

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz*

PROYECTO TÉCNICO:

**“ANÁLISIS DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO
DATSUN 1200 AÑO 1972 AL MODIFICAR EL SISTEMA ORIGINAL DE
TAMBOR POR UNO DE DISCO EN LAS CUATRO RUEDAS”**

AUTORES:

EDISON GABRIEL AGUAIZA SALTO
CRISTIAN ALEXANDER CASTRO ACARO

TUTOR:

ING. JUAN FERNANDO CHICA SEGOVIA, M.SC

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Edison Gabriel Aguaiza Salto con documento de identificación N° 0302447446 y Cristian Alexander Castro Acaro con documento de identificación N° 1150551081, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO DATSUN 1200 AÑO 1972 AL MODIFICAR EL SISTEMA ORIGINAL DE TAMBOR POR UNO DE DISCO EN LAS CUATRO RUEDAS”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico Automotriz*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.



Edison Gabriel Aguaiza Salta

C.I. 0302447446



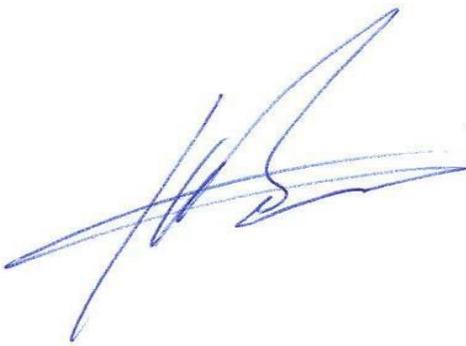
Cristian Alexander Castro Acaro

C.I. 1150551081

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO DATSUN 1200 AÑO 1972 AL MODIFICAR EL SISTEMA ORIGINAL DE TAMBOR POR UNO DE DISCO EN LAS CUATRO RUEDAS”**, realizado por Edison Gabriel Aguaiza Salto y Cristian Alexander Castro Acaro, obteniendo el *Proyecto Técnico*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, julio de 2021.



Ing. Juan Fernando Chica Segovia. M.Sc.

C.I. 0102220654

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Edison Gabriel Aguaiza Salto con documento de identificación N° 0302447446 y Cristian Alexander Castro Acaro con documento de identificación N° 1150551081, autores del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS DE LA EFICACIA DEL SISTEMA DE FRENOS DE UN VEHÍCULO DATSUN 1200 AÑO 1972 AL MODIFICAR EL SISTEMA ORIGINAL DE TAMBOR POR UNO DE DISCO EN LAS CUATRO RUEDAS”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, julio de 2021.

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Edison Gabriel Aguaiza Salto'. Below the signature is a horizontal line.

Edison Gabriel Aguaiza Salto

C.I. 0302447446

A handwritten signature in blue ink, enclosed in a blue oval. The signature is stylized and appears to read 'Cristian Alexander Castro Acaro'. Below the signature is a horizontal line.

Cristian Alexander Castro Acaro

C.I. 1150551081

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi madre Vilma quien, desde el principio de mi vida universitaria, ha estado presente para apoyarme en todo lo que le fuese posible, incluyendo sus consejos que me ayudaron a formarme como persona; siendo mi inspiración para lograr alcanzar mi objetivo. A mis hermanas Priscila y Karen, las que estuvieron en todo momento, ya sea bueno o malo para ser mi base de mi enfoque en obtener esta meta que me lo he propuesto; por creer siempre en mí y darme ánimos.

A su vez quiero dedicar a todas las buenas amistades que forjé en los salones de clases, con los que nos alentábamos de unos a otros compartiendo muchos momentos y aprendiendo de ellos. A los profesores que nos brindaron los conocimientos necesarios para el transcurso de la carrera, e inclusive nos supieron guiar a cualquier hora, estando predispuestos a que llegemos al entendimiento de sus materias, pero sobre todo por compartir sus experiencias las mismas que nos servirán para poder tomar mejores decisiones. Todo lo ya mencionado anteriormente no sería posible sin la ayuda de Dios, por lo que mi enfoque principal está dirigido hacia él, por ser mi fuente de fortaleza y apoyo en los momentos que creía desistir de mi objetivo.

Cristian Castro

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres Mecías y Aurora quienes, han hecho todo lo posible para mi formación en esta Universidad, por enseñarme a crecer y levantarme después de cualquier caída, por inculcarme los valores que me ayudaron a llegar hasta aquí. A mi esposa e hijo Jenny y Lenin, las personas que han sido mi fuente de inspiración quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para alcanzar esta meta.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartían sus conocimientos y a todas esas personas que han estado apoyándome durante estos cinco años de vida universitaria.

Edison Gabriel

AGRADECIMIENTO

Existen muchas personas a las que me gustaría agradecer, pero primeramente quiero hacerlo a Dios por ser el motor principal en mi vida, ser quién conocía mis anhelos desde el primer día que ingresé a la Universidad. A mis padres porque de ellos aprendí el significado de perseverar y luchar por nuestros sueños, a mi hermano Fabián por apoyarme en diversos momentos de mi estancia estudiantil, a mis hermanas: Karen y Priscila por fomentarme a luchar cada semestre que transcurría, e intentar apoyarme sin importar el problema que esté presente.

A mis amigos: Alex, Edison, Ángel e Ismael con los cuales hemos afrontado adversidades en cada semestre, desde el primero y han estado presentes cuando más los necesitaba, de ellos he ido aprendiendo muchas cosas no solamente académicas sino de la vida. Les agradezco mucho porque siempre existió ese espíritu de ayuda entre cada uno de nosotros, a pesar que a veces existiese desacuerdos. Al encontrarme lejos de casa, ellos hicieron que mi estancia en la ciudad de Cuenca fuera de lo más acogedora.

Existen muchas personas que trabajan en la universidad, las cuales me han ayudado por lo que menciono a la Lcda. María Anais Leguizamo quién me supo aconsejar en gran medida dentro de la universidad justo en un momento clave cuando creía que no existía solución posible, plasmando los valores que promueve la institución. Le agradezco al Ing. Juan Fernando Chica por saberme guiar de la mejor forma para el desarrollo de este proyecto, haciendo posible realizarlo.

Estoy seguro que este logro más que mío, es de todos quienes lo hicieron posible y jamás existirán palabras suficientes para agradecerles por todo lo que han hecho por mí desinteresadamente.

Cristian Castro

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias Dios por concederme la oportunidad de lograr este sueño, a mis padres por todo el apoyo moral que me han brindado durante todos estos años, a mis suegros por sus consejos que me han sido de vital importancia para mi estadía en la universidad. A mi tía que desde el inicio de mi formación como estudiante estuvo presente, a mis amigos y compañeros de aula quienes con sus palabras me han llenado de motivación para ser perseverante y nunca rendirme.

A mi esposa e hijo por darme día a día los ánimos que sin duda eran necesarios y por los cuales les quedo eternamente agradecido.

Edison Gabriel

RESUMEN

En el presente proyecto técnico, se analiza la eficacia de frenado que presenta el vehículo Datsun 1200 al modificar el sistema de frenos de tambor a uno de disco, en las cuatro ruedas. Este cambio fue necesario debido a que el vehículo de estudio se encuentra con mejoras en su motor, lo cual ha generado un aumento de potencia, es por esto que el sistema de tambor resulta ineficiente al momento de frenar ya que el tiempo y la distancia de frenado resultan peligrosos en la conducción, debido a su tardía reacción de frenado, además para que el sistema se mantenga en condiciones óptimas es necesario realizar calibraciones periódicas y producto de la carencia de ventilación que el sistema posee, el recalentamiento es notable en trayectos largos lo cual ocasiona que se genere el efecto fading. El análisis se divide en cinco etapas, en la primera comprende el estudio del estado del arte acerca de los dos sistemas de frenos en las que se evidenció las partes, ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Seguidamente se procedió con el desarrollo de las pruebas dinámicas en carretera, cuando el vehículo aún poseía el sistema de frenos a tambor en las cuatro ruedas, logrando identificar la eficacia que presentaba; para esto se trabajó en tres velocidades diferentes: 60, 80 y 100 Km/h con una muestra de 73 pruebas en cada una de ellas. Las consideraciones tomadas fueron las condiciones ambientales y condiciones mecánicas. La tercera etapa se basa en el diseño de los elementos auxiliares, a través del uso del software Autodesk Inventor el cual permite observar las resistencias que presenta los diferentes tipos de materiales con respecto a las cargas aplicadas, dichas cargas fueron encontradas mediante cálculos haciendo uso de los fundamentos teóricos de la primera etapa; posterior a ello se realizó la fabricación de los mismos, cabe recalcar que para el diseño de éstos, fue necesario identificar y adquirir las mordazas a implementarse. Una vez diseñado y fabricado se ejecutó la etapa de implementación del sistema de frenos de disco en las cuatro ruedas llevado a cabo con el debido proceso de armado.

Posterior a ello se realizaron las pruebas de carretera, con las mismas consideraciones tomadas con el sistema de tambor.

Finalmente, con el uso de los datos recopilados, se analizó las diferencias existentes entre ambos sistemas en relación con la eficacia que presentan, en donde se pueden observar mejoras favorables al realizar esta modificación.

ABSTRACT

In this technical project, the braking efficiency of the Datsun 1200 vehicle is analyzed by modifying the drum brake system to a disc brake system, on all four wheels. This change was necessary because the study vehicle has improvements in its engine, which has generated an increase in power, which is why the drum system is inefficient when braking since the time and distance of braking are dangerous when driving, due to their delayed braking reaction, in addition to keeping the system in optimal conditions it is necessary to carry out periodic calibrations and due to the lack of ventilation that the system has, overheating is noticeable on long journeys. which causes the fading effect to be generated. The analysis is divided into five stages, in the first one includes the study of the state of the art about the two brake systems in which the parts, advantages and disadvantages of each of them were evidenced. This was followed by the development of dynamic road tests, when the vehicle still had the drum brake system on all four wheels, managing to identify the efficiency it presented, for this we used at three different speeds: 60, 80 and 100 Km/h with a sample of 73 tests in each one of them. The considerations taken into account were environmental conditions and mechanical conditions. The third stage is based on the design of the auxiliary elements, through the use of Autodesk Inventor software which allows observing the resistances presented by the different types of materials with respect to the applied loads, these

loads were found through calculations using the theoretical foundations of the first stage; After that, they were manufactured, it should be emphasized that for their design, it was necessary to identify and acquire the jaws to be implemented. Once designed and manufactured, the implementation stage of the four-wheel disc brake system, carried out with the due assembly process, was carried out. After that, the road tests were carried out, with the same considerations taken with the drum system.

Finally, with the use of the collected data, the differences between the two systems were analyzed in relation to their effectiveness, where favorable improvements can be observed when carrying out this modification.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA	2
2.1. Descripción del problema.....	2
2.2. Antecedentes.....	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
4.1. Los frenos en el vehículo.....	5
4.2. Frenos de Disco	5
4.3. Frenos de tambor	9
4.4. Freno de estacionamiento	11
4.5. Reparto de la frenada por ejes	12
4.6. Distancia de frenado	12
4.7. Distribución de pesos estáticos en el vehículo	13
4.8. Eficacia de frenado	13
5. PRUEBAS DINÁMICAS.....	14
5.1. Consideraciones para las pruebas	15
5.2. Número de pruebas.....	15
5.3. Selección de ruta.....	17
5.4. Características del auto.....	18

5.5.	Cálculos de la fuerza entre balata y tambor.....	18
6.	PROCESO DE PRUEBAS DE CARRETERA CON FRENOS DE TAMBOR.....	20
6.1.	Pruebas de carretera con frenos de tambor.....	21
7.	DISEÑO DE ELEMENTOS AUXILIARES QUE FACILITEN LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS DE DISCO	22
7.1.	Cálculos previos al diseño	22
7.2.	Tren Delantero.....	26
7.3.	Tren Posterior	29
8.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO	30
8.1.	Bomba de freno	30
8.2.	Tren delantero.....	31
8.3.	Tren posterior	33
8.4.	Pruebas de carretera con frenos de disco.....	35
8.5.	Pruebas en el frenómetro	36
9.	COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENOS.....	39
10.	MARCO METODOLÓGICO.....	41
11.	RESULTADOS.....	42
12.	CONCLUSIONES	44
13.	RECOMENDACIONES.....	45
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
15.	ANEXOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de frenos de disco.....	7
Figura 2. Disco de freno ventilado y no ventilado.....	8
Figura 3. Pastillas de freno.	8
Figura 4. Pinzas de freno.	9
Figura 5. Partes de los frenos de tambor.....	11
Figura 6. Selección de ruta.	17
Figura 7. Diagrama de sistema de frenos de tambor.....	18
Figura 8. Prueba de carretera con frenos de tambor.	21
Figura 9. Diagrama del sistema de frenos de disco.	22
Figura 10. Medición de los pistones de las mordazas.....	23
Figura 11. Cargas presentes en el vehículo Datsun 1200.	24
Figura 12. Moldes de cartón tren delantero.	26
Figura 13. Diseño en Inventor en placa delantera.	27
Figura 14. Pernos grado 8.	28
Figura 15. Desplazamiento de placa delantera.	28
Figura 16. Diseño en Inventor de placa trasera.	29
Figura 17. Moldes de cartón tren posterior.....	29
Figura 18. Desplazamiento de placa trasera.	30
Figura 19. Bomba de freno.	31
Figura 20. Desarmado de frenos de tambor.	31
Figura 21. Montaje de placas delanteras.....	32
Figura 22. Pruebas de giro.	32
Figura 23. Limpieza y pintado.....	33
Figura 24. Desmontaje del sistema de frenos de tambor.	33
Figura 25. Pruebas de giro tren posterior.....	34
Figura 26. Limpieza y pintado tren posterior.	34
Figura 27. Pruebas con frenos de disco.	35
Figura 28. Frenómetro FUTUR 2000.	36
Figura 29. Registro de datos en interfaz FUTUR 2000.	37
Figura 30. Resultados obtenidos de las pruebas en el frenómetro.....	37
Figura 31. Resultados de eficacias.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de Confianza.	16
Tabla 2 Valor de precisión d.	16
Tabla 3. Características del auto.	18
Tabla 4. Propiedades del material usado.	27
Tabla 5. Grados de dureza de pernos.	28
Tabla 6. Pruebas en carretera a 10 Km/h.	38
Tabla 7. Tabla comparativa de distancia y tiempo de frenado.	39
Tabla 8. Comparaciones de eficacias en freno de tambor y de disco.	39
Tabla 9. Comparaciones de las fuerzas en los dos sistemas de frenos.	40
Tabla 10. Temperatura máxima alcanzada.	40
Tabla 11. Resultados obtenidos a 60 Km/h.	42
Tabla 12. Resultados obtenidos a 80 Km/h.	42
Tabla 13. Resultados obtenidos a 100 Km/h.	42

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ecuación 1. Distancia de frenado.....	13
Ecuación 2. Distribución de peso delantero.....	13
Ecuación 3. Distribución de peso trasero.....	13
Ecuación 4. Eficacia de frenado.....	14
Ecuación 5. Número de pruebas.....	15
Ecuación 6. Fuerza ejercida entre balata y tambor.....	19
Ecuación 7. Presión.....	19
Ecuación 8. Principio de Pascal.....	19
Ecuación 9. Fuerza de frenado delantero.....	25
Ecuación 10. Fuerza de frenado trasero.....	26

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se refiere al análisis del sistema de frenos que posee el vehículo de estudio, el cual está constituido por un sistema de tambor en las cuatro ruedas, esta característica se debe a que fue producido en los años setenta, ya que las velocidades que alcanzaban los automóviles de ese entonces no eran las mismas que se conoce en la actualidad, por lo que la evolución ha sido paulatina, de modo que los nuevos modelos se renuevan con mejoras significativas, considerado como un elemento esencial para la seguridad de los ocupantes. Es por estas razones que, al realizar mejoras en el vehículo en cuanto a su potencia, es importante contar con un sistema de frenos que sea eficaz y vaya acorde a las mejoras realizadas en el motor.

Como punto de partida se realizará el estudio del arte sobre las ventajas y desventajas que presenta cada uno de los sistemas de frenos, para corroborar que el sistema que se está implementando sea el más indicado para el vehículo de análisis.

Se generará datos en tablas mediante las pruebas de carretera cuando el vehículo posee el sistema de frenos de tambor y al final al tener los frenos de disco, para observar las mejoras obtenidas en el proceso de frenado como son: temperatura, deceleración, distancia y tiempo de frenado. Previo al cambio de sistema de frenos, se diseñará los elementos auxiliares necesarios para que el acople se efectúe con éxito. Finalmente realizar una comparativa entre la original y la implementada para una apreciación de la eficacia obtenida.

2. PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Un vehículo Datsun 1200 año 1972 posee un sistema de frenos con tambor en las cuatro ruedas, el cual presenta ciertos inconvenientes como: al ser un sistema no ventilado, esto genera un incremento de temperatura de sus componentes, ocasionando la pérdida de fricción conocido como el efecto fading (Sanjuán, 1996, p. 33) y al ser un vehículo destinado para actividades deportivas el peso de los componentes del sistema de frenos es un factor negativo a tomar en cuenta, además éstos componentes requieren calibraciones periódicas, lo cual ocasiona una pérdida de tiempo. Es importante mencionar que la distancia y tiempo de frenado que presenta el vehículo no es adecuada para salvaguardar la integridad de los ocupantes.

2.2. Antecedentes

Este vehículo presenta mejoras en el motor lo cual permite el incremento de su potencia así como también se implementó una caja de cambios de cinco marchas la cual proporciona al vehículo alcanzar una mayor velocidad con finalidades deportivas automovilísticas, por este motivo el sistema de frenos no debe presentar recalentamientos para que la función de frenado se lleve a cabo en un tiempo y distancia mínimo, por lo tanto el problema de la eficacia del frenado se da por la desventaja más significativa del recalentamiento de los tambores al ser un sistema sin ventilación interna, esto da como resultado la elevación de la temperatura provocando la disminución de su fricción de las superficies de contacto y reduciendo propiedades de frenado.

2.3. Importancia y alcances

Mediante esta investigación se pretende mejorar la eficacia de frenado de una Datsun 1200, ya que es un sistema de seguridad que mediante el mismo se perpetra la integridad de los ocupantes debido

a que son el principal medio de protección al encontrarnos conduciendo el vehículo. Al mismo tiempo es una base para conocer el proceso que se debe llevar a cabo para la implementación de un nuevo sistema de frenos.

2.4. Delimitación

Al plasmar la forma en la que se determinó la eficacia de los sistemas de frenos con pruebas realizadas en este proyecto, se procura guiar a las personas quienes persigan un fin común con este documento ya que este proceso se lo puede aplicar a diferentes vehículos que necesiten una mejora en su sistema de frenado, como es el caso para las personas que se dediquen a la preparación de vehículos para competencia.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Analizar la eficacia del sistema de frenos modificando el sistema original de tambor por uno de disco en las cuatro ruedas mediante pruebas dinámicas en carretera para la determinación del sistema con mayor eficacia en un vehículo Datsun 1200 año 1972.

3.2. Objetivos específicos

- Estudiar el estado del arte mediante revisiones bibliográficas para la adquisición de información del sistema de frenos.
- Analizar el comportamiento dinámico que presenta el sistema de frenos de tambor en las cuatro ruedas mediante pruebas dinámicas en carretera para la determinación de su eficacia.
- Diseñar los elementos auxiliares del sistema de frenos de disco en las cuatro ruedas mediante software de ingeniería para la implementación respectiva.
- Implementar el sistema de frenos de disco a las cuatro ruedas en el vehículo Datsun 1200 año 1972 mediante procesos de armado para la obtención de su eficacia.
- Realizar la comparación de los dos sistemas de freno mediante pruebas dinámicas en carretera para la determinación del sistema con mayor eficacia.

4. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Los frenos en el vehículo

Los frenos dentro del vehículo son los encargados de disminuir la velocidad de manera progresiva hasta detenerlo en caso de ser necesario, esta acción debe efectuarse de forma eficaz y sin perder la estabilidad durante este proceso, además esto es comandado por el conductor (Díaz, 2008, p. 169). Se basa en la ley de conservación de la energía, ya que el sistema de frenos convierte la energía cinética producida por la velocidad en energía térmica, a causa de la fricción existente entre las balatas y el disco o tambor de freno. La disipación de calor en los diferentes tipos de frenos existentes, será una característica que influya la capacidad de frenado; por lo que son directamente proporcionales (Garrido, 2018, p. 17).

Una de las consideraciones a tomar acerca de la reducción de la velocidad de los neumáticos, es que al hacerlo no siempre significa que se reducirá la velocidad del vehículo.

La necesidad de los frenos en un automóvil se basa en contrarrestar la energía cinética antes mencionada, para de esta manera transformarla en calor, por lo que el no tener frenos el maniobrar vuelve potencialmente peligroso al vehículo (Sanjuán, 1996, p. 10).

Los principales tipos de frenos se dividen en:

- Frenos de disco
- Frenos de tambor

4.2. Frenos de Disco

Actualmente son los tipos de frenos más utilizados en la gama media (Díaz, 2008, p. 172) consta de una mordaza fija y un disco con determinado espesor que gira solidario al neumático, gracias

al rozamiento de las pastillas que se encuentran dentro de la mordaza y a los dos lados del disco se produce la acción del frenado (MANUEL, 2010, p. 503).

Este sistema de frenos presenta algunas ventajas con respecto a los frenos de tambor.

- Mayor poder de frenado: distancia de frenado inferior con respecto a los frenos de tambor
- Mayor estabilidad en el proceso de la frenada
- Menor pérdida de la frenada con el aumento de la temperatura de sus componentes
- Mayor facilidad de montaje; costo de mantenimiento menor
- No aparece el efecto fading producido por la elevación excesiva de temperatura
- Capacidad de auto refrigerarse, al estar en contacto con el aire
- Facilidad en el proceso de instalación

A su vez, presenta sus desventajas mostradas a continuación

- Mayor esfuerzo al accionar el pedal.
- Presenta una dureza notable en el material de fricción.
- En frío presenta una reducción de eficacia.
- Económicamente presenta mayor coste en comparación a los de tambor.

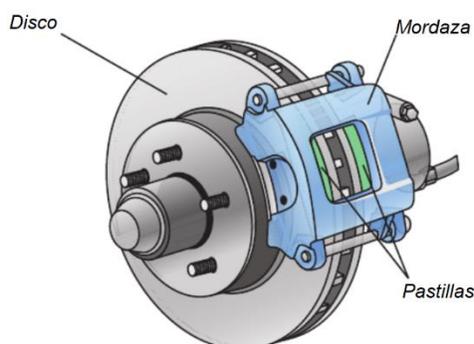
4.2.1. Funcionamiento

El conductor acciona el pedal de freno lo cual ocasiona que la bomba hidráulica genere una presión que al llegar hasta los pistones de accionamiento empujan las pastillas contra el disco, de esta manera se produce la reducción de la velocidad del neumático.

4.2.2. Composición

Este sistema de freno está formado por un disco, balatas o pastillas y la pinza de freno, donde se encuentran los pistones de accionamiento.

Figura 1. Composición de frenos de disco.



Fuente: (Diaz, 2008, p. 712)

4.2.3. Discos de freno

Son elementos de fricción y suelen estar fabricados de acero aleado con cromo lo cual le ayuda a soportar las elevadas temperaturas a las que están expuestas durante la frenada.

Los tipos básicos de discos son;

- Discos no ventilados; macizos.
- Discos ventilados; dotados de orificios en su interior que permitan la disipación de calor.

Comúnmente los discos no ventilados son instalados en el eje posterior, compuestos de una sola pieza, mientras que los discos ventilados su montaje de preferencia es en el eje delantero los mismo se conforman de dos discos separados los que contienen canales en los cuales va a ser posible la disipación de calor de manera más efectiva, puesto que la corriente de aire va a estar atravesando ambos discos evitando así el sobrecalentamiento.

Figura 2. Disco de freno ventilado y no ventilado.



Fuente: (Diaz, 2008, p. 173)

- Discos ventilados por pilares: Con una mejora en el enfriamiento de más del 40%, debido a su principal diseño de los mismos los cuales presentan surcos u orificios en la superficie de frenado ayudando no solo a disipar el calor, sino a eliminar el gas y los residuos (Brembo, 2018).

4.2.4. Balatas o pastillas de freno

Las balatas o pastillas de freno son unos forros de fricción y poseen virutas de un componente metálico, la cual ayuda a que la pastilla presente una mayor rigidez mecánica.

Figura 3. Pastillas de freno.



Fuente: (Diaz, 2008, p. 173)

4.2.5. Pinzas de freno

Las pinzas o mordazas son los elementos encargados de accionar los frenos a través de los pistones que empujan a las balatas generando fricción con el disco, estas pinzas van fijas.

Los tipos de pinzas que existen son:

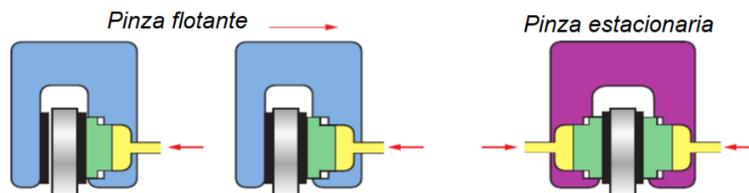
4.2.6. Pinzas Flotantes

Es accionado por un solo pistón en donde su pastilla de freno genera una fuerza al presionar el disco, el mismo que arrastra el conjunto de la pinza provocando que la otra pastilla realice la misma acción en el disco.

4.2.7. Pinzas estacionarias o fijas

Estas pinzas están provistas de varios pistones de accionamiento por ambos lados, y su funcionamiento se realiza al accionar las dos pastillas de freno simultáneamente, generando una presión sobre el disco. El número de pistones va a depender de dos factores del automóvil como: el peso y la potencia.

Figura 4. Pinzas de freno.



Fuente: (Diaz, 2008, p. 174)

4.3. Frenos de tambor

De acuerdo a (Sanjuán, 1996, p. 29) este sistema fue muy utilizado en épocas pasadas debido a que los vehículos no alcanzaban elevadas velocidades como se logra obtener hoy en día. Es considerado un sistema ingenioso y lógico desde un punto de vista de diseño técnico, actualmente muchos de los fabricantes usan una combinación con los frenos de disco, permitiendo que estos efectúen el máximo trabajo en las ruedas delanteras. Sin embargo, el freno de tambor presenta un gran inconveniente como lo es la dificultad que tiene para disipar el calor y por ende en las frenadas

sucesivas, presenta poca capacidad de recuperación, es por esto por lo que, se le designa un trabajo menos duro tal como ocurre cuando se les ubica en las ruedas posteriores.

Según (Parera, 1993, p. 33), los frenos de tambor son más sensibles al fenómeno denominado “fading” , este se produce gracias al incremento de la temperatura debido al tiempo de uso prolongado, lo que provoca una disminución de su rendimiento, llegando incluso a ser inutilizables cuando su uso va más allá del límite que puede soportar.

Ventajas principales frente a los frenos de disco

- Mayor área de contacto de las zapatas y el tambor.
- Presencia de menor ruido generado al frenar.
- No necesita utilizar materiales con gran dureza.

4.3.1. Partes de los frenos de tambor

4.3.1.1. Zapatas de freno

Estos elementos están recubiertos de forros prensados, presentan una forma de medialuna y su función es realizar la fricción para producir la frenada.

4.3.1.2. Tambor

Elemento que recibe la fricción de las zapatas, este está fabricado con acero de gran contenido de carbono, lo cual provee con características como: mayor dureza y resistencia mecánica.

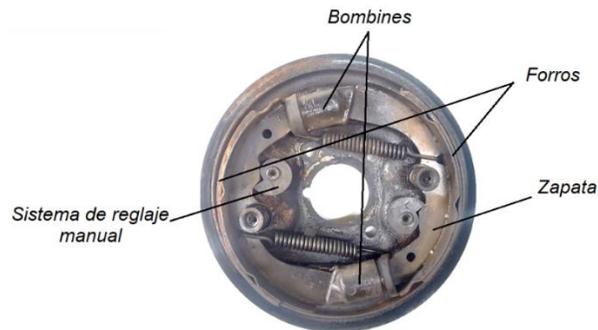
4.3.1.3. Bombín

Acciona las zapatas a través de la presión hidráulica recibida.

4.3.1.4. Sistema de reglaje automático

Encargado de mantener la distancia correcta entre la zapata y el tambor.

Figura 5. Partes de los frenos de tambor.



Fuente: Autores

4.3.2. Funcionamiento

El proceso con los frenos de tambor comienza al accionar el pedal del freno, lo que permite generar una presión que va a llegar a los bombines hidráulicos de la llanta, seguidamente va a existir una presión en las zapatas lo que va a generar una salida a sus extremos, presionando contra el tambor mientras se encuentra en movimiento. Este proceso va a provocar el frenado y la disminución de la velocidad, cumpliendo con su objetivo.

4.4. Freno de estacionamiento

El freno de estacionamiento tiene como misión inmovilizar el vehículo durante su parada ya sea en pendientes o zonas planas inclusive en ausencia del conductor, considerado como freno de emergencia mediante el accionamiento del conductor en las ruedas posteriores.

4.5. Reparto de la frenada por ejes

A pesar de que los vehículos presentan un freno por rueda, se debe tener en cuenta el peso en cada eje (Díaz, 2008, p. 169), en función de esto se seleccionará el reparto de la frenada; es decir, el tren en donde se encuentre el motor y por ende el mayor peso, aquí también se presentará una mayor capacidad de frenada. Comúnmente el reparto se presenta de la siguiente manera: Eje delantero que suele tener la presencia del motor, dispone de un 60 a 70% de la frenada y el eje posterior que presenta un peso menor dispone de un 30 a 40 % de la frenada.

4.6. Distancia de frenado

Se denomina como el espacio recorrido desde el momento en el que se acciona el pedal para reducir la velocidad hasta lograr un detenimiento completo del vehículo (Garrido, 2018, p. 26). Existen métodos para determinar esta distancia, entre los que se menciona: la manera analítica o experimental. La primera mencionada se aplica cuando se tiene todos los parámetros referentes al frenado, como; el coeficiente de fricción, de frenado, y la masa, etc. El segundo método consiste en medir la distancia recorrida desde un punto inicial en donde se acciona los frenos hasta el punto en el que el vehículo se detenga por completo, comúnmente la prueba se realiza sobre una ruta horizontal recta, y se pueden presentar diferentes condiciones: materiales, estado de las llantas y piso, condiciones atmosféricas (temperatura y lluvia).

Esta distancia va a depender de la presión producida en el pedal de freno, la adherencia, la velocidad y factores adicionales como la dirección de viento y la fuerza; los factores ya mencionados son variarán de acuerdo a cada circunstancia presente, siendo motivo por lo que los resultados obtenidos no serán exactos, pero si serán un valor muy aproximado al real. Se puede determinar a través de la siguiente ecuación:

$$D_f = \frac{v_v^2}{2 \cdot a_{f_v}} \quad (1)$$

En la misma, se puede evidenciar que la velocidad del vehículo v_v^2 es directamente proporcional a la distancia de frenado D_f mientras que a_{f_v} es inversamente proporcional a la misma.

4.7. Distribución de pesos estáticos en el vehículo

En aceleración nula, el peso del vehículo se distribuye de manera equitativa en las cuatro ruedas de la totalidad del peso, por lo que al conocer el peso delantero y trasero se puede encontrar el porcentaje de distribución.

Para conocer la distribución de peso en el eje delantero se usa la siguiente fórmula:

$$(DP_d) = \frac{P_d}{P} \cdot 100\% \quad (2)$$

Mientras que para el eje trasero:

$$(DP_t) = \frac{P_t}{P} \cdot 100\% \quad (3)$$

4.8. Eficacia de frenado

Es aquella que, de manera general nos informa el estado de los frenos durante su funcionamiento. De presentarse en óptimas condiciones la eficacia de frenado para un automóvil con 4 ruedas y máximo de 8 plazas será al menos del 58%. (Soriano & Antonio, 2016, p. 2).

Para determinar la eficacia de frenado se puede realizar a través del uso de un frenómetro, o en su caso al no disponer de éste, se puede efectuar mediante cálculos para lo que será necesario conocer

la deceleración de nuestro vehículo. Esa deceleración es la máxima, debido a que se necesita saber la eficacia en su máximo rendimiento. Para ello se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Eficacia\ de\ frenado = \frac{deceleración}{gravedad} * 100\% \quad (4)$$

La eficacia de frenado depende de distintos factores, (Guerra, 2003, pp. 40-50) como: neumáticos, la calzada, la velocidad, la masa del vehículo y su carga, la colocación de carga y el estado de los frenos. En el caso de los neumáticos es importante que éstos no presenten deslizamiento sobre la superficie de contacto, provocando de esta manera que el automóvil consiga la disminución de su velocidad. La calzada también deberá presentar un estado en el que emita una buena adherencia con los neumáticos, por lo que influye de manera positiva cuando este está seco, limpio y conservado. La velocidad es uno de los factores más notorios ya que si se presenta una velocidad mayor, la distancia de frenado aumentará por lo que el accionar del freno se deberá realizar con mayor anticipación. De la misma manera la masa se considera, debido a que, a mayor masa del vehículo, mayor es el esfuerzo de frenado, en cuando a la distribución de carga es importante considerar la ubicación, ya que se puede modificar el centro de gravedad teniendo como resultado un comportamiento peligroso del vehículo. Finalmente, y no menos importante, el estado en el que se encuentren conservados los frenos.

5. PRUEBAS DINÁMICAS

Las pruebas dinámicas son aquellas que se ejecutan al poner en marcha el vehículo en carretera con la finalidad de comprobar el funcionamiento de los sistemas del vehículo: el motor, el sistema de dirección, sistema de suspensión, sistema de frenos, entre otros, son algunos de los sistemas que no presentan su comportamiento durante una posición estática y gracias a estas pruebas se

podrá conocer el sonido, suavidad, tacto, confort, entre otras características. Estas pruebas son de gran utilidad para comprobar el rendimiento del automóvil como en una rutina diaria de manejo.

5.1. Consideraciones para las pruebas

Para realizar las pruebas es necesario considerar algunos aspectos, de esta forma se obtendrá información necesaria el cual nos servirá con la presente investigación.

Algunas de los aspectos a considerar son:

5.2. Número de pruebas

Se estableció ciertos parámetros para conocer el número de pruebas necesarias para que el trabajo investigativo sea confiable, por lo que se hizo uso de la siguiente fórmula (Torres et al., 2015, p. 10);

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2} \quad (5)$$

En donde,

Z= nivel de confianza

P= probabilidad de éxito o proporción esperada

Q= probabilidad de fracaso

D= precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Al no saber el tamaño de la población y considerando un nivel de confianza del 95% con una probabilidad de éxito o proporción esperada del 5%.

El valor de Z es de 1.96 y se lo determina en la siguiente tabla, haciendo relación a que el nivel de seguridad es del 95%.

Tabla 1 Nivel de Confianza.

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado
1	99%	2.58
5	95%	1.96
10	90%	1.645

Fuente: (Torres et al., 2015)

De la misma manera se obtiene la precisión que es del 5% es decir 0.05, en base al nivel de seguridad del 95%.

Tabla 2 Valor de precisión d.

%	Valor d
90	0.1
95	0.05
99	0.001

Fuente: (Torres et al., 2015)

- Z = 1.96 (ya que la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- q = 1 – p (en este caso 1 – 0.05 = 0.95)
- d = precisión (en este caso se desea un 5%)

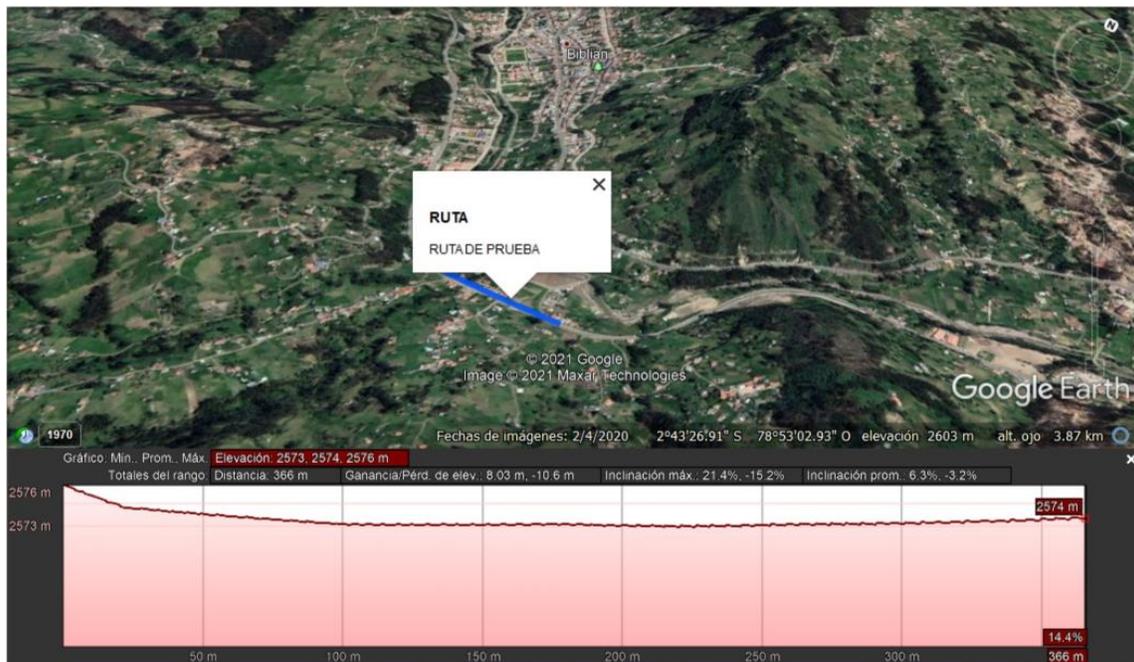
$$n = \frac{1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.05^2} = 73$$

Se requerirá realizar al menos 73 pruebas para poder tener una seguridad del 95%.

5.3. Selección de ruta

Para la selección de la ruta se definió un tramo con una pendiente nula, la cual está situada en la ciudad de Biblián. Este tramo facilitará realizar las múltiples pruebas a diferentes velocidades con el fin de conocer la eficacia del sistema de frenos presente en el vehículo seleccionado.

Figura 6. Selección de ruta.



Fuente: Google Earth

La ruta seleccionada es una vía recta, por lo que es sencillo mantener la velocidad del vehículo a analizar y tomar apuntes de la distancia y el tiempo en cada una de las pruebas.

5.4. Características del auto

Tabla 3. Características del auto.

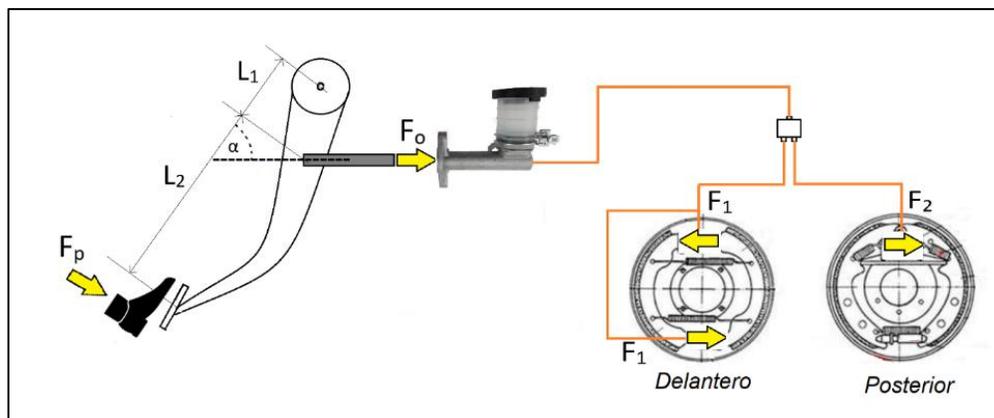
MARCA	NISSAN
LÍNEA	STATION WAGON
MODELO	1972
N° PASAJEROS	5
TIPO DE FRENOS DELANTEROS	TAMBOR
TIPO DE FRENOS TRASEROS	TAMBOR
NÚMERO DE EJES	2
NEUMÁTICOS	175/50 R13
TIPO DE MOTOR	4 cilindros en línea
CAJA DE CAMBIOS	Manual 5 velocidades
CILINDRAJE	1500 cc
MASA	830Kg

Fuente: Autores

Posterior a conocer el número de pruebas que se deben efectuar en la carretera, seleccionar la ruta y mencionar las características del vehículo a estudiar, es conveniente conocer los cálculos de las fuerzas que están actuando en nuestro sistema existente, es decir, en el sistema de frenos de tambor, por lo que nuestro siguiente paso será desarrollar las mismas.

5.5. Cálculos de la fuerza entre balata y tambor.

Figura 7. Diagrama de sistema de frenos de tambor.



Fuente: Autores

Para conocer la fuerza ejercida existente entre la balata y el tambor, desde el momento que se acciona el pedal de freno por lo que se realizó el diagrama de su circuito, haciendo más sencilla su comprensión. Para realizar las operaciones, es necesario conocer la fuerza aplicada al pedal de freno, en este caso es de 150 N, seguidamente al tener un mejor panorama gracias al diagrama se hace uso de la trigonometría para conocer nuestra fuerza de deseada.

$$F_o = \frac{F_p * \text{Cos } \alpha * (L_2 + L_1)}{L_1} \quad (6)$$

$$F_o = \frac{150N * \text{Cos } (70^\circ) * (0.23m + 0.07m)}{0.07m}$$

$$F_o = 219,87N$$

Según (Duarte & Niño, 2004, pp. 2-7) se hace uso del principio de pascal, el cual menciona que al ejercer presión dentro de un recinto, ésta es igual en todas sus direcciones. En base a esto se logró determinar las fuerzas entre la zapata y el tambor.

$$P_o = P_1 \quad (7)$$

En donde:

$$\frac{F_o}{A_o} = \frac{F_1}{A_1} \quad (8)$$

$$F_1 = \frac{219,87N * \frac{\pi(20,63mm)^2}{4}}{\frac{\pi(17,46mm)^2}{4}}$$

$$F_1 = 306,955N$$

$$F_{1derecho} = 613,91 N$$

$$F_{delanteroT} = 1227,82 N$$

Aplicando la Ecuación 7 y la Ecuación 8 de la misma manera, se obtiene:

$$F_2 = \frac{F_o * A_2}{A_o}$$

$$F_2 = \frac{219,87N * \frac{\pi(20,63mm)^2}{4}}{\frac{\pi(17,46mm)^2}{4}}$$

$$F_2 = 306,955N$$

$$F_{2posterior} = 613,91 N$$

6. PROCESO DE PRUEBAS DE CARRETERA CON FRENOS DE TAMBOR

Se realizaron las pruebas en carretera, con el número de pruebas establecidas con el fin de tener un nivel de confiabilidad del 95%. Para ello es necesario considerar que la temperatura ambiente fue la misma en la toma de cada una de los datos.

Para el desarrollo de estas pruebas previamente en la ruta seleccionada, se marcó el punto de inicio de frenado y con un metro se iba midiendo consecutivamente las distancias desde ese punto. Con la ayuda del velocímetro del tablero del automóvil y haciendo uso del cronómetro fue posible el desarrollo de cada prueba en la carretera; al estar el vehículo detenido después de frenar, se tomó apuntes de la distancia, el tiempo y de la temperatura de los frenos de tambor en cada una de las ruedas.

Las pruebas fueron realizadas en diferentes días, pero en cada uno de estas, se tomó en cuenta que la hora de ejecución de las pruebas sean las mismas, inclusive la presión de los neumáticos. De esta manera se pretende testificar que la variación de los mismos, no sea un factor influyente en los resultados obtenidos en el presente proyecto.

Las velocidades de trabajo fueron de 60, 80 y 100 Km/h por lo que en cada una de ellas se realizaron 73 pruebas de carretera, los mismos que fueron anotados en el software Excel, para hacer más sencillo el análisis del mismo. Se consideró las siguientes condiciones: una temperatura ambiente de 23°C a 26°C, con una presión de 28 Psi en una superficie de asfalto seco.

6.1. Pruebas de carretera con frenos de tambor

Durante las pruebas, con una velocidad de 60 Km/ h se obtuvo una distancia media de frenado igual a 30.91 metros, con un tiempo medio de frenado de 4.37 segundos, generando una eficacia de frenado del 38.88%. Cabe recalcar que de todas las pruebas realizadas la desviación estándar de la distancia es igual a 2.07 m, mientras que del tiempo es 0.29 segundos, como se puede observar en el Anexo A.

Del mismo modo, al realizar las pruebas con una velocidad de 80 Km/ h se consiguió una distancia media de frenado de 43.66 metros con un tiempo medio de frenado de 5.02 segundos, adquiriendo una eficacia de frenado igual a 45.15 %. Las desviaciones estándares de la distancia y del tiempo son del 2.11 m y 0.29 segundos respectivamente; evidenciado en el Anexo B.

Se concluyó esta primera tanda de pruebas, con una velocidad de 100 Km/ h en la cual se denota una distancia media de frenado de 67.34 metros, en un tiempo medio de 5.79 segundos con una eficacia de frenado del 48,88 %. Las desviaciones estándar calculadas de la distancia y el tiempo son: 1.97 m y 0.18 segundos, plasmado en el Anexo C.

Figura 8. Prueba de carretera con frenos de tambor.



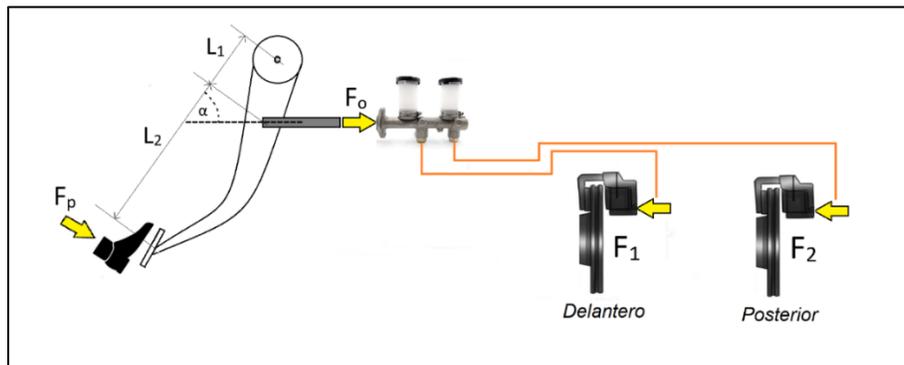
Fuente: Autores

7. DISEÑO DE ELEMENTOS AUXILIARES QUE FACILITEN LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENOS DE DISCO

7.1. Cálculos previos al diseño

7.1.1. Fuerza entre pastilla y disco

Figura 9. Diagrama del sistema de frenos de disco.



Fuente: Autores

En el caso de los frenos de disco, se realizó el mismo cálculo como en los frenos de tambores, por lo que se empleó las ecuaciones 7 y 8.

$$F_1 = \frac{F_o * A_1}{A_0}$$

$$F_1 = \frac{219,87N * \frac{\pi(47mm)^2}{4}}{\frac{\pi(22,22mm)^2}{4}}$$

$$F_1 = 983,72N$$

$$F_{1delantero} = 1967,44 N$$

La fuerza presente en la parte delantera representa el 62% del total de la fuerza que es aplicada por los pistones de las mordazas delanteras y posteriores.

$$P_0 = P_2$$

$$\frac{F_0}{A_0} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{F_0 * A_2}{A_0}$$

$$F_2 = \frac{219,87N * \frac{\pi(37mm)^2}{4}}{\frac{\pi(22,22mm)^2}{4}}$$

$$F_2 = 609,65N$$

$$F_{2posterior} = 1219,3N$$

De la misma manera en la parte trasera, representa el 38% del total de la fuerza aplicada. Este reparto es considerado como un reparto óptimo, debido a la repartición de cargas en el vehículo, lo cual no permitirán que el tren tanto delantero como posterior se bloqueen en una frenada, evitando el “efecto tijera” (Aparicio et al., 1995, p. 308).

Esta repartición de frenado se logra, debido a que el diámetro de la mordaza delantera es superior en 10 mm con respecto a la parte posterior, siendo éstos de 47 mm y 37 mm respectivamente, como se puede visualizar en la Figura 10. De esta manera se logra tener una fuerza mayor en el tren delantero.

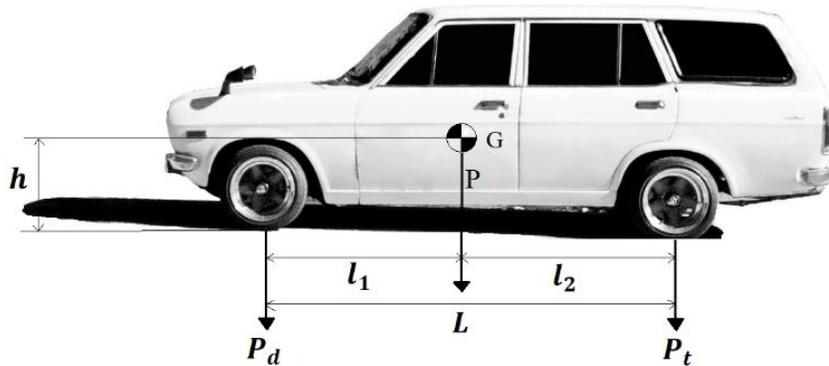
Figura 10. Medición de los pistones de las mordazas.



Fuente: Autores

7.1.2. Distribución de pesos estáticos

Figura 11. Cargas presentes en el vehículo Datsun 1200.



Fuente: Autores

Se hace uso de la Ecuación 2 para el peso del tren delantero, mientras que para la parte trasera se usa la Ecuación 3, como se observa a continuación:

$$D_{pd} = \frac{P_d}{P} \cdot 100 = \frac{4120.2N}{8142.3N} \cdot 100 = 50.6\%$$

$$D_{pt} = \frac{P_t}{P} \cdot 100 = \frac{4022.1N}{8142.3N} \cdot 100 = 49.6\%$$

Como se puede observar la distribución de pesos estáticos es casi similar, por lo que se considera que el vehículo tiene gran estabilidad en el momento de su circulación.

7.1.3. Centro de Gravedad:

Se realiza sumatoria de momentos, con respecto a la Figura 11.

$$\sum M_G = 0$$

$$P_t \cdot (2.3 - l_1) - P_d \cdot l_1 = 0$$

$$4022.1 \cdot (2.3 - l_1) - 4120.2 \cdot l_1 = 0$$

$$9250.83 - 4022.1 \cdot l_1 - 4120.2 l_1 = 0$$

$$\frac{9250.83}{8142.3} = l_1$$

$$l_1 = 1.136m$$

l_1 es la distancia comprendida entre el eje delantero y el centro de gravedad; a su vez l_2 es la distancia del centro de gravedad con respecto al eje trasero.

$$l_2 = L - l_1$$

$$l_2 = 2.3m - 1.136m$$

$$l_2 = 1.164m$$

7.1.4. Fuerza de frenado

Para determinar las fuerzas de frenado, tanto del eje delantero como trasero se usó las fórmulas establecidas en (Aparicio et al., 1995, pp. 302-303), con un coeficiente de fricción neumático-suelo $\mu = 0.85$, debido a que se realiza las pruebas sobre asfalto seco. En el caso de la fuerza de frenado delantero, se calcula de la siguiente manera:

$$F_{fd} = \frac{\mu \cdot P}{L} [l_2 + \mu \cdot h] \quad (9)$$

$$F_{fd} = \frac{0.85 \cdot 8142.3}{2.3} [1.164 + 0.85 \cdot (0.45)]$$

$$\boxed{F_{fd} = 4653.6 N}$$

$$\boxed{F_{fd_{por\ rueda}} = 2326.79 N}$$

Mientras para la fuerza de frenado trasero:

$$F_{ft} = \frac{\mu \cdot P}{L} [l_1 - \mu \cdot h] \quad (10)$$

$$F_{ft} = \frac{0.85 \cdot 8142.3}{2.3} [1.136 - 0.85 \cdot (0.45)]$$

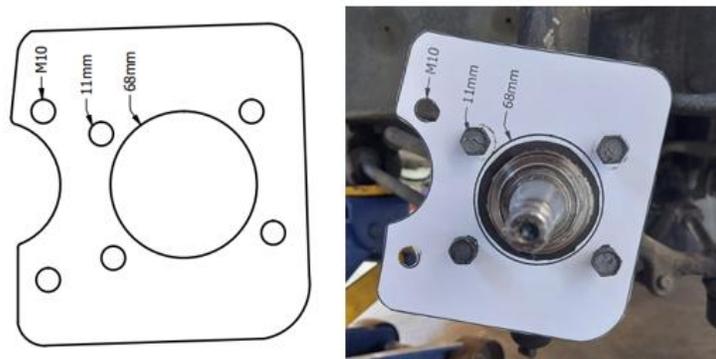
$$F_{ft} = 1307.51 \text{ N}$$

$$F_{ft \text{ por rueda}} = 653.75 \text{ N}$$

7.2. Tren Delantero

Una vez seleccionada la mordaza y conociendo el diámetro del disco que se implementará, se observa los puntos de sujeción los cuales serán tomados en cuenta al momento de diseñar la placa en el software Autodesk Inventor que servirá como soporte para la estructura de la mordaza. Cabe recalcar que, para el diseño de estas placas de soporte, se realizó moldes de cartón, los mismos que nos permiten visualizar si los diseños coinciden con la parte física real.

Figura 12. Moldes de cartón tren delantero.

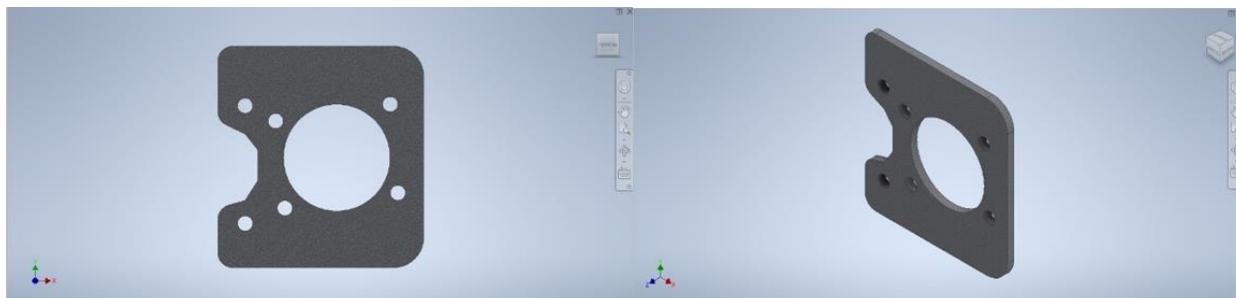


Fuente: Autores

Este es un paso muy importante para conocer el lugar exacto en donde se ubican los pernos de las mismas, a su vez visualizar si el contorno no roza con alguna otra superficie u elemento, como se

muestra en la Figura 12. Además, un dato muy importante es conocer la posición de los pernos que sujetarán a la placa en la mangueta, la misma que tendrá una forma igual a la indicada en la siguiente figura:

Figura 13. Diseño en Inventor en placa delantera.



Fuente: Autores

Esta placa tiene un espesor de 6 mm de acero ASTM A36, con un límite de elasticidad de 248.225 MPa y un módulo de Young de 199.959 GPa. Las propiedades del material se pueden conocer debido a las herramientas que posee Autodesk Inventor, las cuales son:

Tabla 4. Propiedades del material usado.

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	248,255 Mpa
	Resistencia máxima a tracción	399,9 Mpa
Tensión	Módulo de Young	199,959 Gpa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9073 Gpa

Fuente: Autores

Se escogió pernos que irán en los puntos de sujeción, los cuales son M10-1.25x25 elaborados con acero de medio carbono, templado y revenido; siendo una buena elección a la hora de realizar trabajos automotrices y en metal-mecánica. Posee una prueba de carga de 120000 PSI.

Figura 14. Pernos grado 8.



Fuente: Autores

En la siguiente tabla, se puede observar las características que presenta el perno de grado 8 seleccionado (Proyesa, 2018).

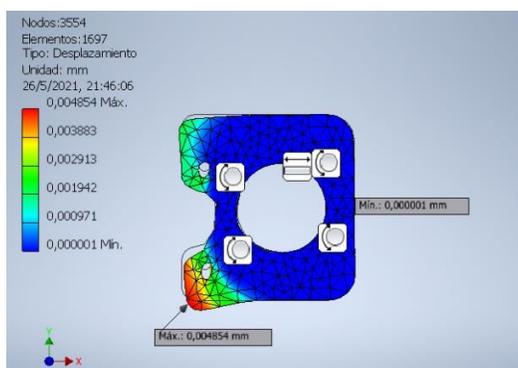
Tabla 5. Grados de dureza de pernos.

SAE: Society of Automotive Engineers			
NÚMERO DE GRADO	MATERIAL	CARGA DE PRUEBA (KPSI)	ESFUERZO DE RUPTURA (KSI)
0	Acero de bajo carbono o acero al carbono	55 - 33	74 - 60
5	Acero al carbono templado y revenido	85 - 74	120 - 105
8	Acero al carbono, aleado templado y revenido	120	150

Fuente: (Proyesa, 2018)

Seguidamente, en el mismo programa se ingresó las restricciones correspondientes en cada parte para su respectivo análisis, así como las cargas que deben soportar, después se efectuó un enmallado y la simulación.

Figura 15. Desplazamiento de placa delantera.



Fuente: Autores

Como se puede observar en la Figura 15 el desplazamiento de la placa, aplicando las cargas establecidas es inferior a 5 milésimas de milímetro en la zona más crítica, con un coeficiente de seguridad mínimo de 7.74 y con un máximo de 15.

7.3. Tren Posterior

Del mismo modo para el tren posterior se diseñó las placas en el software mencionado con anterioridad, teniendo en cuenta las mismas condiciones anteriores. Para lo cual se presentan los resultados a continuación:

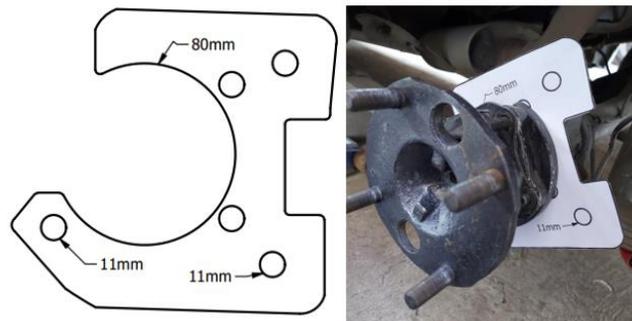
Figura 16. Diseño en Inventor de placa trasera.



Fuente: Autores

Previo al diseño en software se realizó moldes del mismo modo que en el tren delantero, los que permitieron observar que la ubicación sea la correcta y que no interfiera con otros componentes.

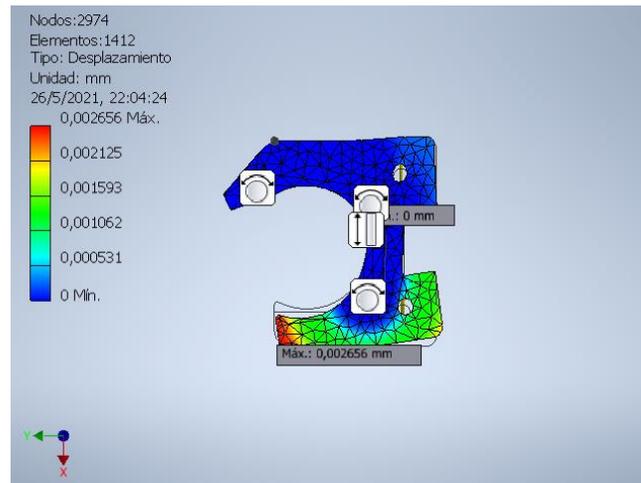
Figura 17. Moldes de cartón tren posterior.



Fuente: Autores

El material seleccionado y el proceso de simulado fue el mismo, obteniendo los siguientes resultados.

Figura 18. Desplazamiento de placa trasera.



Fuente: Autores

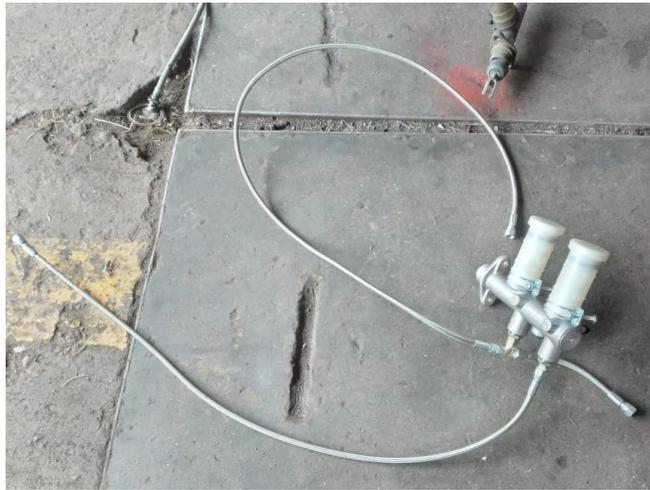
Como se puede observar, el desplazamiento máximo de esta placa con las cargas que actúan en la misma es menor a 3 milésimas de milímetro y en la mayor parte de la misma, el desplazamiento es nulo. Posee un coeficiente de seguridad mínimo de 15.

8. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO

8.1. Bomba de freno

Inicialmente se realizó el reemplazo de la bomba de freno, por un cilindro maestro doble o en tándem, debido a que ésta genera dos circuitos hidráulicos de frenado de manera independiente en donde cada circuito se encargará de un par de ruedas, como se puede observar en el diagrama de la Figura 9. Este cambio se lo hizo con el fin de obtener una mayor fuerza entre la pastilla y el disco, ya que el émbolo tiene un mayor diámetro. Para esto se efectuaron cálculos los mismos que fueron realizados haciendo uso de la Ecuación 7 y 8.

Figura 19. Bomba de freno.



Fuente: Autores

Cabe recalcar que la bomba original, tenía un diámetro de 11/16 in a comparación de la nueva, la cual posee un diámetro de 7/8 in. Corroborando la justificación ya mencionada.

8.2. Tren delantero

Inmediatamente se procedió con el desarmado del sistema de tambor, posterior a ello se realizó el montaje de las placas realizas, las cuales cumplen la función de ser el soporte de las mordazas, esto se puede observar en la Figura 20:

Figura 20. Desarmado de frenos de tambor.



Fuente: Autores

Es importante mencionar que las placas cumplen la función de sostener fijamente a la mordaza con la mangueta del vehículo, es por eso que amerita ser analizada para que pueda cumplir su función y poder circular con mucha seguridad.

Figura 21. Montaje de placas delanteras.



Fuente: Autores

Posteriormente se realizó el armado de la mordaza conjuntamente con el cubo de la manzana, la cual tuvo que ser extraída para la instalación de la placa anterior. En esta parte también se realizó las pruebas de giro de la rueda para identificar posibles rozamientos entre la mordaza y el aro del vehículo Figura 22.

Figura 22. Pruebas de giro.



Fuente: Autores

Una vez armado el conjunto se procedió a la limpieza y pintado de los componentes para evitar posibles oxidaciones con el paso del tiempo.

Figura 23. Limpieza y pintado.



Fuente: Autores

Finalmente se puede observar cual es el resultado para el tren delantero, pasando de tener un sistema de tambor a un sistema de disco.

8.3. Tren posterior

Al igual que en la parte delantera el primer paso es retirar el sistema de tambor, para proceder a la implementación de la placa que soportará el conjunto de la mordaza.

Figura 24. Desmontaje del sistema de frenos de tambor.



Fuente: Autores

Una vez que se tenga la placa montada se procede a colocar la mordaza y el disco. Es aquí donde se realizan las respectivas pruebas de giro, en donde se puede visualizar el giro libre de la rueda con respecto a la mordaza.

Figura 25. Pruebas de giro tren posterior.



Fuente: Autores

Es importante realizar una limpieza y posterior a ello pintar la placa fabricada ya que de esta manera se evita la futura oxidación de estos materiales. A continuación, podremos observar del resultado de la implementación de este sistema.

Figura 26. Limpieza y pintado tren posterior.



Fuente: Autores

Una vez ya finalizado la modificación del sistema de frenos del vehículo se lleva a cabo las respectivas pruebas dinámicas en carretera, estas pruebas nos ayudaran a identificar la eficacia de frenado obtenida con este nuevo sistema y así poder concluir ya sea de manera positiva o negativa.

8.4. Pruebas de carretera con frenos de disco

Figura 27. Pruebas con frenos de disco.



Fuente: Autores

De la misma manera, se realizó pruebas de carretera una vez instalados los frenos de disco en el automóvil, ejecutando las acciones anteriores para obtener los valores en cada una de las pruebas realizadas. En donde a una velocidad de 60 km/h presentó una distancia media de frenado de 20.76 metros, las cuales comprenden un tiempo medio de frenado de 2.22 segundos, consiguiendo una eficacia de frenado que es igual a 76.21% y con una desviación estándar de la distancia y tiempo de 1.10 metros y 0.19 segundos respectivamente, como se observa en el Anexo D.

Seguidamente se procedió con una velocidad de 80 km/h se consiguió una distancia media de frenado de 31.81 metros con un tiempo medio de frenado de 3.04 segundos, además el sistema

adquirió una eficacia de frenado del 74.28%. Las desviaciones estándar calculadas de la distancia y el tiempo son: 1.56 metros y 0.032 segundos, como se puede ver en el Anexo E.

Para concluir con las pruebas de carretera se lo realizo del mismo modo a una velocidad igual a los 100 Km/h, a la cual le corresponde una distancia media de frenado de 47.15 metros y un tiempo medio de frenado que corresponde a un valor de 3.56 segundos, consiguiendo además una eficacia de frenado del 79.47%, adicional a esto se obtuvo las desviaciones estándar de la distancia y tiempo de frenado de 1.34 metros y 0.15 segundos respectivamente, evidenciable en el Anexo F.

8.5. Pruebas en el frenómetro

Una vez realizadas las pruebas en carretera, se involucró un paso adicional el cual comprende el uso del frenómetro FUTUR 2000, en donde se comprobará la eficacia que presenta este vehículo en el sistema de frenos; para hacer uso del mismo se toma en consideración algunos parámetros, indicados en el manual de usuario.

- El vehículo debe ingresar a la plataforma con una velocidad no mayor a 10 Km/h.
- La frenada debe ser suave y progresiva.

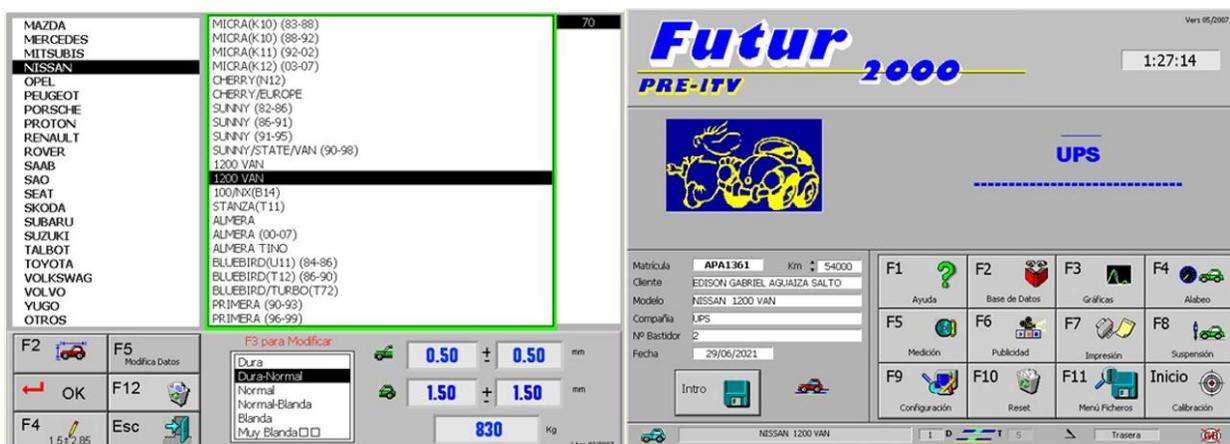
Figura 28. Frenómetro FUTUR 2000.



Fuente: Autores

Una vez iniciado el programa se selecciona el tipo de prueba que se va a realizar, en este caso se realizarán las mediciones al sistema de frenos. Antes de iniciar con las pruebas se deberá registrar el vehículo con sus respectivas características, así como los datos del propietario.

Figura 29. Registro de datos en interfaz FUTUR 2000.



Fuente: Autores

Por consiguiente, se realizaron las pruebas de frenado, en donde se puede apreciar la eficacia que presenta el sistema de frenos de disco.

Figura 30. Resultados obtenidos de las pruebas en el frenómetro.



Fuente: Autores

En la Figura 30, se observa la eficacia que presenta el vehículo el cual es igual a 47% al circular a una velocidad de 10 Km/h, a su vez se puede evidenciar las fuerzas que actúan en cada una de las ruedas durante las pruebas de frenado.

Para realizar una comparación del resultado obtenido en el frenómetro, se procedió a realizar cinco pruebas en carretera a una velocidad de 10 Km/h, con una intensidad de frenado similar a la usada en el frenómetro haciendo uso de las mismas fórmulas ya planteadas para obtener la eficacia, de esta manera se puede observar si las eficacias concuerdan o a su vez notar las diferencias que presentan entre ellas.

Tabla 6. Pruebas en carretera a 10 Km/h.

Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)
1	1	0,65
2	0,9	0,6
3	0,8	0,55
4	1	0,72
5	1	0,7

Fuente: Autores

Con la ayuda de estos valores se determinó la eficacia de este sistema, obteniendo como resultado un 43.96 %, lo cual indica que existe una diferencia mínima entre los resultados obtenidos en el frenómetro y en carretera. Esta eficacia es inferior a la óptima del 58% debido a que en el frenómetro se trabaja con velocidades inferiores a 10 Km/h, además para que sus sensores detecten la eficacia de manera precisa el frenado debe ser progresivo, a diferencia de las pruebas realizadas en carretera, en donde el frenado debe ser de manera abrupta. En base a estas condiciones el resultado obtenido es equivalente a la eficacia máxima que se observa en la Tabla 7.

9. COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FRENOS

Una vez culminado las pruebas de carretera con ambos sistemas, es posible generar tablas comparativas, las cuales nos permitirán identificar de mejor forma las diferencias que existen principalmente entre las distancias y el tiempo medio de cada sistema.

Tabla 7. Tabla comparativa de distancia y tiempo de frenado.

Velocidad (Km/h)	DISTANCIA MEDIA (m)		TIEMPO MEDIO (s)	
	Tambor	Disco	Tambor	Disco
60	30,91	20,77	4,37	2,23
80	43,66	31,82	5,02	3,05
100	67,34	47,16	5,76	3,56

Fuente: Autores

A su vez con la ayuda de estos datos, se pudo encontrar la eficacia que presenta cada sistema, haciendo uso de la Ecuación 4. A continuación, se plasma una tabla comparativa:

Tabla 8. Comparaciones de eficacias en freno de tambor y de disco.

Velocidad (Km/h)	EFICACIA (%)	
	Tambor	Disco
60	38,88	76,22
80	45,15	74,28
100	49,15	79,48

Fuente: Autores

Se realizó también una comparación en las fuerzas que aplican tanto los bombines (sistema de tambor) como lo pistones de mordaza (sistema de disco).

Tabla 9. Comparaciones de las fuerzas en los dos sistemas de frenos.

REPARTICIÓN DE FUERZAS (N)			
TREN DELANTERO		TREN POSTERIOR	
Tambor	Disco	Tambor	Disco
1227.82	1967.44	613.91	1219.13

Fuente: Autores

En cuanto a la temperatura, se logró apreciar diferentes comportamientos los cuales variaban con la velocidad. A continuación, se muestra una tabla donde se podrá observar las temperaturas máximas alcanzadas.

Tabla 10. Temperatura máxima alcanzada.

TEMPERATURA MÁXIMA ALCANZADA (°C)				
Velocidades (Km/h)	TAMBOR		DISCO	
	Delantera	Trasera	Delantera	Trasera
60	102,5	97,4	93,7	85,6
80	107,7	90,6	99,4	93,9
100	134,5	103,4	111,3	95,7

Fuente: Autores

10. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto se inició con la recopilación de datos, con la utilización del método científico, en donde se identificó los pasos para determinar la eficacia de un sistema de frenos de tambor y de disco, este proceso permitió calcular y conocer las fuerzas con las que ha estado actuando el vehículo al momento de frenar. Con el uso del método experimental se realizaron las pruebas con el sistema de frenos que estaba implementado, es decir frenos de tambor, para poder realizar una comparación al final del presente proyecto. La importancia de la compilación de datos, es imprescindible para ser capaces de calcular y conocer las fuerzas con las que ha estado actuando el vehículo al momento de frenar; seguidamente con ayuda del software Autodesk Inventor, se diseñó los elementos auxiliares necesarios para adaptar el sistema de frenos de disco, haciendo uso de las fuerzas encontradas previamente, cabe mencionar que para esto se utilizó el método deductivo. El resultado de los cálculos obtenidos, serán una validación de que los elementos que se va a adaptar van a soportar las cargas a las cuales estarán sometidas. Y para finalizar, con el método analítico se realizó el montaje de los frenos de disco con los elementos auxiliares fabricados para la adaptación, por lo que se emplearán nuevamente las mismas pruebas de carretera, pero con diferente sistema de freno, haciendo posible la comparación con los primeros datos obtenidos.

11. RESULTADOS

Una vez concluida la modificación del sistema de frenos de tambor por uno de disco, se obtuvieron resultados favorables ya que la eficacia a una velocidad de 60 Km/h se incrementó un 37.34%, a su vez reduciendo 10.14 metros en la distancia de frenado.

Tabla 11. Resultados obtenidos a 60 Km/h.

Eficacia incrementada(%)	Distancia reducida(m)	Tiempo Reducido(s)
37,34	10,14	2,14

Fuente: Autores

Con una velocidad de 80 Km/h se aumentó la eficacia un 29.13 % y con una reducción de distancia de 11.84 metros menos con respecto al sistema de tambor.

Tabla 12. Resultados obtenidos a 80 Km/h.

Eficacia incrementada(%)	Distancia reducida(m)	Tiempo Reducido(s)
29,13	11,84	1,97

Fuente: Autores

Finalmente, con una velocidad 100 Km/h subió un 30.33% su eficacia, y en cuanto a la distancia, se redujo 20.18 metros.

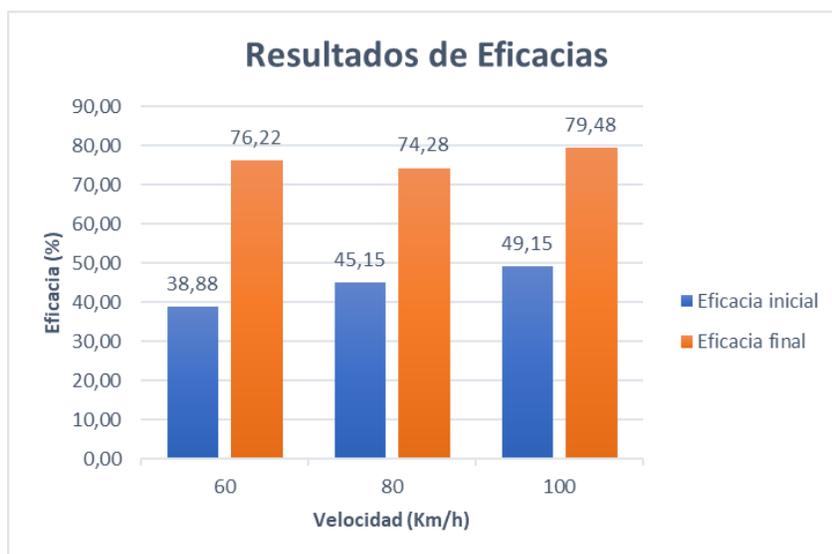
Tabla 13. Resultados obtenidos a 100 Km/h.

Eficacia incrementada(%)	Distancia reducida(m)	Tiempo Reducido(s)
30,33	20,18	2,2

Fuente: Autores

En base a la ganancia de eficacias mostradas con anterioridad, se obtiene la siguiente gráfica en donde se aprecia de manera más clara.

Figura 31. Resultados de eficacias.



Fuente: Autores

En cuanto a la temperatura máxima alcanzada por los elementos durante las pruebas en carretera, esta se redujo en el tren delantero 23.2° C y en el tren posterior 7.7° realizando el cambio de sistema de frenos de tambor a disco en las cuatro ruedas, como se puede observar a detalle en la Tabla 10; con esta modificación se suprimen las calibraciones periódicas.

Este sistema tiene menor pérdida del rendimiento de frenado con el aumento de la temperatura en sus componentes, de esta manera el efecto fading se elimina.

En cuanto a la distancia de seguridad según (Díaz, 2008, p. 170), establece que para determinar esta distancia, se debe dividir para diez la velocidad a la que circula el vehículo y el resultado elevarlo al cuadrado. A pesar que el sistema de tambor se encontraba dentro de la distancia de seguridad, con este nuevo sistema incrementa el tiempo de reacción ante algún obstáculo, ello se puede apreciar en la Tabla 7.

12. CONCLUSIONES

A través de la revisión del estado del arte, se logró determinar los conceptos necesarios para el desarrollo del presente proyecto, los mismos usados para calcular datos necesarios para el progreso de los demás objetivos propuestos al inicio de este documento.

Para conocer la eficacia que presentaba el vehículo antes de la modificación, se realizó una recolección de datos mediante pruebas de carreteras en un tramo específico, con ello se logró identificar la distancia y tiempo de frenado que le tomaba al vehículo en detenerse. Concluyendo que la eficacia máxima en las pruebas realizadas a 60, 80 y 100 Km/ h era del 49.15% por lo que se puede identificar que está por debajo del rango mínimo para que se encuentre en óptimas condiciones de frenado.

Para la elaboración de los elementos auxiliares necesarios en la modificación del sistema de frenos, se escogió como material el acero ASTM A36 por las propiedades que presenta. Las dimensiones del elemento diseñado dependieron del espacio que presentan las mordazas a implementarse; mientras que para determinar el espesor de la placa fue necesario realizar simulaciones en el software Autodesk Inventor confiriendo la capacidad de observar el límite de elasticidad y el factor de seguridad.

Posterior a la elaboración de los elementos auxiliares, se implementó en el vehículo el sistema de freno de disco en las cuatro ruedas, también se consideró el uso de pernos grado 8 en las placas al presentar un gran esfuerzo a la ruptura, a su vez fue necesario el cambio de la bomba de freno con la finalidad de obtener una presión mayor.

Se concluyó que al sustituir frenos de disco por los de tambor, se generó una eficacia máxima de 79.48%, de la misma manera con el tiempo de frenado, el cual se redujo hasta 2.23 segundos. Al

realizar tablas comparativas se logró determinar, lo ya anteriormente mencionado por lo que es evidente la forma en la que ha mejorado el sistema de frenos en el vehículo de estudio.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda cambiar la bomba de freno con un diámetro superior en el émbolo para obtener una mayor fuerza de frenado entre el disco y la pastilla.

Antes de elaborar las placas con el material escogido, se recomienda usar un molde de cartón o cartulina para obtener las medidas que harán posibles la adaptación de la mordaza, de esta manera se puede reducir el gasto prueba – error.

Para en este vehículo en específico, con las geometrías presentadas en el habitáculo del motor, no se recomienda el uso o implementación de un servofreno debido a que, sin el mismo la eficacia se incrementa considerablemente y por ende se descarta la utilización de este elemento.

Se sugiere cambiar la bomba de freno de cilindro maestro simple, a una bomba en tándem o doble; debido que este cambio proporcionará una mejor distribución de frenado y una ventaja al poseer circuitos hidráulicos independientes es que si un circuito presenta alguna falla, el otro sigue funcionando con normalidad.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aparicio, F., Vera, C., & Diaz, V. (1995). *Teoría de los vehículos automóviles*.

Brembo. (2018). *Discos*. Brembo – Official WebSite.

<https://www.brembo.com/es/automóviles/uso-deportivo/discos>

Diaz, N. (s. f.). *Sistema de transmision y frenado Grado Medio 2008 MacMillan(Autosaved)*.

Recuperado 9 de enero de 2021, de

https://www.academia.edu/34209621/Sistema_de_transmision_y_frenado_Grado_Medio_2008_MacMillan_Autosaved

Diaz, N. (2008). *Sistema de transmision y frenado Grado Medio 2008 MacMillan(Autosaved)*.

265.

Duarte, A., & Niño, J. (2004). *Introduccion a la Mecanica de Fluidos* (Tercera). Univ. Nacional de Colombia.

Garrido, A. M. (2018). *Diseño y cálculo del sistema de frenado para un monoplaza “Formula Student”*. 145.

Guerra, J. (2003). *MANUAL TÉCNICO DEL SISTEMA DE FRENADO RH*.

Manual-técnico-de-pernos.pdf. (s. f.). Recuperado 3 de junio de 2021, de

<http://proyesa.com.sv/site/wp-content/uploads/2018/02/Manual-t%C3%A9cnico-de-pernos.pdf>

MANUEL, O. A. (2010). *Tecnología del automóvil*. Editorial Paraninfo.

Parera, A. M. (1993). *Frenos ABS*. Marcombo.

Proyesa. (2018). *Manual Técnico de Pernos*. <http://proyesa.com.sv/site/wp-content/uploads/2018/02/Manual-t%C3%A9cnico-de-pernos.pdf>

Sanjuán, C. A. (1996). *Los frenos en el automóvil*. Grupo Planeta (GBS).

Soriano, A., & Antonio, J. (2016). *Eficacia y distancia de frenado*. 5.

Torres, P. I. M., Paz, I. K., & Salazar, I. F. G. (2015). *TAMAÑO DE UNA MUESTRA PARA UNA INVESTIGACIÓN DE MERCADO*. 02, 13.

15. ANEXOS

Anexo A. Pruebas de carretera con frenos de tambor a 60 Km/h

Frenos de Tambor: 60 Km/h									
Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	25	4,71	45,2	45,3	37	32	4,4	70,4	65,9
2	29	4,6	47,4	47,3	38	28	3,75	73,5	67,3
3	26	4,39	47,5	55	39	30	4,03	74,5	69,8
4	27	4,85	49,6	47,9	40	31	4,7	75,6	72,3
5	29,5	4,62	50,7	49,3	41	29,5	3,95	77,9	73,9
6	27	4,52	60,5	50,2	42	33	4,53	78,2	75,1
7	29,5	4,46	67,4	63,3	43	32	4,55	80	77,5
8	27	4,26	77,5	70,4	44	35	4,65	45,3	40,5
9	29,5	3,93	86,4	77,3	45	33	4,33	47,6	43,7
10	28	3,9	90,3	75,3	46	32	4,17	49,7	44,8
11	31	4,72	90,2	73,6	47	31	4,12	50,6	45,6
12	32	4,67	91,9	75,6	48	31	3,99	55,3	49,5
13	32,5	4,74	93,1	75,3	49	32	4,56	60,7	54,7
14	29	3,99	83,7	73,4	50	30	4,45	63,3	57,8
15	28,5	4,14	91,2	74,2	51	35	4,78	65,7	63,2
16	32,5	4,53	91,4	73,6	52	33	4,27	68,9	64,6
17	29	4,42	91,9	75,8	53	30	4,12	71,1	65,6
18	32	4,78	91,8	80,7	54	30,5	3,98	75	67,8
19	33	4,58	93,3	85	55	34,5	4,56	77,5	69,9
20	32	4,8	93,2	81,9	56	32	4,36	80,8	70,3
21	30,5	4,78	92,6	84,5	57	31	3,99	84,6	74,5
22	33	4,8	94,5	87	58	30	3,86	85,9	76,7
23	30	3,98	95,7	87,8	59	33	4,35	86,4	77,4
24	33	4,4	97,3	88,9	60	27	3,95	87,3	78,5
25	31	4,74	98,4	90	61	33	4,56	88,9	79,2
26	29	5,01	100,2	94,2	62	32	4,36	93,5	80,4
27	30	4,41	102,5	97,4	63	31	3,99	95,6	84,3
28	32	4,26	50,3	45,6	64	33	4,56	50,6	45,6
29	29	4,53	53,4	47,5	65	32,5	4,63	52,4	46,7
30	33	4,13	55,6	48,4	66	32	4,12	53,4	47,7
31	32	4,14	59,7	50,5	67	33,5	4,28	54,2	48,3
32	30	3,95	62,4	52,4	68	33	4,51	56,8	49,6
33	31	4,47	63,5	56,4	69	31	4,19	58,9	50,8
34	31	4,27	65,4	58,2	70	30	3,96	60,4	55,6
35	31,5	4,66	67,6	60,3	71	31	4,11	65,5	56,7
36	29	4,19	69,9	63,7	72	33	4,35	66,2	59,7
					73	32	4,6	68,8	60,4

Anexo B. Pruebas de carretera con frenos de tambor a 80 Km/h

Frenos de Tambor: 80 Km/h									
Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	48	5,33	48,5	45,6	37	45	5,33	91,2	75
2	41	5,05	50,6	47,3	38	46	5,37	87,5	78,6
3	45	4,94	54,5	56,7	39	43,5	5,28	88,3	82,3
4	40	5,21	57,6	57,8	40	47	5,31	93,5	80,4
5	41	4,63	57,8	60,5	41	43	5,13	50,3	45,6
6	42	4,8	65,6	64,6	42	46	5,29	53,4	47,5
7	45	4,97	67,4	67,8	43	47	5,35	55,6	48,4
8	43	4,4	77,5	68,7	44	45	5,2	59,7	50,5
9	40	4,7	89,9	73,4	45	43	5,17	62,4	52,4
10	42	4,37	94,5	75,3	46	42	5,1	63,5	56,4
11	41,5	5,01	96,7	73,6	47	43	5,19	65,4	58,2
12	44	4,33	99,7	77,8	48	44,5	5,21	67,6	60,3
13	45	4,53	101	80,7	49	46	5,27	69,9	63,7
14	47,5	5,2	103,5	85,6	50	44	5,2	70,4	65,9
15	44	4,53	105,6	87,4	51	44	5,17	73,5	67,3
16	47	5,1	107,7	90,6	52	43	5,14	74,5	69,8
17	45	4,9	50,7	49,3	53	45,5	5,3	75,6	72,3
18	43	4,76	60,5	50,2	54	41,5	5,05	77,9	73,9
19	42	4,67	67,4	63,3	55	43,5	5,18	78,2	75,1
20	42	4,27	77,5	70,4	56	40	4,72	81,4	74,5
21	45	4,32	86,4	77,3	57	41	4,58	83,5	77,6
22	44	4,99	90,3	75,3	58	46	5,22	86,5	79,5
23	46	5,02	90,2	73,6	59	45	5,21	87,6	80,6
24	45	5,11	91,9	75,6	60	44	5,19	88,5	81,5
25	43	5,15	93,1	75,3	61	44,5	5,22	88,6	83,5
26	47	5,4	83,7	73,4	62	45	5,36	89,4	84,5
27	48	5,5	91,2	74,2	63	42	5,02	90,7	85,3
28	42	5,2	91,4	73,6	64	43	5,11	92,5	86,2
29	41	4,9	91,9	75,8	65	43,5	5,15	93,7	88,3
30	43	5,11	91,8	80,7	66	41	4,72	54,6	53,4
31	45	5,27	93,3	85	67	40,5	4,65	55,6	55,4
32	44	5,17	93,2	81,9	68	43	4,8	56,7	55,7
33	44	5,14	92,6	84,5	69	46	5,3	58,9	56,2
34	42,5	5,07	94,5	87	70	42	4,51	62,2	56,9
35	42	5,11	93,6	85,4	71	41	4,76	66,6	57,9
36	47	5,43	92,6	79,4	72	40	4,93	67,9	59,6
					73	41	4,99	70,4	61,5

Anexo C. Pruebas de carretera con frenos de tambor a 100 Km/h

Frenos de Tambor: 100 Km/h

Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	67	5,76	70,4	50,8	37	66	5,6	65,4	60,5
2	69	6,3	73,4	51,5	38	65	5,4	63,2	54,8
3	68	6,1	95,6	65,8	39	64	5,2	60,5	59
4	67	5,7	97,5	77,4	40	66	5,4	70,6	65,7
5	64	5,3	101	85,7	41	65	5,6	80,8	73,8
6	66	5,4	110,4	90,5	42	66,5	5,6	87,6	79,6
7	65,5	5,2	115,6	94,3	43	69	5,8	95,4	83,7
8	67	5,7	123,4	97,8	44	71	6,2	100,5	90,6
9	70	6,4	134,5	100,5	45	69	5,8	112,4	103,4
10	69	6,1	60,5	58,6	46	65	5,4	80,6	76,7
11	68,5	5,7	68,9	67,8	47	67	5,5	89,7	83,5
12	70	6,4	75,8	74,3	48	69	6,3	95,6	89,7
13	64	5,3	85,8	80,8	49	70	6,4	60,5	55,6
14	68,5	5,8	90,5	87,6	50	64	5,4	62,2	58,7
15	65	5,4	55,5	50,3	51	69	5,8	61,4	55,5
16	66,5	5,6	50,5	45,6	52	67	5,6	70,6	65,4
17	67	5,7	60,5	60,5	53	68	5,7	72,5	67,9
18	64	5,3	63,4	60,5	54	69	5,7	65,6	59,7
19	70	6,2	60,5	55,7	55	70	6,2	75,6	64,8
20	68	5,9	70,4	63,5	56	69	5,9	72,4	67,8
21	66	5,6	76,7	70,5	57	68	5,8	50,5	45,6
22	64	5,2	80,5	73,4	58	70	6,2	55,6	53,4
23	64,5	5,3	55,8	50,3	59	70,5	6,4	67,8	61,2
24	65	5,5	54,7	44,7	60	65	5,4	75,6	67,5
25	69	5,8	60,5	50,5	61	67	5,7	83,4	76,5
26	67	5,6	65,7	63,4	62	68	6	90,6	84,5
27	67	5,7	73,5	65,8	63	70	6,5	68,7	61,9
28	64	5,3	60,5	54,3	64	68,5	5,9	63,5	56,7
29	68	5,8	59,7	53,2	65	69	6,3	66,7	62,3
30	67	5,6	65,7	63,2	66	70	6,5	60,5	55,6
31	65	5,4	70,8	67,8	67	70	6,4	70,7	67,8
32	65,5	5,5	63,1	53,9	68	65,5	5,4	65,4	59,7
33	66	5,8	60,5	56,7	69	69	5,9	62,1	55,6
34	67	5,8	70,5	64,9	70	67	5,8	70,8	67,8
35	69	5,9	59,6	56,7	71	68	5,5	78,4	68,9
36	68	5,7	60,5	59,6	72	66	5,3	85,6	80,4
					73	69,5	6,3	95,6	90,6

Anexo D. Pruebas de carretera con frenos de disco a 60 Km/h

Frenos de Disco: 60 Km/h

Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	19,5	2,15	45,2	45,3	37	20	2,08	90,2	78,9
2	21	2,57	47,4	47,3	38	19,5	2,06	90,5	83,5
3	22	2,37	47,5	55,4	39	22	2,29	52,3	45,3
4	21	2,05	49,6	47,9	40	21	2,25	53,8	46,6
5	20,5	2,37	50,7	49,3	41	21	2,24	54,3	47,6
6	22	2,81	60,5	50,2	42	21	2,25	57,6	49,8
7	20	2,7	67,4	63,3	43	21,5	2,28	63,8	51,2
8	20	2,04	77,5	70,4	44	20,5	2,07	63,5	54,7
9	21	2,3	86,4	77,3	45	20,5	2,06	66,5	55,7
10	22	2,35	87,6	76,6	46	19	2,03	68,4	59,7
11	20,5	2,15	88,9	78,6	47	23	2,36	71,4	62,8
12	22	2,8	90,3	80,1	48	22,5	2,31	72,7	65,9
13	22	2,73	90,3	75,3	49	20	2,11	73,8	68,7
14	20	2,08	90,2	73,6	50	20	2,15	74,9	68,9
15	19,5	2,03	91,9	75,6	51	19	2,03	77,6	72,3
16	21	2,3	92,4	77,6	52	20	2,1	77,9	74,6
17	20,5	2,11	92,7	77,4	53	21	2,22	40,7	40,4
18	22	2,4	93,1	75,3	54	22	2,26	45,6	43,5
19	20	2,1	93,7	73,4	55	21	2,11	46,7	44,6
20	20,5	2,16	91,2	74,2	56	22	2,23	47,7	45,8
21	21,5	2,23	91,4	73,6	57	22	2,62	50,9	49,7
22	22	2,36	91,9	75,8	58	19	2,06	54,5	51,4
23	21	2,28	91,8	80,7	59	19	2,08	55,6	53,3
24	20	2,08	93,3	85,6	60	20	2,13	58,7	54,6
25	19	2,05	45,5	43,4	61	20	2,12	59,3	55,6
26	19,5	2,06	47,6	49,8	62	19	2,07	62,3	56,7
27	22	2,52	48,4	45,3	63	22	2,21	65,6	59,8
28	19	2,36	49,7	49,6	64	22	2,23	70,6	62,3
29	20	2,09	57,6	55,5	65	19,5	2,08	73,4	65,7
30	21	2,17	63,4	61,2	66	20	2,14	75,8	67,8
31	20	2,06	67,5	65,7	67	19	2,07	77,9	68,9
32	21,5	2,19	70,4	73,4	68	20,5	2,14	80,6	70,5
33	22	2,3	78,6	70,7	69	21	2,16	83,4	75,6
34	22,5	2,32	80,7	77,6	70	21,5	2,18	85,6	76,4
35	19,5	2,09	83,2	75,6	71	21	2,15	87,9	79,3
36	21	2,14	87,8	77,5	72	23	2,7	90,6	82,3
					73	22,5	2,22	93,6	84,5

Anexo E. Pruebas de carretera con frenos de disco a 80 Km/h

Frenos de Disco: 80 Km/h									
Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	29,5	3,03	44,6	43,4	37	32,5	3,08	75,6	72,1
2	30	2,95	45,6	49,8	38	31	3,05	85,9	72,6
3	33	3,05	48,9	45,3	39	33	3,08	87	74,7
4	34	3,04	50,8	49,6	40	32	3,07	91,2	75,8
5	30	3,01	53,4	55,5	41	30	3,04	92,3	77,9
6	33	3,08	56,7	61,2	42	31	3,05	94,6	80,4
7	29,5	3,02	67,4	65,7	43	30	3,04	95,7	81
8	30	2,99	78,9	73,4	44	31,5	3,06	96,7	83,2
9	31	3,02	88,9	70,7	45	32	3,08	94,5	84,6
10	33	3,06	91,2	77,6	46	33	3,06	95,3	89,7
11	33	3,04	92,3	75,6	47	33,5	3,07	95,2	91,3
12	31,5	3,03	90,3	80,1	48	32,5	3,06	95,1	92,4
13	32	3,05	93,4	82,3	49	31,5	3,06	97,5	92,3
14	32,5	3,07	94,5	83,4	50	34	3,08	94,8	89,7
15	34	3,06	92,4	85,6	51	34,5	3,09	95,8	87,5
16	30	3,02	93,4	87,8	52	30	3,03	94,6	89,5
17	29	2,98	93,4	90,3	53	31	3,05	45,6	40,3
18	29	3,01	92,8	91,3	54	33	3,08	47,8	44,5
19	32	3,07	93,4	90,2	55	32,5	3,06	45,6	43,4
20	31,5	3,03	92,8	90,4	56	34	3,09	49,5	45,6
21	29,5	3,01	93,6	89,7	57	30,5	3,04	53,6	47,8
22	33	3,08	93,5	87,5	58	30	3,03	55,6	48,9
23	32,5	3,05	94,6	89,5	59	33	3,09	56,7	50,2
24	34	3,06	95,6	92,1	60	34,5	3,11	58,9	52,3
25	33	3,08	97,6	91,4	61	32,5	3,07	63	53,4
26	33	3,07	98,9	93,4	62	30	3	64,5	56,7
27	30	3,04	98,5	93,9	63	30,5	3,02	65,7	57,9
28	31	3,05	98,6	92,6	64	29,5	2,95	67,3	56,4
29	31,5	3,06	99,4	93,8	65	29	2,96	68,9	62,1
30	32	3,08	43,6	42,3	66	33	3,08	69	63,4
31	29,5	3,02	44,6	45,6	67	32	3,06	71,2	66,9
32	33	3,06	47,8	44,7	68	33,5	3,08	73,5	70,5
33	33	3,05	51,3	48,9	69	31	3,05	76,6	71,2
34	34	3,09	55,4	53,6	70	31,5	3,06	77,6	72,3
35	33,5	3,07	57,8	58,9	71	32	3,07	78,9	73,4
36	34	3,06	58,6	63,4	72	30	3,03	79,2	75,6
					73	33,5	3,09	80,4	77,9

Anexo F. Pruebas de carretera con frenos de disco a 100 Km/h

Frenos de Disco: 100 Km/h

Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)	Num. Prueba	Distancia (m)	Tiempo(s)	Temperatura Delantera (°C)	Temperatura Trasera (°C)
1	45	3,35	60,7	47,8	37	47,5	3,65	63,4	55,5
2	47	3,7	72,3	49,7	38	49,5	3,76	62,1	51,8
3	45	3,54	84,5	62,4	39	46,5	3,38	58,9	54,9
4	46	3,82	87,9	65,9	40	48	3,4	57,9	54,7
5	47	3,78	90,5	67,9	41	48,5	3,71	77,8	72,8
6	45,5	3,42	93,6	70,4	42	47,5	3,68	86,5	75,6
7	48	3,81	95,7	75,8	43	48	3,7	95,8	77,9
8	49	3,85	98,5	83,6	44	48,5	3,73	103,4	90,3
9	45	3,37	105,8	87,8	45	49	3,8	111,3	95,7
10	49	3,75	66,7	50,8	46	46	3,36	76,9	71,7
11	47	3,62	67,8	60,6	47	47	3,63	79,8	79,5
12	46,5	3,4	65,8	72,4	48	45,5	3,36	93,4	89,7
13	45,5	3,38	84,6	75,7	49	45	3,36	65,7	51,6
14	46,5	3,45	87,9	77,6	50	46	3,38	63,5	52,7
15	46	3,33	57,8	50,4	51	48	3,69	65,6	51,5
16	47	3,46	58,9	54,6	52	47	3,57	67,9	63,4
17	47,5	3,52	62,4	57,8	53	47,5	3,58	73,4	64,9
18	48,5	3,65	63,7	58,9	54	48,5	3,68	67,8	54,9
19	48	3,45	55,6	45,8	55	46,5	3,38	74,9	61,8
20	50	3,82	65,8	48,9	56	49,5	3,74	74,9	63,7
21	47	3,65	74,9	70,6	57	47	3,61	53,4	43,6
22	45	3,38	77,9	72,5	58	48	3,7	54,9	51,8
23	48	3,47	45,9	40,7	59	46	3,4	68,9	57,3
24	47	3,62	53,4	46,8	60	45	3,34	73,4	65,8
25	45,5	3,38	59,8	50,5	61	46,5	3,42	80,5	72,3
26	47	3,63	63,9	54,9	62	48,5	3,65	89,7	81,8
27	48,5	3,79	72,6	59,8	63	49	3,72	72,3	57,9
28	46	3,36	59,7	59,7	64	49	3,67	65,7	52,7
29	45	3,34	58,9	45,6	65	47	3,58	70,5	57,8
30	47	3,62	63,4	57,9	66	45,5	3,36	67,8	51,4
31	45,5	3,39	72,5	67,3	67	46	3,4	75,6	62,8
32	47	3,45	77,8	54,9	68	47,5	3,65	67,9	57,9
33	45	3,35	58,9	53,7	69	48	3,71	60,8	51,2
34	47	3,62	68,2	62,9	70	49,5	3,62	72,7	63,8
35	48,5	3,78	63,4	53,7	71	47,5	3,65	76,9	65,9
36	48	3,41	57,8	54,7	72	48	3,64	81,5	76,8
					73	49	3,71	94,5	85,9

Anexo G. Comprobante de peso delantero y peso posterior del vehículo**SERVICIO DE BASCULA****PESO BRUTO**

Sr. Chofer conserve este ticket cuidadosamente,
el mismo servira para pesarse en vacio.

FECHA: 25/05/2021 HORA: 17:05:17

COMPROBANTE No: 44**PESO: 410 kg.**

VEHICULO: APA-01361

CHOFER: EDISON AGUAIZA

CEDULA: 0302447446

CLIENTE: EDISON AGUAIZA

PRODUCTO: TREN POSTERIOR VEHICULO

CLAVE: 33**SERVICIO DE BASCULA****PESO BRUTO**

Sr. Chofer conserve este ticket cuidadosamente,
el mismo servira para pesarse en vacio.

FECHA: 25/05/2021 HORA: 17:03:00

COMPROBANTE No: 43**PESO: 420 kg.**

VEHICULO: APA-01361

CHOFER: EDISON AGUAIZA

CEDULA: 0302447446

CLIENTE: EDISON AGUAIZA

PRODUCTO: TREN DELANTERO VEHICULO

CLAVE: 32