección, pero la inercia presente tiende a mantenerlo en movimiento rectilíneo. La fuerza actúa como una fuerza ficticia que impulsa el automóvil hacia afuera, en dirección opuesta al centro de la curva (Cross, 1998).

Se define la fuerza centrífuga como “la relación entre la velocidad, el radio de la curva y la masa del automóvil, se puede describir la siguiente fórmula para conocer a la fuerza

centrífuga que presenta el vehículo en los criterios mencionados” (Bañón Blázquez & Ferreiro Prieto, 2004)

Ecuación 3.

Fuerza Centrífuga

$$F_c = \frac{m(v^2)}{r}$$

Donde:

- F_c = es la fuerza centrífuga.
- m = es la masa del vehículo.
- v = es la velocidad del vehículo.
- r = es el radio de la curva.

La fuerza centrífuga es crítica para entender el comportamiento dinámico de un automóvil, cuanto mayor sea la fuerza presente en el vehículo, este perderá estabilidad al momento de la dirección ejercida en la curva, lo cual hará que este se vuelque o lo empujará hacia afuera de la curva, todos estos factores se pueden contrarrestar con un diseño de chasis, suspensión y neumáticos adecuados (ANET, 2024).

Para determinar si un vehículo tiene una buena estabilidad en una curva, sin que el vehículo tienda a volcarse se tiene la siguiente ecuación:

Partiendo de la condición de equilibrio:

Ecuación 4

Condición de Equilibrio

$$-N_1 * a - F_c * y_c + mg * x_c = 0$$

Se despeja N1, obteniendo:

Ecuación 5

Fuerza ejercida de la carretera sobre las ruedas

$$N1 = \frac{mg * x_c - Fc * y_c}{a}$$

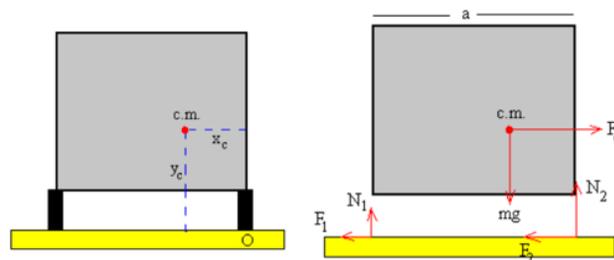
Donde:

- $N1$ =Fuerza que ejerce la carretera sobre las ruedas del vehículo
- mg = Masa del vehículo multiplicado por la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$)
- x_c = Distancia del centro de masa del vehículo hasta la derecha del chasis
- y_c = Distancia desde el centro de masa del vehículo hasta el suelo
- Fc = Fuerza centrífuga
- a = Distancia entre las ruedas

Teniendo en cuenta que cuando $N1$ sea 0, el vehículo podría volcarse, caso contrario sería estable y seguro tomar la curva.

Figura 26

Distribución del distancias y fuerzas



Nota. Distribución de distancias y fuerzas para cálculos. Tomado de (Cross, 1998).

Los neumáticos también desempeñan un papel fundamental en el criterio de estabilidad óptimo para un prototipo, se seleccionan según las condiciones de conducción previstas o necesarias para pruebas de estabilidad, generando una tracción adicional en terrenos que presenta imperfecciones.

Un neumático en perfectas condiciones tendrá una buena adherencia lateral contribuyendo a una mayor estabilidad al tomar las curvas, en condiciones para pruebas a desarrollar del prototipo, las cuales son en condiciones de terreno lluvioso, la calidad es crítica, ya que, si el neumático posee un buen diseño en la banda de la rodadura, no perderá estabilidad y control el vehículo (Chasiquiza, 2019).

Seguridad del Vehículo

La seguridad en los vehículos es primordial, ya que ayuda a reducir la tasa de mortalidad en accidentes automovilísticos, tiene un conjunto de medidas y tecnologías, para la protección tanto de los ocupantes del vehículo como de externos, tales como los peatones.

Asientos

En la seguridad vehicular, los asientos cumplen un papel importante para los ocupantes del vehículo. Actualmente, en Sudamérica, los únicos países que tienen normativos para este componente automotriz son Colombia y Argentina. En Ecuador no se tiene ninguna normativa que regule el diseño y construcción de los asientos automotrices para los vehículos livianos, solamente para vehículos de pasajeros (Paredes, Guarnizo, Guerrero, & Campaña, 2016).

Los asientos de los vehículos también tienen clasificación como pueden ser:

- **Asiento normal.** Asiento común que se ve en la mayoría de los vehículos, con su reposacabezas normal.

- **Asiento del capitán.** Son asientos mucho más cómodos, más espaciosos por ello se utilizan mayormente en SUV y MPV.
- **Asientos deportivos.** Son asientos que tienen integrados en un solo cuerpo los reposacabezas y el respaldo
- **Asientos tipo cubo.** Son asientos con respaldo y reposacabezas integrados, como el asiento deportivo, pero la característica primordial, son fijos, es decir no se pueden reclinar.

Los asientos tipo cubo a diferencia del resto, garantiza que el ocupante, ya sea conductor o pasajero, este siempre en una posición firme y estable, ayudando en mayoría al control del auto, ya que con su forma característica permite al conductor, sentir el funcionamiento del vehículo (Carrasquero, 2023).

En cuestiones de seguridad, los asientos tipo cubo son superiores a los demás asientos, en caso de accidentes, tienen una mejor protección a los ocupantes, y son más ligeros que la mayoría de los asientos (Knauf Industries, 2022).

Figura 27

Asientos para vehículos



Nota. Asientos deportivos tipo cubo para vehículos.

Cinturones de seguridad

Los cinturones de seguridad, desde su creación e implementación por medio de la marca Volvo, con su cinturón de 3 puntos, se han convertido en piezas fundamentales en la seguridad de los ocupantes de los vehículos, esos componentes de seguridad, forman parte de la seguridad pasiva de los automóviles, ya que se reduce significativamente los daños, lesiones incluso la tasa de mortalidad, en caso de accidentes automovilísticos (Mora Campoverde & Prieto Pinzón, 2020).

Figura 28

Cinturones de Seguridad



Nota. Cinturones de seguridad de 3 y 2 puntos de anclaje Tomado de (Chousa, 2022).

Componentes de cinturón de seguridad

- Hebilla de seguridad
- Cinta
- Reglaje
- Pretensor

- Retractor
- Anclaje

Figura 29

Partes de un cinturón de seguridad



Nota. Componentes principales de un cinturón de seguridad. Tomado de (ConsulVial, 2021).

Cinturón de 5 puntos

Los cinturones de 5 puntos de anclaje tienen mejores características de seguridad y estabilidad para los ocupantes, a diferencia de los cinturones de 2 o 3 puntos, los cinturones de 5 puntos proporcionan una sujeción más segura y eficaz en altas velocidades y al pasar por curvas exigentes. Este tipo de cinturones de seguridad son ocupados al momento que se tienen asientos especiales o los deportivos. Evitan a prevenir el efecto submarino, que se trata de, cual el cuerpo no está bien sujeto en ocasiones tiende a deslizarse hacia la banda abdominal del cinturón, esto ocurre frecuentemente en cinturones de 3 puntos (Grupo Barkash, 2024).

Figura 30

Cinturones de 5 puntos



Nota. Cinturón de la marca Sparco. Tomado de (Sparco, 2024).

Funcionamiento del cinturón de seguridad

La principal función de este sistema es la de mantener la posición del pasajero o del conductor, por la presencia de alguna fuerza externa como una desaceleración brusca, ya que, por la fuerza provocada por este tipo de movimientos, causa una inercia, donde los ocupantes del vehículo tienden a moverse, por ello el cinturón de seguridad bloquea este movimiento comprimiendo la fuerza por medio del mecanismo de bloqueo (Mora Campoverde & Prieto Pinzón, 2020).

Tabla y Escala Likert

La escala Likert nos hace mención a una escala de calificación, la cuál es utilizada para consultar a la persona sobre un nivel de certeza o desacuerdo con algún parámetro, es ideal para medir reacciones actitudes y compartimento de cada persona (Canto Gante, Sosa, Bautista, Escobar, & Santillán, 2020).

La escala de Likert, lleva su nombre por el psicólogo Rensis Likert, el cuál distinguió la escala apropiada de satisfacción del usuario, esta emerge de respuestas colectivas a un grupo de ítems puede ser 8 o más, el formato está ligado a un rango de valores o respuestas puntuadas (Matas, 2018, vol. 20).

La ventaja de ocupar este método es que tiene un diseño y aplicación fácil para consultar al usuario el rango de satisfacción según la necesidad requerida, se puede utilizar ítems que no tiene relaciones con expresiones, ofreciendo una opinión o respuesta más acertada, con ello se producirá mediciones de calidad (precisas y minimizando el impacto de errores) (Osinski & Sánchez, 1998).

Como ejemplo de puntuaciones la escala de Linkert en sus extremos de la escala a menudo llegan a aumentar para crear una escala basada en 7 puntos, añadiendo la palabra “muy” en la parte superior de la tabla y en la parte inferior de 5 puntos, con ello se demuestra que la mayor satisfacción del cliente alcanza 7 puntos y la confiabilidad de la escala un 5. Las puntuaciones dependen de cada usuario según su necesidad (Canto Gante, Sosa, Bautista, Escobar, & Santillán, 2020).

Figura 31

Escala de Likert

Ejemplo de la escala de Likert

Totalmente en desacuerdo <input type="radio"/>	En desacuerdo <input type="radio"/>	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo <input type="radio"/>	De acuerdo <input type="radio"/>	Totalmente de acuerdo <input type="radio"/>
--	--	---	-------------------------------------	---

Nota. Ejemplo de la utilización de la escala de Likert. Tomado de (QuestionPro, 2023).

Capítulo III

Desarrollo

Matriz para la toma de decisión de la selección de Sistema de Frenos

Para la toma de decisiones de una situación que está inmersa frente algún problema, es necesario la resolución de varias alternativas, donde nos permita alcanzar un estado deseado o requerido según la necesidad del usuario en respuesta al problema presente.

Tomar una buena decisión de acuerdo a cualquier problema, se deben seguir varios pasos según la necesidad requerida, estableciendo primero lo que se requiere alcanzar o lograr, planteándonos una serie de alternativas que permitan escoger la más óptima o conveniente para solucionar el problema.

La decisión tomada, tiene que ser efectiva y eficiente, cuanto más satisface en su totalidad el requerimiento necesitado, mayor será el porcentaje de felicidad al usuario por su solvencia ante el problema presentado.

Para la matriz de decisión requerida en esta tesis, nos basaremos en los sistemas de frenos óptimos, efectivos y en las siguientes características requeridas, con el propósito de tomar buenas decisiones para con ello, dar paso a la implementación en el vehículo prototipo "Tumbler".

Características para considerar.

Respuesta de Frenado: Unos de los requerimientos necesarios para la implementación es acerca de esta característica, que está ligada en función a la velocidad del vehículo, dentro de este parámetro se considerará que elemento tiene mayor respuesta de frenado frente a

situaciones de generalidad (*mismas condiciones para ambos elementos a escoger*), es decir, sin inmiscuir características secundarias que pueda contribuir a una respuesta parcial.

Calidad: La calidad de los elementos es importante para la efectividad del frenado, entre mayor sea la calidad de los elementos, mayor beneficio tendremos en el sistema, tomando en consideración con todo lo que está presente en el mercado, cumpliendo con los estándares, requisitos y expectativas de preferencia del usuario.

Porcentaje de efectividad: Es una medida que indica la capacidad del sistema de frenos para reducir la velocidad del vehículo, esta condición está inmersa a información implementada en el marco teórico.

Temperatura: La temperatura que adquiere el sistema de frenos un factor crítico y determinante que afecta significativamente al rendimiento y eficiencia, cuando se llegar aplicar los frenos, debido a la fricción generada ya sea entre el tambor y la zapata, o el disco y las pastillas, es por ello el parámetro que esta característica es determinante a evaluar.

Precio: Dentro de esta característica, varía considerablemente dependiendo de los varios factores, dentro de ellos la calidad de los componentes, el tipo de sistema, la marca y modelo del vehículo (Suzuki Forsa 1), además de ser un repuesto general o genuino, es por ello, que nos guiaremos en base a la situación actual del mercado ecuatoriano de distintos distribuidores que ofertan el elemento que nosotros necesitamos.

Marca: Dentro de esta característica, los elementos a requerir para evaluar y posterior a ello hacia su implementación, es la marca que está presente en el mercado, se evaluará si existe una amplia gama, con ello se conocerá las preferencias de los usuarios.

Mantenimiento: Presente en los dos elementos del Sistema de Frenos, es muy importante el mantenimiento de cada uno de ellos, dentro de esta característica estará ligada al

costo de cada mantenimiento, es por ello por lo que se evaluará, tanto freno de disco y tambor cuales requieren mayor mantenimiento en la Matriz de decisión.

Tabla 9

Matriz de Decisión General con escala Linkert.

Matriz de Decisión Sistema de Frenos	
	Respuesta de Frenado
	Calidad
	Porcentaje de Efectividad
Características para Considerar	Temperatura
	Precio
	Marca

Nota. Matriz de decisión tomando en cuenta la escala de Likert.

Parámetros para evaluar en cada sistema.

Dentro de los parámetros a considerar, debemos tomar en cuenta cada una de las características que vamos a evaluar, es de suma importancia hacerlos individualmente con el propósito de tener una mejor respuesta, frente a las características mencionada, con ello sabremos a precisión lo que se requiere para uno de los elementos, posterior a ellos efectuar la mejor decisión que conlleve a la implementación del prototipo.

- **Características1. Respuesta de Frenado:** *Lenta, Moderada, Rápida, Muy Rápida.*

- **Características2. Calidad:** *Mala, Estándar, Buena, Excelente.*
- **Características3. Porcentaje de efectividad:** *Bajo, Medio, Aceptable, Alto.*
- **Características4. Temperatura:** *Baja, Media, Aceptable, Alta.*
- **Características5. Precio:** *Bajo, Económico, Moderado, Alto*
- **Características6. Marca:** *Poca, Suficiente, Variada, Amplia.*

Cada parámetro expuesto en tablas tendrá una puntuación de 1 a 4 puntos respectivamente, Lenta(1p), Moderada(2p), Rápida(3p), Muy Rápida(4p), con cada parámetro a evaluar.

Con ello los 7 parámetros establecidos tendrán las mismas puntuaciones mencionadas, según el orden que se detalló posteriormente, con ello mantendremos la parcialidad de cada una de las tablas mencionadas, además que nos guiaremos según la escala Linkert para conocer con certeza y firmeza la selección que va a realizar el usuario a examinar, dando información puntual y necesaria para su respuesta.

A continuación, se detallará las tablas que se van a efectuar para su matriz de decisión, con todos los parámetros a evaluar.

Tabla 10*Ejemplo: Característica 1: Respuesta de Frenado*

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Respuesta de Frenado				
Sistema de Frenos	Lenta	Moderada	Rápida	Muy Rápida.
Frenos de Disco				
Frenos de Tambor				

Nota. Ejemplo de matriz de decisión sobre la Respuesta de frenado de los sistemas de freno.

Tabla 11*Ejemplo: Característica 2: Calidad*

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Calidad				
Sistema de Frenos	Mala	Estándar	Buena	Excelente
Frenos de Disco				

Matriz de Decisión Sistema de Frenos

Frenos de Tambor

Nota. Ejemplo de matriz sobre Calidad de los sistemas de freno.

Las demás características del 3 a la 6, se presentan de igual forma con sus parámetros necesarios a evaluar, con ello nos permitirá conocer al usuario el grado de satisfacción o una respuesta acertada de la tabla a considerar.

Cada una de las características presentes en la matriz de decisión, se colocará un visto según corresponda a la preferencia a evaluar, posterior a ello, se presentará una tabla completa donde se realizará un conteo de los vistos seleccionados y se evaluará individualmente cada una de las características seleccionadas, es decir el porqué de la selección, dando argumentos eficaces de su escogimiento.

Tabla 12

Ejemplo Sumatoria de la Matriz de decisión Discos y Tambor

Matriz de Decisión Sistema de Frenos	Puntos Adquiridos
Respuesta de Frenado	
Calidad	
Porcentaje de Efectividad	

Matriz de Decisión Sistema de Frenos		Puntos Adquiridos
Frenos de Disco y Frenos de Tambor	Temperatura	
	Precio	
	Marca	
	Sumatoria	

Nota. Ejemplo de matriz sobre la Sumatoria de la matriz de decisión para el sistema de frenos de disco.

Selección de las características

A continuación, se presenta las respuestas de cada una de las características, consecuente a ello la explicación y su justificación en la selección.

Tabla 13

Característica 1: Respuesta de Frenado

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Respuesta de Frenado				
Sistema de Frenos	Lenta	Moderada	Rápida	Muy Rápida.
Frenos de Disco				✓

Matriz de Decisión Sistema de Frenos

Frenos de Tambor



Nota. Respuesta de frenado de los sistemas de freno.

La respuesta de frenado de los frenos de disco es más eficiente y rápida que los frenos de tambor, debido al área de contacto entre la pastilla de freno y el disco, es decir, proporciona una mayor superficie para la fricción, lo que resulta que este tenga una mejor capacidad de frenado y una respuesta más rápida.

Tomando en consideración el mecanismo aplicado para su respuesta de frenado, la acción de frenado se logra mediante la presión ejercida entre la pastilla de freno y el disco de freno, esta acción es más directa y eficiente en comparación con los frenos de tambor, por la expansión que requiere la zapata hacia el tambor, es por ello por lo que tiene una mayor respuesta de frenado.

Otros de los puntos más importantes a considerar es la masa de rotación, los discos de freno en su mayoría son más livianos que los tambores de freno, esto significa que exista una menor masa de rotación lo que facilita una respuesta de frenado mucho más rápida al aplicar la fuerza de frenado, la menor masa de rotación significa menos inercia a superar para poder detener el vehículo, contribuyendo a una respuesta más ágil.

Tabla 14

Característica 2: Calidad

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Calidad				
Sistema de Frenos	Mala	Estándar	Buena	Excelente
Frenos de Disco			✓	
Frenos de Tambor		✓		

Nota. Calidad de los sistemas de freno.

Presente en los sistemas de frenos de disco, las pastillas de frenos en conjunto con los discos de freno están fabricada de materiales compuesto de alta calidad, como cerámicas, metal sinterizado o materiales compuestos de altas prestaciones, es por ello que este tipo de materiales están diseñados para proporcionar un coeficiente de fricción óptimo, resistencia al desgaste y durabilidad bajo condiciones de frenado intensas. En los frenos de tambor, las zapatas están diseñadas y fabricada de materiales similares, pero su capacidad de disipar el calor de manera efectiva contrarresta las prestaciones y ventajas del material fabricado, es por ello de su selección.

Tabla 15*Característica 3: Porcentaje de Efectividad*

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Porcentaje de Efectividad				
Sistema de Frenos	Bajo.	Medio	Aceptable	Alto
Frenos de Disco				✓
Frenos de Tambor		✓		

Nota. Porcentaje de efectividad de los sistemas de freno.

El porcentaje de efectividad de frenado viene ligado a la disipación de calor, el área de contacto entre los sistemas de frenado y la respuesta del frenado, estas condiciones hacen que el porcentaje de efectividad sea mayor, generando una sensación de frenado más directa y precisa para el conductor. Estas tres condiciones tienen una gran ventaja los frenos disco frente a los frenos de tambor, por lo mencionado anteriormente, es por ello que se coloca un puntaje mucho mayor a los frenos de tambor.

Tabla 16*Característica 4: Temperatura*

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Temperatura				
Sistema de Frenos	Alta	Aceptable	Media	Baja
Frenos de Disco				✓
Frenos de Tambor		✓		

Nota. Disipación de temperatura de los sistemas de freno.

Los frenos de disco tienden a operar a temperaturas más bajas en comparación con los frenos de tambor, esto se debe a su diseño que permite una mejor ventilación para disipar el calor generado durante el frenado, tomando en consideración la exposición de aire que está presente en el sistema, ayuda a mantener la efectividad del frenado en situaciones que requiere un uso intensivo del sistema.

La capacidad de operar a temperaturas más bajas contribuye en gran medida a una mayor consistencia en el rendimiento del frenado, lo cual reduce un factor importante que es la pérdida de efectividad de frenado, esto se debe al sobre calentamiento, al existir un sobre calentamiento en el sistema, los materiales pierden sus propiedades de fricción lo que con lleva a una pérdida de control total del sistema generando accidentes posteriores.

Los frenos de tambor tienden a tener un sobrecalentamiento en su sistema por su mal diseño generando deformidad en el sistema y un frenado menos eficiente

Tabla 17

Característica 5: Precio

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Precio				
Sistema de Frenos	Alto	Moderado	Económico	Bajo
Frenos de Disco		✓		
Frenos de Tambor			✓	

Nota. Precio de los sistemas de freno.

En cuanto al precio de los sistemas de frenos de disco y frenos de tambor, los frenos de tambor tienen un nivel económico mucho más bajo que los de disco, esto se debe a la presencia de materiales más convenientes en el sistema, además de ser mucho más comunes en autos que están presentes en el país es por ello del precio, tomando en consideración que la mayor parte de vehículos en el país cuentan con frenos de discos delanteros y frenos de tambor posteriores, es por ello que son menos demandados en comparación con los frenos de disco, como resultado los fabricantes pueden ofrecer frenos de tambor a precios más bajos de lo que están presentes en el mercado para atraer a los consumidores que buscan opciones más económicas.

Además, el precio también va ligados a que los frenos de tambor tienen menos piezas móviles, costo de fabricación y ensamblaje menos costosos, además de la producción en masa y mayor disponibilidad en el mercado.

Tabla 18

Característica 6: Marca

Característica 6 Marca.

Matriz de Decisión Sistema de Frenos				
Marca				
Sistema de Frenos	Poca	Suficiente	Variada	Amplia
Frenos de Disco				✓
Frenos de Tambor		✓		

Nota. Marca en los sistemas de freno.

En el mercado automotriz ecuatoriano existe la presencia una amplia gama de marcas en el sistema de frenos de disco, por la gran demanda existente, las nuevas tecnologías aplicadas en cada sistema, con materiales mucho más modernos que generan una mayor fricción, todo ello contribuye a que los fabricantes lleven a cabo la fabricación continua de los frenos de disco.

Finalmente se presenta una tabla completa donde se realizará un conteo de los vistos y las puntuaciones consideradas de su selección.

Tabla 19

Sumatoria de la Matriz de Decisión Frenos de Disco

Matriz de Decisión Sistema de Frenos	Puntos Adquiridos
Respuesta de Frenado	4
Calidad	3
Porcentaje de Efectividad	4
Frenos de Disco Temperatura	4
Precio	2
Marca	4
Sumatoria	23

Nota. Sumatoria de la matriz de decisión en los sistemas de frenos de disco.

Tabla 20*Sumatoria de la Matriz de Decisión Frenos de Tambor*

Matriz de Decisión Sistema de Frenos	Puntos Adquiridos
Respuesta de Frenado	2
Calidad	2
Porcentaje de Efectividad	2
Temperatura	2
Precio	3
Marca	2
Sumatoria	16

Nota. Sumatoria de la matriz de decisión en los sistemas de frenos de tambor.

Cálculo Distancia de Reacción.

Dentro de la distancia de frenado, se llevará acabo con los parámetros de velocidad expuestos en la tabla 8 presente en el capítulo 2, lo que se realizará es acerca de conocer la distancia de reacción ideal, en conjunto con la velocidad determinada para realizar las pruebas necesarias del prototipo desde los 60km hasta 90km, posterior a ello efectuar una comparativa con la distancia de frenado óptima que menciona la ecuación 1.

Para 50km/h

$$(S_r) = \frac{13.888 \text{ m/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 23,149 \text{ m}$$

Para 60km/h

$$(S_r) = \frac{0.0166 \text{ km/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.0276 \text{ km} = 27.6 \text{ m}$$

Para 70km/h

$$(S_r) = \frac{0.0194 \text{ km/seg}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.0323 \text{ km} = 32.3 \text{ m}$$

Para 80km/h

$$(S_r) = \frac{0.0222 \text{ km/h}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.037 \text{ km} = 37 \text{ m}$$

Para 90km/h

$$(S_r) = \frac{0.025 \text{ km/h}}{0.6 \text{ seg}}$$

$$(S_r) = 0.041 \text{ km} = 41 \text{ m}$$

Cálculo Distancia de Frenado.

La importancia de la distancia de frenado en el vehículo es necesaria para conocer el trayecto del prototipo antes de detenerse, es por ello que con las condiciones necesarias de velocidad ya mencionadas del vehículo a evaluar, tendremos los siguientes resultados.

El coeficiente de fricción se tomará de la tabla 7, tanto en las dos condiciones a evaluar en asfalto seco y mojado, tanto para asfalto seco de 0.9 y asfalto mojado 0.7.

Distancia de Frenado en asfalto seco a 50km/h.

$$(S_f) = \frac{(13.8889 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * 0.9} = 10,93 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 60km/h.

$$(S_f) = \frac{(16.666 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.9} = 15.745 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 70km/h.

$$(S_f) = \frac{(19.444 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.9} = 21.432 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 80km/h.

$$(S_f) = \frac{(22.222 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.9} = 27.994 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto seco a 90km/h.

$$(S_f) = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.9} = 35.430 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 50km/h.

$$(S_f) = \frac{(13.8889 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 14,059 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 60km/h.

$$(S_f) = \frac{(16.666 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 20.244 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 70km/h.

$$(S_f) = \frac{(19.444 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 27.556 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 80km/h.

$$(S_f) = \frac{(22.222 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 35.992 \text{ [m]}$$

Distancia de Frenado en asfalto mojado a 90km/h.

$$(S_f) = \frac{(25 \text{ m/s})^2}{2 * \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) 0.7} = 45.553 \text{ [m]}$$

Cálculo Fuerza Centrífuga.

La fuerza centrífuga es aquella fuerza ficticia que empuja el automóvil hacia a fuera del centro de la curva, por lo tanto, se requiere de una estabilidad óptima para mantener el prototipo en línea. Con la ecuación 3, se puede reconocer la estabilidad del vehículo.

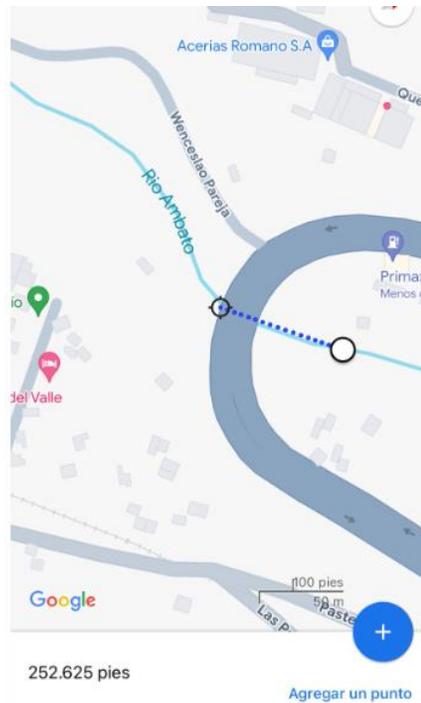
Tabla 21

Masa del vehículo

Componentes	Peso (Kg)
Chasis	82.215 kg
Motor	67 kg
Transmisión	50 kg
Sistema de Alumbrado	0.85 kg
Sistema de Dirección	32.28 kg
Sistema de Suspensión	17.76 kg
Sistema de Frenos	155 kg
Componentes adicionales	23.95 kg
Total	429. 055 kg

Nota. Masa del vehículo y todos sus componentes.

El radio de curva que se va a tomar es en la ciudad de Ambato, localizado en la parroquia la Península, dando un radio de curva de 77 m.

Figura 32*Radio de curvatura*

Nota. Radio de curvatura para efectos de cálculo y pruebas.

Fuerza Centrífuga a 50km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((13.888 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 1074.735 \text{ N}$$

Fuerza Centrífuga a 60km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((16.666 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 1547.693 \text{ N}$$

Fuerza Centrifuga a 70km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((19.444 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 2106.655 \text{ N}$$

Fuerza Centrifuga a 80km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((22.222 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 2751.620 \text{ N}$$

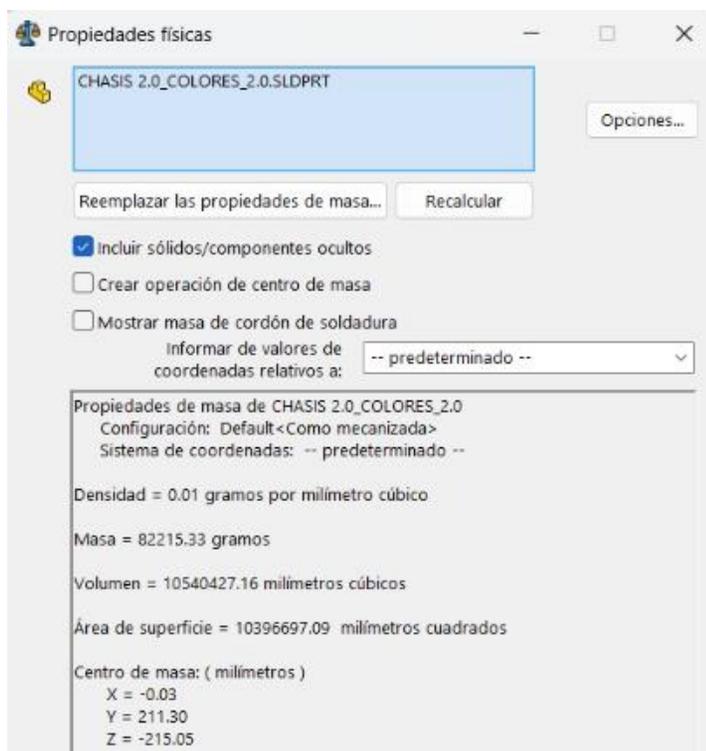
Fuerza Centrifuga a 90km/h

$$F_c = \frac{429.055 \text{ kg} \left((25 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 \right)}{77 \text{ m}} = 3482.589 \text{ N}$$

Para conocer si el vehículo sufre un vuelco, se debe tomar en consideración la Figura 26, las reacciones o fuerzas de N1 y N2 son aquellas que actúan en la carretera sobre las ruedas del vehículo, como bien conocemos, a medida que aumenta la velocidad del vehículo o aumenta la masa de este, mayor será la fuerza centrífuga, por lo tanto, si N1 es igual a 0 el prototipo perderá adherencia, es decir las ruedas de este no tendrán contacto sobre el asfalto perdiendo estas fuerzas o reacciones, con ello se volcará el automóvil.

Figura 33

Centro de masa



Nota. Centro de Masa del vehículo.

Cálculo Fuerza de Reacción

$$N1 = \frac{m g * -Fc * y_c}{a}$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 50km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{13.888 \frac{[mts]^2}{s}}{77 [mts]} \right) \right) * 0.211 [mts]}{1.508 [mts]} = 1.046 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 60km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [mts] - \left(m \left(\frac{16.666 \frac{[mts]^2}{s}}{77 [mts]} \right) * 0.211 [mts] \right)}{1.508 [mts]} = 0.892 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 70km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{(19.444 \frac{[mts]}{s})^2}{77 [mts]} \right) * 0.211 [mts] \right)}{1.508 [mts]} = 0.710 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 80km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [m] - \left(m \left(\frac{(22.222 \frac{[mts]}{s})^2}{77 [mts]} \right) * 0.211 [mts] \right)}{1.508 [mts]} = 0.499 * m$$

Fuerza para conocer si se vuelca el vehículo a 90km/h

$$N1 = \frac{m \left(9.806 \frac{[mts]}{s^2} \right) * 0.215 [mts] - \left(m \left(\frac{(25 \frac{[mts]}{s})^2}{77 [mts]} \right) * 0.211 [mts] \right)}{1.508 [mts]} = 0.261 * m$$

Capítulo IV

Análisis y Discusión

Justificación e Implementación del Sistema de Frenos

Una vez que se aplicó la escala de Likert, la cual nos permite darle puntuaciones a nuestras características por un método cuantitativo, con el propósito de conocer cuál es el sistema óptimo para implementar en nuestro prototipo, tenemos como resultado que el sistema de disco es el ideal para la implementación de nuestro automóvil, teniendo 23 puntos frente a 16 puntos que los obtuvo el sistema de frenos de tambor.

Teniendo en consideración que los sistemas de discos son los óptimos de implementar, se colocará tanto freno de disco delanteros y posteriores en nuestro prototipo, tomando en consideración varios factores para su implementación de los sistemas de freno de disco es tanto la temperatura y el área de contacto tanto de la pastilla con el disco.

En el factor de la temperatura debemos tomar en cuenta la ubicación del motor, ya que está expuesta en la parte posterior del prototipo, por lo tanto, tendrá mayor presencia de peso, los frenos de disco tienen que actuar mayormente para frenar dicha masa.

Para reducir el riesgo de “fading” (Pérdida de efectividad del frenado debido al sobrecalentamiento), se toma en cuenta colocar discos de freno perforados, con ello se ayuda a reducir la presencia de altas temperaturas en el disco debido a la fricción

Figura 34*Discos de freno posteriores*

Nota. Discos de freno perforados para las ruedas traseras del vehículo.

En la imagen se puede constatar las perforaciones existentes en el disco, con el propósito indicado, además con una manzana de 100 mm, la selección de esta manzana debido al motor seleccionado (*Suzuki Forsa I*), los ejes que están presentes en la caja de cambios comparten compatibilidad con el motor, es por ello de la implementación de dicho elemento, además de la disponibilidad en el mercado ecuatoriano.

Otro factor para considerar es el área de contacto, al tener mayor presencia de masa en la parte trasera del automóvil, tenemos la necesidad de colocar un disco de freno de más medida que el freno de disco delantero, la justificación se debe a que, al tener una mayor medida en conjunto con la masa de rotación presente, tenemos una mayor inercia que superar en detener el vehículo, esta dimensión del disco contribuye a una respuesta de frenado más precisa, aumentando su efectividad de frenado.

Al medir estos dos elementos se corroboró que existe una diferencia de 5 cm en el diámetro total del disco, por los factores mencionados tenemos la siguiente medida.

Figura 35*Medida Discos Posteriores*

Nota. La medida que se tiene de los discos perforados de la parte posterior del vehículo es de 30 cm.

Para contribuir con una mayor efectividad de frenado se implementa pastillas de freno de carbono, este material ofrece un mayor rendimiento de frenado, tanto en condiciones de alta velocidad y frenado intenso, además que soporta altas temperaturas sin degradarse significativamente, sin producirse un “fading”, finalmente la poca presencia de desgaste con una mayor durabilidad nos permite seleccionar este material para nuestro sistema.

Figura 36

Pastillas de freno

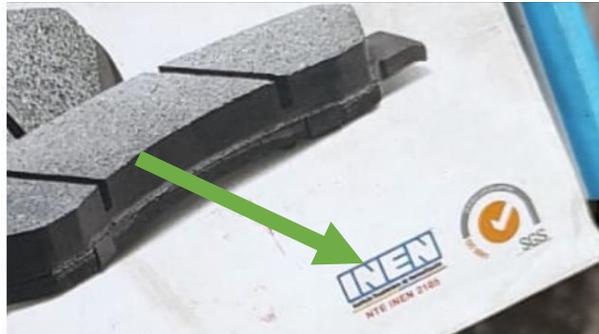


Nota. Pastillas de freno de carbono o semimetálicas para la utilización en el sistema de freno en el vehículo.

Hay que tomar en cuenta la normativa NTE INEN 2185, donde establece un requerimiento de los materiales de fricción que se emplean en los automóviles, es por ella que dicha normativa permite basarse para la selección, que cumpla con el requerimiento establecido por la entidad competente para su implementación, en conjunto con la NTE INEN 053, que son los cumplimiento o requisitos de los materiales de fricción que en este caso es el carbono. Por lo tanto, en la siguiente imagen se observa que las pastillas de freno seleccionadas tienen la aprobación de la normativa 2185 en conjuntos con la 053.

Figura 37

Normativa INEN utilizada en las pastillas



Nota. Cumplimiento de la Normativa INEN 2185 en las pastillas de freno a utilizar.

En la parte delantera del prototipo se seleccionó frenos de disco sólidos, ya que, al no tener tanta presencia de masa, tienen una menor masa de rotación por lo que existe poca inercia del vehículo a vencer, además al estar en frente del sistema existe una mayor ventilación, por lo que trabaja a menor temperatura y no existe un sobre calentamiento, el aire permite el enfriamiento de todo el sistema.

Figura 38

Discos sólidos Suzuki 1



Nota. Disco sólido original del Suzuki 1 para las ruedas delanteras 25 cm.

El disco de freno seleccionado es el original del Suzuki Forsa I, esta selección se debe a la poca presencia de masa en el tren delantero, por lo cual el elemento posee un diámetro de 25 cm y no tenemos la necesidad de aumentar su diámetro.

Figura 39

Medida discos de frenos delanteros



Nota. La medida que tienen los discos sólidos delanteros.

En los frenos de disco delanteros se colocó una manzana de 100mm del vehículo Chevrolet Aveo, esta manzana se la implemento por la disponibilidad en el mercado además del precio, estos dos factores contribuyen para su selección.

Figura 40

Manzana delantera



Nota. Manzana de Aveo para las ruedas delanteras.

La necesidad de implementar un servo freno en nuestro sistema es requerida para la aplicación de una menor fuerza en el pedal por parte del conductor, este sistema nos permite tener mayor potencia de frenado sin recurrir a una fuerza excesiva aplicada en el pedal, esta característica será de gran ayuda en situaciones que requiera de frenado de emergencia, donde se surge la necesidad de frenar el prototipo rápidamente.

La seguridad es de importancia para los ocupantes, el servo freno proporciona una sensación más controlable en el pedal de freno, lo que permite al conductor tener una modulación con mayor precisión a la hora de aplicar el pedal de freno, dando como resultado menor esfuerzo, tiempos más rápidos de reacción y distancias de frenado más cortas.

La siguiente imagen se puede observar la aplicación del servo freno en el prototipo, presente en la parte frontal de nuestro vehículo.

Figura 41

Servofreno



Nota. Servofreno que se implementó en el vehículo.

Para el sistema de frenos, se ocupará el líquido de Frenos DOT 4. La utilización de este elemento se debe a varios factores, una de ellas es el punto de ebullición frente a otros como el DOT 3; el DOT 4 tiene un punto de ebullición más alto, lo que esto significa que es menos probable que el líquido se caliente en bajas condiciones de frenado intenso o en situación que requiere de alta temperatura, lo que conllevaría este calentamiento es a la presencia de formación de burbujas de vapor lo que haría la pérdida de presión en el sistema, esto afectaría principalmente al servo freno donde se requiere una presión de frenado consistente y efectiva para operar, en temas numéricos el DOT 3 tiene un punto de ebullición en seco de 205 grados centígrados, mientras que el DOT 4 aumenta la cifra hasta los 230 grados centígrados, convirtiéndolo en más resistente a altas temperaturas.

Otro factor para su selección fue la temperatura, se requiere de un frenado más efectivo, por lo que el DOT 4 está fabricado con ésteres de borato y glicol, esta mezcla va a

permitir que el líquido soporte temperaturas más altas y sea más estable, mientras que el DOT 3 con fórmula de éter y polialquileno, resisten mejores condiciones de humedad y calor promedio.

Finalmente, la resistencia a la corrosión y el menor riesgo de daños a los sellos o componentes de goma, el DOT 4 ofrece una mejor resistencia a la corrosión frente al DOT 3, por lo que es beneficioso para la conservación de los componentes metálicos del sistema de frenos, como son los cilindros maestros, pinzas de freno, contribuyendo a una mayor durabilidad y confiabilidad en el sistema, por otro lado, el DOT 4 es menos agresivo al daño de los sellos o componentes de goma, por lo que no produce un deterioro prematuro de los sellos, evitando las fugas en el sistema.

Figura 42

Líquido de frenos



Nota. Líquido de frenos DOT 4, para el sistema de frenos de vehículo.

Para la distribución de las líneas de freno en la parte delantera y trasera del prototipo se utilizará mangueras de caucho en vez de líneas de freno de cobre, la selección de este elemento es únicamente por el costo, resulta más económico colocar mangueras de caucho frente a las líneas de freno de cobre, ya que se requiere transportar el líquido de frenos a la parte delantera y posterior del sistema, para la parte posterior tiene un mayor recorrido hacia su llegada al sistema por lo que resulta más costoso su aplicación. Además, que cumplen la misma función que es transportar el líquido a presiones llegando a las mordazas de freno y posterior a ello cumplir su función.

Figura 43

Mangueras de freno



Nota. Mangueras de freno que salen del cilindro maestro del servofreno.

Implementación de los Asientos

Al seleccionar asientos tipo cubo nos ofrece una cantidad basta de ventajas en temas de seguridad, además de estabilidad y rigidez, por lo tanto, este elemento se convierte en pieza clave en el mundo del automovilismo y profesionales de carreras.

Los asientos de tipo cubo están perfectamente diseñados para envolver al conductor y al pasajero en todo su espacio de apoyo, lo cual proporciona un soporte adicional en el caso de colisiones o maniobras violentas. Además, hay que tomar en consideración los refuerzos laterales presente en este elemento, estas características nos ayudan a mantener tanto al conductor como al pasajero, en una correcta posición sin sufrir desplazamientos a estas zonas mencionas, minimizando en gran media el riesgo de lesiones.

La forma ergonómica del elemento como lo es el asiento tipo cubo permite distribuir tanto las fuerzas de impacto de manera más concisa o uniforme en el cuerpo del conductor, en caso de existir alguna colisión se evitará lo antes mencionado, alguna lesión o fractura debido a la característica mencionada.

Figura 44*Asientos tipo Cubo*

Nota. Asientos tipo cubo para el vehículo.

Al tratarse de un prototipo con chasis tubular la estabilidad es sumamente importante, los asientos tipo cubo ofrecen una característica peculiar llamada centro de gravedad más bajo que los asientos comunes en los vehículos convencionales, ya que está posicionado más cerca de la superficie de contacto, lo que permite reducir el centro de gravedad del prototipo.

La rigidez forma parte de la característica principal de los asientos de cubo, el material que está presente en el elemento es rígido y de alta resistencia, lo que ayuda a minimizar la flexión además de la torsión durante maniobras violentas, proporcionando una mejor sensación de vínculo entre el prototipo y el conductor designado.

Por lo tanto, al ofrecernos grandes características tanto en seguridad, rigidez, estabilidad este tipo de asientos, tenemos la gran necesidad de seleccionarlo y es por ello de la implementación presente en el prototipo.

Figura 45*Rieles Asientos*

Nota. Asientos tipos cubo con y sin rieles.

La instalación de rieles en los asientos ubicados en el chasis del prototipo, se toma en cuenta la posición y el ancho de los asientos, procurando tanto la seguridad como la comodidad de los ocupantes, se toma en cuenta la mejor posición de manejo para el conductor, desplazándolo hacia adelante o atrás, esto también contribuyen a que el conductor tenga mayor comodidad, además se tomó en consideración la altura promedio de la persona que estará a cargo de ser el conductor, al tener una altura de 170 cm este se podrá regular con riel implementado en el prototipo.

Figura 46*Ubicación de asientos*

Nota. Ubicación de los Asientos en el vehículo.

Por otro lado, el riel debe tomar la ubicación de la altura de los asientos, en el asiento del conductor se debe tener una altura mayor respecto al del pasajero, para una mejor visibilidad de la carretera, y control del vehículo, ya que al tener el panel del control al frente se resta visibilidad, por lo contrario, el asiento del pasajero no tiene la necesidad de una mayor visibilidad de la carretera además que se enfoca más en su comodidad.

Figura 47

Ajuste de altura de los asientos



Nota. Diferencia de altura de 4 cm entre el asiento del conductor y el asiento del pasajero.

Implementación de cinturones de seguridad

Una vez seleccionado los asientos para el vehículo, el siguiente paso es la selección de los cinturones de seguridad, al existir diferentes tipos de cinturones presentes en el mercado, la diferencia depende del número de puntos de sujeción que posee cada uno.

Los cinturones más seguros y eficientes para distintas condiciones de manejo son los cinturones de 5 puntos, gracias a que la sujeción de los ocupantes, tanto piloto como copiloto u acompañante es mayor, dando una mejor estabilidad al momento de maniobrar el vehículo. Al

ir a velocidades relativamente altas este tipo de cinturones nos proporciona una mayor estabilidad cuando se toma las curvas, imperfecciones de la carretera, maniobras bruscas, etc que conlleven a tener un gran desplazamiento de los ocupantes.

Figura 48

Cinturones de seguridad 5 puntos



Nota. Cinturones de seguridad de 5 puntos para la utilización en el vehículo.

Utilizando el patrón mencionado se determina que entre más puntos de sujeción tengan los cinturones de seguridad más seguros, eficientes y brindarán una mayor estabilidad, por ende, existen cinturones de 5 puntos incluso de 6 puntos de sujeción. Cabe recalcar que entre mayores puntos de sujeción tenga un cinturón de seguridad mayor será su costo, además de depender de la marca y disponibilidad en el mercado.

A partir de los cinturones de 4 puntos, estos se deben utilizar butacas o asientos especiales, por lo tanto, se seleccionó e implementó los asientos deportivos tipo cubo para

posterior a ello colocar los cinturones de seguridad, ya que estos asientos tienen asignado los orificios por donde deben instalarse los cinturones.

Figura 49

Asientos tipo cubo con cinturones



Nota. Asientos con los cinturones de seguridad.

La selección de los cinturones de 5 puntos, se hizo de acuerdo a sus características de seguridad y estabilidad que ofrecen en relación a su costo. Los cinturones de 6 puntos de sujeción, aunque tengan mejores características, no se los tomó en cuenta porque su costo elevado, además de ser más difíciles de encontrar en el mercado ya que, solo los fabrican marcas de alta gama, su uso es netamente para el ámbito deportivo automovilístico.

Cálculo de la distancia de frenado y de reacción.

Para la distancia de reacción se debe conocer el trayecto que se va a recorrer desde que va a surgir la necesidad de frenar, esta va a depender principalmente del conductor, por lo

que a las velocidades de las cuales realizamos las pruebas obtuvimos los siguientes resultados como cálculos.

Tabla 22

Distancia de reacción

Velocidades a evaluar	Distancias
50 km/h	$(S_r) = 23.149m$
60 km/h	$(S_r) = 27.6 m$
70 km/h	$(S_r) = 32.3m$
80 km/h	$(S_r) = 37m$
90 km/h	$(S_r) = 41 m$

Nota. Tabla de distancia de reacción calculadas.

Durante las pruebas realizadas a las velocidades correspondientes entre 50 a 90 km/h se pudo determinar que la distancia de reacción, siendo el tiempo (*0.6 seg reacción*) y la distancia que necesita el conductor para accionar el freno al detectar un obstáculo, fue totalmente adversos a los cálculos realizados.

El resultado adquirido se debe a una variedad de factores, uno de ellos es la efectividad de frenado por parte del sistema de frenos de disco, la calidad de los elementos y la poca temperatura de fricción generada entre el disco y la pastilla. Al seleccionar tanto frenos de disco de altas prestaciones, como lo son discos perforados para evitar una concentración de temperatura y el material de carbono presente en la pastilla de freno, hizo que la eficiencia y

efectividad de frenado aumente. Además, que la reacción por parte del conductor y las óptimas condiciones de la carretera contribuyó significativamente a reducir la distancia de reacción.

Tanto en datos numéricos, para 50 km/h el cálculo realizado de la distancia de reacción fue de 23.149m, durante la prueba se obtuvo un valor de 16.5m, lo que se redujo este valor en un 33%.

Figura 50

Distancia de reacción a 50 km/h



Nota. Prueba de distancia de reacción a la velocidad de 50 km/h.

De la misma forma para 60 a 70 km/h, se redujo su valor del 32.61% al 17.03%, respectivamente, solo se tomó en consideración estas velocidades por temas de seguridad.

Figura 51

Distancia de reacción a 60 km/h



Nota. Prueba de distancia de reacción a la velocidad de 60 km/h.

Figura 52

Distancia de reacción a 70 km/h



Nota. Prueba de distancia de reacción a la velocidad de 70 km/h.

Los resultados reflejados durante las pruebas realizadas, existe una gran diferencia, eso se debe a que el conductor está en óptimas condiciones de manejo para detectar el obstáculo a tiempo y aplicar los frenos rápidamente.

Ahora para la distancia de frenado tanto en asfalto seco y mojado, será la distancia que al momento de accionar los frenos recorrerá hasta detenerse por completo el prototipo. Estas pruebas se realizarán en línea recta en la ciudad de Ambato, a continuación, se presentan los cálculos correspondientes a la distancia de frenado.

Tabla 23

Distancia de frenado en asfalto seco

Velocidades a evaluar	Distancia
50 km/h	$(S_f) = 10,93 \text{ m}$
60 km/h	$(S_f) = 15.745 \text{ m}$
70 km/h	$(S_f) = 21.432 \text{ m}$
80 km/h	$(S_f) = 27.994 \text{ m}$
90 km/h	$(S_f) = 35.430 \text{ m}$

Nota. Tabla de distancia de frenado en asfalto seco calculadas.

Tabla 24*Distancia de frenado en asfalto mojado*

Velocidades a evaluar	Distancia
50 km/h	$(S_f) = 14.059m$
60 km/h	$(S_f) = 20.244 m$
70 km/h	$(S_f) = 27.556 m$
80 km/h	$(S_f) = 35.992 m$
90 km/h	$(S_f) = 45.553 m$

Nota. Tabla de distancia de frenado en asfalto mojado calculadas.

Una vez hecho el cálculo correspondiente se procede a realizar las pruebas mencionadas, teniendo como resultado los siguientes datos por parte del prototipo.

Para las pruebas en asfalto seco, se pudo evidenciar la gran eficiencia de frenado por parte del sistema de frenos de disco, a la velocidad de 50 km/h la respuesta fue altamente efectiva, dando un contraste de 2.37 m, frente a los 10.93 m calculados, de esta manera se presentó una gran diferencia entre las otras velocidades de prueba y la distancia de frenado calculada existiendo una diferencia de 5.415m, 7.536m respectivamente para las velocidades de 60km/h y 70 km/h

La distancia que se recorrió al realizar la prueba de frenado a 50 km/h, es de 7.63 m.

Figura 53*Prueba frenada 50 km/h*

Nota. Medición de la distancia de frenado a 50 km/h.

Tabla 25*Distancia de frenado medida en asfalto seco*

Velocidades a evaluar	Distancia
50 km/h	$(S_f) = 7.63 \text{ m}$
60 km/h	$(S_f) = 10.33 \text{ m}$
70 km/h	$(S_f) = 13.89 \text{ m}$

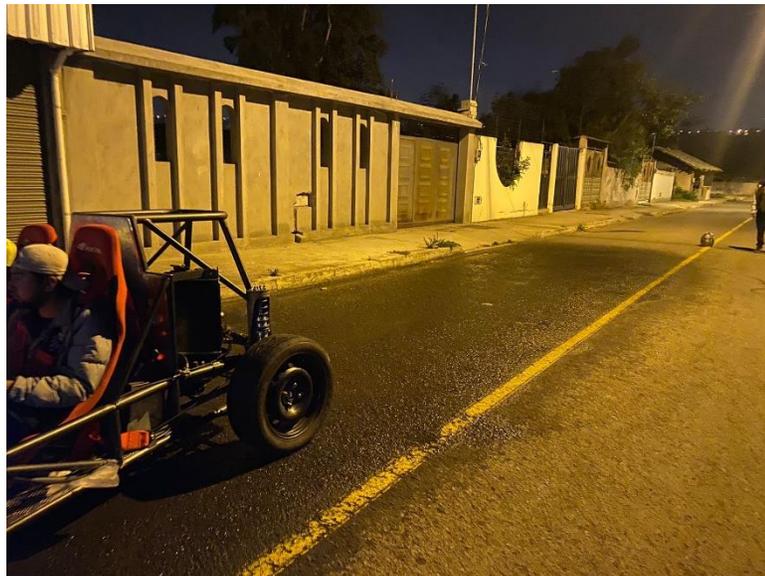
Nota. Tabla de distancia de frenado en asfalto seco medidas.

Para las pruebas en asfalto mojado, se redujo en gran medida la eficiencia de frenado, se debe considerar que un asfalto con presencia de agua, la fricción que se genera entre el neumático y la carretera se disminuye, es por ello de lo mencionado, sin embargo, la distancia de frenado calculada frente a la realizada en las pruebas, sigue teniendo un gran contraste.

Los resultados en la prueba a velocidades de 50km/h hasta 70 km/h, en asfalto mojado:

Figura 54

Prueba frenada asfalto mojado a 50 km/h



Nota. Medición de la distancia de frenado a 50 km/h.

Tabla 26*Distancia de frenado medida en asfalto mojado*

Velocidades a evaluar	Distancia
50 km/h	$(S_f) = 13.60 \text{ m}$
60 km/h	$(S_f) = 19.70 \text{ m}$
70 km/h	$(S_f) = 25.70 \text{ m}$

Nota. Tabla de distancia de frenado en asfalto mojado medidas.

La diferencia existente entre la distancia de frenado tanto en asfalto seco y mojado de los datos calculados frente a los resultados en las pruebas, determinan que los sistemas seleccionados con los elementos de gran calidad, contribuyen a una respuesta mucha más ágil y rápida del sistema, la eficiencia aumentó todo ello gracias a las características seleccionadas, tomando en cuenta la respuesta ágil del piloto y la carretera en óptimas condiciones de funcionamiento hicieron que este valor se diferencie con los calculados, por otro lado si, estas situaciones fueran distintas, los valores determinados se asemejarían frente a los calculados o aumentarían debido a condiciones como calzada rota, frenos de poca eficiencia o de mala calidad.

Tabla 27

Valores de la distancia de frenado calculados y medidos

Condición	Velocidades	Distancia		Variación
	a evaluar	Calculado	Medido	$\Delta S_f = \text{Calculado} - \text{Medido}$
Asfalto Seco	50 km/h	$(S_f) = 10,93 \text{ m}$	$(S_f) = 7.63 \text{ m}$	$\Delta S_f = 2.37 \text{ m}$
	60 km/h	$(S_f) = 15.745 \text{ m}$	$(S_f) = 10.33 \text{ m}$	$\Delta S_f = 5.415 \text{ m}$
	70 km/h	$(S_f) = 21.432 \text{ m}$	$(S_f) = 13.89 \text{ m}$	$\Delta S_f = 7.542 \text{ m}$
Asfalto Mojado	50 km/h	$(S_f) = 14.059 \text{ m}$	$(S_f) = 13.60 \text{ m}$	$\Delta S_f = 0.459 \text{ m}$
	60 km/h	$(S_f) = 20.244 \text{ m}$	$(S_f) = 19.70 \text{ m}$	$\Delta S_f = 0.544 \text{ m}$
	70 km/h	$(S_f) = 27.556 \text{ m}$	$(S_f) = 25.70 \text{ m}$	$\Delta S_f = 1.856 \text{ m}$

Nota. Tabla de datos calculados y medidos en asfalto seco y mojado.

Cálculo de la fuerza centrífuga.

Siendo aquella fuerza ficticia que actúa sobre al automóvil debido a la inercia ejercida presente en una curva, se realiza el cálculo para conocer la fuerza centrífuga que presente el prototipo al enfrentarse a un radio de curva de 77 m, en las velocidades indicadas.

Tabla 28*Fuerza Centrífuga*

Velocidad a evaluar	Valor
50 km/h	$F_c = 1074.735N$
60 km/h	$F_c = 1541.693 N$
70 km/h	$F_c = 2106.655 N$
80 km/h	$F_c = 2751.62 N$
90 km/h	$F_c = 3482.589 N$

Nota. Tabla de la fuerza centrífuga calculada.

Para conocer si el vehículo va a sufrir un vuelco durante la prueba se debe conocer la fuerza o reacción del asfalto sobre las ruedas en este caso N1 expuesta en la figura 26, si N1 es 0 o se aproxima a 0, se producirá un vuelco de inmediato, por lo tanto, la estabilidad del vehículo no es la óptima para el prototipo, una vez hecho el cálculo se obtuvo los siguientes resultados a las velocidades correspondientes.

Tabla 29*Fuerza de reacción*

Velocidades a evaluar	Valor
50 km/h	$N1 = 1.046 * m$
60 km/h	$N1 = 0.892 * m$
70 km/h	$N1 = 0.710 * m$
80 km/h	$N1 = 0.499 * m$
90 km/h	$N1 = 0.261 * m$

Nota. Tabla de la fuerza de reacción calculada.

En la tabla se puede observar que $N1$ es mayor a 1 a 50km/h, lo que significa que la estabilidad del vehículo es adecuada referente al diseño, centro de masa, distribución de pesos y sobre todo a la distancia que existe del suelo el prototipo, es por ello que se presenta fotografías de las pruebas realizadas. Mientras que los valores sean menores que 1 o se aproximen a 0, la fuerza de reacción ejercida entre la carretera y el neumático es casi nula, por lo tanto, existiría un vuelco en el prototipo si este valor es 0.

Figura 55

Prueba toma de curva a 70 km/h



Nota. Tercera prueba de estabilidad en curva a 70 km/h.

Por medio de la prueba realizada, se puede evidenciar que el radio de curva elegido (77 metros), hay que tomar en cuenta que el tramo seleccionado es una curva con bastante pronunciación hacia la izquierda, durante la primera prueba a 50 km/h, el vehículo mantuvo su estabilidad sin ningún inconveniente, no presento una excesiva fuerza externa que sea ejercida sobre este o bien llamada fuerza centrípeta, no se perdió el control del prototipo.

Para la prueba se realiza a 60 km/h, se evidencio la presencia de la fuerza externa presente en el vehículo, aquella fuerza hizo que el automóvil sea llevado hacia afuera de la curva, lo que conllevó a mantener firmemente el volante, con el fin de no perder el control.

Consecuente a ello, la prueba a 70 km/h se presencié en gran medida la pérdida de estabilidad del prototipo, lo que conllevó a la utilización del freno gradualmente para no perder el control y no sufrir algún percance durante la prueba.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos Humanos

Los recursos humanos son primordiales para la implementación del proyecto de titulación con el tema “Dimensionamiento e implementación del sistema de frenos y sistema de estabilidad del vehículo prototipo tipo Tumbler”.

Tabla 30

Recursos Humanos

	Nombres	Cargo
1	Lozada Robinson, Christian Paúl	Investigador
2	Ortiz Revelo, Roberto Sebastian	Investigador
3	Cruz Arcos, Guillermo Mauricio	Tutor del proyecto

Nota. Colaboradores del proyecto.

Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos que se detallan a continuación son los que se necesitaron para el desarrollo del proyecto.

Tabla 31*Recursos Tecnológicos*

	Descripción	Cantidad
1	Computadora (Laptop)	2
2	Balanza	1
3	Smartphone	2
4	Office	-
5	Internet	-

Nota. Recursos tecnológicos para el desarrollo de la investigación del proyecto.

Presupuesto

El presupuesto que se ha utilizado para realizar el proyecto de titulación se lo detalla a continuación.

Tabla 32*Presupuesto*

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Manzana Suzuki	2	20	40
Manzana Aveo	2	25	50
Discos de frenos delanteros	2	20	40

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Discos de freno traseros	2	70	140
Mordazas de freno delanteras	2	20	40
Mordazas de freno trasero	2	35	70
Patillas de freno	8	7,50	60
Asientos	2	225	550
Cinturones de seguridad	2	90	180
Araña de suspensión Suzuki 1	2	50	100
Servofreno	1	50	50
Pedalera de freno	1	10	10
Líquido de frenos	2	5	10
Suma Total			1340

Nota. Detalle del presupuesto para el desarrollo del proyecto de titulación.

Conclusiones

En síntesis, para la selección de los sistemas de frenos óptimos para la implementación en el prototipo, se toma en consideración la respuesta de frenado, calidad de los materiales, eficiencia de frenado, precisión del sistema, temperatura de trabajo. El sistema de frenos de disco, nos oferto mayores ventajas frente al sistema de frenos de tambor, posee mayor eficiencia de frenado, al generar el contacto entre la pastilla de freno y el disco, se genera poca temperatura esto se debe a que se implementó discos perforados, lo que nos beneficia a que la temperatura adquirida en el sistema tenga mayor ventilación, en conjunto con ductos cilíndricos para evacuar la temperatura para fuera del disco, por otro lado, en el mercado ecuatoriano existe una amplia gama de productos, tanto en marca como calidad, dando como resultado, elementos de alta calidad como pastillas de carbono, discos perforados para que la respuesta de frenado sea más precisa y correcta tanto en el tren delantero como posterior.

La colocación de frenos de discos de más medida en la parte posterior que la delantera, esto se debe a la presencia de mayor masa en el prototipo, donde se encuentra en su mayoría todo el sistema del vehículo, motor, caja de cambios, ejes, etc. Se necesita una mayor área de contacto para frenar la inercia del vehículo, entre mayor sea esta área, mejor es la respuesta de frenado y el sistema es más preciso. Esto se evidencio durante las pruebas realizadas, donde la mayor presencia de frenado es en la parte posterior.

Basándonos en los resultados obtenidos, podemos concluir que la distancia de reacción realizadas en las pruebas nos refleja la eficiencia de frenado del sistema seleccionado, además de que el conductor reacciona rápidamente al observar el obstáculo, tanto en los datos calculados a velocidad de 50 hasta 70 km/h, se obtuvo la distancia de reacción de 23.149m , 27.6m, 32.3m, respectivamente, frente a los datos realizados en las pruebas fueron, 16.50m, 18.60m, 26.8m, por lo tanto se evidencia un gran contraste en la distancia, esto se debe a la

efectiva respuesta del piloto al accionar el freno y la eficiencia de los sistema de frenos de disco.

Los análisis numéricos confirman nuestra suposición inicial de que la eficacia de los frenos de disco implementando en el prototipo reducen significativamente la distancia de frenado calculada frente a la tomada en ruta, es decir, los datos calculados a velocidades desde 50km/h hasta 70 km/h en asfalto seco, 10.93m, 15.745m, 21.432m respectivamente, a 7.63m, 10.33m, 13.896m realizadas en las pruebas hechas, por lo tanto, hay un 30.19% mayor de efectividad en asfalto en seco y para asfalto mojado, los datos calculados de 14.059m, 20.244m, 27.556m a las velocidades a evaluar 13.60m, 19.8m, 25.70 un 3.26%.

A partir de los resultados numéricos, podemos inferir que el cálculo de la fuerza centrífuga reflejo la precisión de la estabilidad del prototipo al tomar distintos requerimientos en carretera, curvas cerradas, rectas, pendientes, etc, pero se toma en consideración el radio de curvatura, entre mayor sea esta característica menor será la estabilidad del vehículo, dando como resultados la fuerza centrífuga desde 50km/h hasta 70 km/h, 1074.735 Newton, 1541.693, 2106.655 Newton, estos valores se vieron reflejados a la hora de realizar las pruebas, ya que al tener una fuerza ficticia presente en la curva, se presentó un poca estabilidad llevándonos hacia fuera del trayecto, es por ello que la fuerza de reacción entre la carretera y los neumática para estas velocidades tenemos como cálculos, 1.046^*m , 0.892^*m , 0.710^*m , el valor que tienda a 0 o este dentro de estos rangos el contacto será mínimo entre estos dos elementos, por lo tanto, para velocidad mayores a 80km/h se evitó realizar, con el fin de precautelar la seguridad de los ocupantes. Finalmente, se refleja que los valores calculados frente a los resultados en pruebas de ruta fueron sumamente precisos, ya que cumplió con lo establecido.

Recomendaciones

Las normativas son importantes al momento de la selección de componentes, como en esta ocasión, se tomó en cuenta la normativa INEN 2185, donde se indica los materiales de rozamiento junto a sus respectivos coeficientes de fricción, al nivel nacional, para la selección de componentes de sistemas de freno para vehículos prototipos el país carece de normativas, por lo tanto, es importante tomar en cuenta como referencia las normativas internacionales para su selección de constituyentes.

La visibilidad toma un papel importante en la seguridad de los ocupantes, ya que una buena visión del entorno al momento de la conducción garantiza disminuir el riesgo de accidentes, es por ello, que es importante procurar que los ocupantes se sientan seguros al momento de la conducción, por lo tanto, se recomienda la instalación de espejos retrovisores para garantizar la seguridad del conductor y del pasajero.

En cuanto al diseño del sistema de frenos de disco, se puede implementar discos de freno que sean perforados y acanalados o bien llamados discos hiperventilados, este tipo de elemento aumenta la salida de temperatura existente entre el contacto de fricción ejercido por la pastilla y el disco, incrementando su eficiencia de frenado tanto en regímenes de alta o bajas temperaturas.

Bibliografía

ANET. (2024). *ANET PREVENCIÓN*. Obtenido de ANET PREVENCIÓN:

<http://www.prevencionanet.com/analisis-de-fuerzas/>

AR. (2024). *AutorRadiador*. Obtenido de AutorRadiador:

<https://autorradiador.com/producto/asiento/>

Armaya, Á. P. (s.f.). *Autonoción.com*. Obtenido de Autonoción.com:

<https://www.autonocion.com/tipos-discos-de-freno-pros-contras/>

Autocasión. (2010). *Autocasión*. Obtenido de Autocasión:

<https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/control-de-estabilidad-como-conducir-un-coche-con-esp>

AutoDoc. (04 de Febrero de 2024). *AutoDoc Club*. Obtenido de AutoDoc Club:

<https://club.autodoc.es/magazin/discos-de-freno-rayado-ventilados-perforados-diferencias-y-funciones>

AutoPlanet. (2022). *AutoPlanet*. Obtenido de AutoPlanet:

<https://autoplanet.pe/producto/pastillas-de-freno-delanteras-great-wall-original-3501110asz08a/>

Bañón Blázquez, L., & Ferreiro Prieto, J. I. (2004). *LA ESTABILIDAD DEL VEHÍCULO EN LAS CURVAS: ASPECTOS GEOMÉTRICOS Y SU INFLUENCIA EN EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD*. Alicante, España: Universidad de Alicante.

BEC. (2019). *Bajaj Export Corporation*. Obtenido de Bajaj Export Corporation:

<https://www.bajajexports.com/es/873-2/878-2/>

- C.H, G. (18 de Noviembre de 2016). *FísicaParte*. Obtenido de <https://fisicapartenon.wordpress.com/2016/11/18/frenos-hidraulicos/>
- Cajiao Viscaino, D. F., & Ruiz Burbano, C. A. (2012). *Sistema de seguridad vehicular : sistema de frenos*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Cajiao, C. A., & Ruiz, D. F. (2012). *Sistema de Seguridad Vehicular: Sistema de Frenos*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Canto Gante, Á., Sosa, W., Bautista, J., Escobar, J., & Santillán, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de la Alta Tecnología y Sociedad*, 1-2.
- Carrasco, E. N. (2019). *Análisis comparativo del freno de tambor y freno de disco para optimizar la eficiencia del sistema de frenos en vehículo de servicio público de 800 cm³ de cilindrada*. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo.
- Carrasquero, R. (22 de Abril de 2023). *Kavak*. Obtenido de Kavak: <https://www.kavak.com/mx/blog/asientos-deportivos-todo-sobre>
- CEPE. (2015). *Reglamento no 13-H de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE) —Disposiciones uniformes sobre la homologación de los vehículos de turismo en lo relativo al frenado [2015/2364]*. Comisión Económica para Europa de las Naciones (CEPE).
- Chasiquiza, J. L. (2019). *EVALUACIÓN DEL DESGASTE DE NEUMÁTICOS POR CAUSA DE FALTA DE BALANCEAMIENTO*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Chousa, J. d. (2022). *Quora*. Obtenido de Quora: <https://es.quora.com/por-qu%C3%A9-son-diferentes-los-cinturones-de-seguridad-de-los-autom%C3%B3viles-autobuses-y-aviones>

ConsulVial. (01 de Diciembre de 2021). *ConsulVial*. Obtenido de ConsulVial: <https://consulvial-ecuador.blogspot.com/2012/10/1-de-diciembre-dia-mundial-de-uso-del.html>

Cross, R. (1998). Role of the centrifugal force in vehicle roll. En *Role of the centrifugal force in vehicle roll* (págs. 447-448). París, Francia: American Journal of Physics.

DMK. (2015). *DMK Racing.com*. Obtenido de DMK Racing.com: <https://dmkracing.com/noticias/consejos-mantenimiento-chasis/sobreviraje-subviraje/>

Elías, E. (s.f.). *Maxwell MX*. Obtenido de Maxwell MX: <https://maxwell.com.mx/tumbler-el-batimovil-electrico-lujoso-y-atractivo/>

EspirituRacing. (10 de 02 de 2024). *EspirituRacing*. Obtenido de EspirituRacing: <https://www.espirituracing.com/barra-de-refuerzo-delantera-aluminio-honda-integra-94-00-p-4946.html>

EUROMASTER. (13 de Mayo de 2022). *EUROMASTER Mantenimiento del Vehículo*. Obtenido de EUROMASTER Mantenimiento del Vehículo: <https://www.euromaster-neumaticos.es/blog/subviraje-sobreviraje-diferencias>

Fernández & Latorre, I. M. (2017). *Diseño de un Chasis Tubular para Carcross*. Tudela, España: Universidad Pública de Navarra.

FIAT. (20 de Noviembre de 2023). *FIAT México*. Obtenido de FIAT México: <https://www.fiat.com.mx/blog/car-friendly/en-que-consiste-el-sistema-de-frenos-de-tu-auto.html>

Get Auto. (10 de 02 de 2024). *GetAuto*. Obtenido de GetAuto: <https://getauto.es/sistema-de-frenos/>

GF Automotriz. (04 de Enero de 2024). *GF Automotriz*. Obtenido de GF Automotriz:

<https://www.gfautomotriz.com/index.php/producto/disco-freno-suzuki-forsa-i-super-carry/>

Grupo Barkash. (18 de Febrero de 2024). *Grupo Barkash*. Obtenido de Grupo Barkash:

<https://www.autoaccesoriosbarkash.cl/cinturon-seguridad-deportivo-4-puntas-para-auto-con-butaca-de-carreras-competiciones-tuning-racing-1>

INEN 053. (29 de 05 de 2014). *Material de Fricción para el Sistema de Frenos Automotrices*.

RTE INEN 053 (1R).

INEN 2185. (2010). *MATERIAL DE FRICCIÓN PARA EL SISTEMA DE FRENOS DE AUTOMOTORES. REQUISITOS E INSPECCIÓN*. NTE INEN 2185:2010.

Inma. (s.f.). *Rodes Recambios*. Obtenido de Rode Recambios:

<https://www.rodesrecambios.es/blog/mecanica/sistema-de-frenado/pastillas-de-freno/pastillas-de-freno-principales-caracteristicas/>

Knauf Industries. (14 de Marzo de 2022). *Knauf Industries Automotive*. Obtenido de Knauf

Industries Automotive: <https://knaufautomotive.com/es/asiento-del-conductor/>

Lizano & Arroba, C. &. (2018). *Diseño y construcción de la estructura tubular para la carrocería*

del prototipo de un auto eléctrico BIPLAZA UTA-CIM17. Ambato- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Matas, A. (2018, vol. 20). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión.

Revista electrónica de investigación educativa, 38-47.

Mercedes Benz. (26 de Abril de 2022). *Mercedes Benz Uruguay*. Obtenido de Mercedes Benz

Uruguay: <https://www.mercedes-benz.com.uy/como-funcionan-los-frenos-hidraulicos>

Mesías, G. C., & Pérez Pilco, D. P. (2016). *Diseño y construcción del sistema de frenos de un vehículo de competencia fórmula "SAE", para la carrera de Ingeniería Automotriz-ESPOCH*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mitsubishi. (12 de Septiembre de 2023). *Mitsubishi Motors*. Obtenido de Mitsubishi Motors: <https://www.mitsubishi-motors.com.pe/blog/tipos-discos-freno-carro/>

Mora Campoverde, E. F., & Prieto Pinzón, B. J. (2020). *ANÁLISI DEL USO DE CINTURÓN DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS, EN LA CIUDAD DE CUENCA*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Morelo, L. (2009). *Los Frenos en el Automovil*. Bilbao: Universidad del País Vasco.

Multiservicios. (17 de Marzo de 2011). *Multiservicios*. Obtenido de Multiservicios: <https://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com/2011/03/la-mordaza.html>

MundoMotor. (2024). *MundoMotor*. Obtenido de MundoMotor: <https://www.mundodelmotor.net/fallas-comunes-del-freno-de-tambor/>

Muñoz, C. G., & Calle, C. E. (2020). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LAS PASTILLAS DE FRENO CERÁMICAS, SEMIMETÁLICAS Y ORGANICAS EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA DE FRENADO BAJO LA NORMATIVA ECE – 13H*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Nieto, L. B. (2016). *Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

Osinski, I., & Sánchez, A. (1998). Categorías de respuesta en escalas tipo Likert. *Psicothema*, 623-631.

- Paredes, C., Guarnizo, J., Guerrero, V., & Campaña, O. (2016). *Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas de Durabilidad para Asientos de Vehículo*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- PowerStop. (10 de 02 de 2024). *PowerStop*. Obtenido de PowerStop: <https://www.powerstop.com/es/product/power-stop-drilled-slotted-rotors/>
- QuestionPro. (2023). *QuestionPro*. Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>
- Redondo, R. (2017). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CHASIS TUBULAR PARA UN VEHÍCULO TIPO FÓRMULA*. Madris, España: Universidad Politécnica de Madrid.
- Remolina, E. E. (2019). *Procedimiento para la estimación del coeficiente de fricción neumático-vía*. Colombia: Universidad Antonio Nariño.
- Rojas, G., & Arzola, N. (2013). Análisis del comportamiento dinámico de un vehículo con suspensión independiente tipo paralelogramo deformable y barras de estabilidad transversal. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 112-125.
- Sparco. (18 de Febrero de 2024). *Sparco*. Obtenido de Sparco: <https://www.sparco-official.com/es/motorsport/cinturones/cinturones.html?page=2>
- Tamayo, L. (2016). Estudio de la eficiencia de frenado para valorar pastillas de freno de producción nacional mediante norma ECE 13 – H. Quito, Ecuador: UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1052/1/T-UIDE-0854.pdf>
- Tomás, R., Bañón, L., & Ferreiro, J. (2004). *La estabilidad del vehículo en las curvas : aspectos geométricos y su influencia en el coeficiente de seguridad*. Alicante, España: Universidad de Alicante.

- Vaca, J. (2014). *Banco de pruebas para el análisis y comportamiento térmico del sistema de frenos de disco y tambor en automóviles*. Latacunga, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Velasteguí, A. J. (2015). *Los Materiales de Fricción y su influencia en la Eficiencia de Frenado*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Venegas Toro, W. (2012). *Análisis por el método de elementos finitos de un disco de freno con sistema de mordaza*. Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Nacional.
- Vergara, D. A. (2024). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA FRENOS Y EMBRAGUES*. Cali, Colombia: Universidad Autónoma de Occidente.

Anexos