



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la obtención
del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Diego Vinicio Pazmay Paez
Oscar Xavier Falconi Haro

TUTOR:

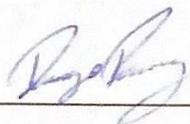
Ing. Eduardo Cueva

**Análisis de Eficiencia de Frenado en Función de la
Carga en Vehículos M1**

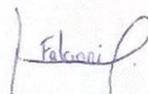
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Diego Vinicio Pazmay Paez, Oscar Xavier Falconi Haro**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



NOMBRE 1



NOMBRE 2

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Eduardo Cueva**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



EDUARDO JOSE CUEVA
SANCHEZ

Firma profesor

DEDICATORIA

Dedico este artículo de tesis a mis padres, quienes siempre han sido mi fuente de apoyo e inspiración en mi camino hacia la ingeniería automotriz. Agradezco su amor incondicional y aliento constante que me ha impulsado a perseguir mis sueños. También quiero dedicar este trabajo a mis profesores y mentores, cuya guía y conocimientos han sido fundamentales en mi formación académica y profesional. Por último, esta dedicatoria es para todos los jóvenes que, como yo, están apasionados por la ingeniería automotriz y se esfuerzan por marcar la diferencia en esta industria en constante evolución. Sigamos adelante y construyamos un futuro emocionante juntos.

Diego Pazmay

Dedico este artículo de tesis a mi familia, cuyo apoyo inquebrantable ha sido mi motor durante mi travesía en la carrera de ingeniería automotriz. Agradezco a mis amigos y compañeros por compartir conmigo esta pasión y por ser parte de mi crecimiento personal y profesional inspirándome a seguir aprendiendo y creando en esta fascinante disciplina. Que este trabajo contribuya al avance y mejora de la industria automotriz y sea un tributo a la perseverancia y dedicación de todos aquellos que comparten esta pasión.

Oscar Falconi

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi director de tesis por su invaluable orientación, paciencia y sabiduría a lo largo de este proceso. También agradezco a todos los profesores y expertos que compartieron sus conocimientos y experiencias, enriqueciendo mi formación académica. Mi gratitud se extiende a mi familia y amigos por su apoyo constante y palabras alentadoras que me impulsaron a perseverar. Sin ellos, este logro no habría sido posible. Gracias a todos por ser parte de este emocionante viaje en la ingeniería automotriz

Diego Pazmay

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor que nos supo guiar en el desarrollo de este proyecto. También quiero agradecer a mis familiares por su apoyo incondicional en todo momento a mis compañeros, profesores con los que compartimos día a día experiencias y conocimientos, para enfrentar los desafíos y alcanzar este logro. Gracias a todos.

Oscar Falconi

Índice

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	2
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE FRENADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA EN VEHÍCULOS M1.....	7
Resumen.....	7
Introducción.....	9
Marco Teórico.....	10
Sistema de frenos	10
Circuito principal de frenos.....	11
Tipo de frenos.....	11
Mantenimientos al sistema de frenos	11
Norma de referencia	11
Descripción de variables	11
Materiales y Métodos	12
Materiales.....	12
Método	12
Preparación del vehículo para pruebas.....	14
Condiciones del estado de los neumáticos	15
Condiciones del líquido de freno	15
Equipo de medición.....	16
Ubicación geográfica de las pruebas de campo.....	16
Resultados	17
Pruebas de distancia de frenado	17
Discusión	21
Conclusiones	21
Referencias.....	22

ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE FRENADO EN FUNCIÓN DE LA CARGA EN VEHÍCULOS M1

Diego Pazmay A¹, Oscar Falconi B², Ing. Eduardo Cueva MSc³.

Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, dipazmaypa@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

Ingeniería Automotriz – Universidad Internacional del Ecuador, osfalconiha@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

Candidato a doctor en administración de empresas – Pontificia Universidad Católica del Perú edcueva@uide.edu.ec, Quito – Ecuador

Resumen

Introducción: El mantenimiento de los frenos es crucial para garantizar una eficiencia óptima en el frenado. La revisión periódica de componentes de fricción, junto con la correcta refrigeración y rodadura de los neumáticos, asegura una respuesta efectiva en situaciones de frenado, mejorando la seguridad vehicular. **Metodología:** Se realizaron pruebas de frenado bajo la normativa ECE 13H que especifica los requisitos para frenos, sistemas de control y sus características técnicas. **Resultados:** Se realizaron dos fases de pruebas de distancia de frenado para evaluar el efecto de la velocidad y el peso en el rendimiento de frenado. Las velocidades fueron 50, 90 y 100 km/h. Se varió el peso del vehículo modificando el número de pasajeros y a su vez en el sistema de frenado se realizó una comparativa de la pérdida de eficiencia cuando no se realiza un mantenimiento. Al analizar las dos fases de pruebas se encontró que la eficiencia de frenado es mayor cuando se registró un mantenimiento previo y la carga es menor, por lo que, la distancia de frenado fue mayor cuando se aumentó la carga y no se registró un mantenimiento. **Conclusión:** La falta de mantenimiento y el peso extra en un vehículo influyen en la distancia de frenado, impactando la seguridad vial. A 50 km/h, se observa un aumento considerable, con reducciones de eficiencia del 33% con carga y del 36% sin mantenimiento. Esta tendencia persiste a 90 y 100 km/h, con descensos de eficiencia del 8% y 16%, y del 6% y 13% respectivamente.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo y correctivo, eficiencia, distancia de frenado, Normativa ECE 13H, carga.

Abstract

Introduction: Brake maintenance is crucial to ensure optimal braking efficiency. The periodic review of friction components, together with the correct cooling and rolling of the tires, ensures an effective response in braking situations, improving vehicle safety.

Methodology: Braking tests were carried out under the ECE 13H regulation that specifies the requirements for brakes, control systems and their technical characteristics. **Results:**

Two phases of braking distance testing were conducted to evaluate the effect of speed and weight on braking performance. The speeds were 50, 90 and 100 km/h. The weight of the vehicle was varied by modifying the number of passengers and in turn, a comparison of the loss of efficiency when maintenance is not performed was made in the braking system. When analyzing the two test phases, it was found that the braking efficiency is greater when a previous maintenance was recorded and the load is lower, therefore, the braking distance was greater when the load was increased, and no maintenance was recorded.

Conclusion: Lack of maintenance and extra weight in a vehicle influence the braking distance, impacting road safety. At 50 km/h, a considerable increase is observed, with efficiency reductions of 33% with load and 36% without maintenance. This trend persists at 90 and 100 km/h, with efficiency decreases of 8% and 16%, and 6% and 13% respectively.

Keywords: Preventive and corrective maintenance, efficiency, braking distance, ECE 13H Regulation, load.

Introducción

La categoría M1 corresponde a vehículos para el transporte de personas, que tengan un máximo de ocho asientos excluyendo al asiento del conductor (INEN, 2012), como, por ejemplo: automóviles para transporte de pasajeros, furgonetas de pasajeros; minibuses. El sistema de frenado en la clase M1 está compuesto por varios componentes que trabajan juntos para detener el vehículo de manera segura y eficiente (Wilfrido y Muñoz, 2017).

La función del freno consiste en absorber la energía cinética del automóvil cuando se encuentra en movimiento, al aplicar presión hidráulica a un sistema el material de fricción presiona contra los discos o tambores de freno, generando una fuerza de fricción (Parera, 1998b). Esta fuerza actúa en sentido contrario al movimiento del automóvil disipando la energía cinética (Wilfrido y Muñoz, 2017). Este sistema debe satisfacer diversos requisitos, tales como la efectividad, estabilidad y comodidad (Tauviriqirrahman et al., 2023).

Durante el proceso de frenado es necesario que el peso se redistribuya adecuadamente entre las ruedas delanteras y traseras para lograr un frenado seguro y eficiente, manteniendo la estabilidad y el control del vehículo para garantizar un desgaste uniforme de los neumáticos (Paredes, 2021). Esta distribución varía según las condiciones de carga, es decir la cantidad de pasajeros y equipaje (Ochoa y Uchupanta, 2021). La eficiencia de frenado disminuye debido a cambios en la distribución de peso y en la posición del centro de gravedad (Atamba et al., 2018).

Es importante controlar el estado de los discos de freno porque debido la temperatura generada por la fricción, se desgastará prematuramente (Muñoz, 2016). Si los discos presentan deformaciones, grietas o signos de oxidación es necesario reemplazarlos (Rodríguez y Toapanta, 2011). Un automóvil con pastillas de freno y discos muy desgastados disminuye eficacia y eficiencia de frenado. Por lo tanto, un mantenimiento adecuado de los materiales de fricción asegura un rendimiento óptimo del sistema de frenado (Arteaga y Heredia, 2022).

La refrigeración de los discos, su forma, geometría y cantidad es de interés para la industria (Jafari y Akyüz, 2022). Existen diferentes tipos de discos y pastillas de freno que mejoran el enfriamiento (Arrredondo Lopez et al., 2019). Los discos ventilados actúan como un ventilador, permitiendo que el aire frío circule por las vías del disco y disipe el calor generado (Jafari y Akyüz, 2022). Es de suma importancia que los materiales de fricción cuenten con una óptima disipación de calor ya que a mayor temperatura sus propiedades se pierden y genera una menor eficiencia al frenar. (García León et al., 2018). El estudio llevado a cabo por Olipeg (2021), examinó el impacto de la fricción que ocurre entre las pastillas de freno y los discos de freno. El estudio reveló que tanto los discos de frenos perforados como discos de freno tienen la capacidad de disipar el calor rápidamente. Además, se demostró que la temperatura de las pastillas de freno fue mayor que la temperatura de los discos de freno, lo que sugiere que, para lograr una mejor efectividad en el frenado, fue esencial utilizar materiales de alta calidad en las pastillas y discos de freno (Ochoa y Uchupanta, 2021).

La implementación del ABS cuyas siglas corresponden a su dominación Anti-lock Braking System (Sistema de Freno Antibloqueo) ha beneficiado significativamente en la seguridad del vehículo por que se encarga de reducir el riesgo de bloqueo de una o varias

ruedas en el automóvil evitando la pérdida del control direccional del vehículo (Foton, 2021). Esto se logra al permitir que al menos una de las ruedas siga girando sin bloquearse, permitiendo que las fuerzas laterales cumplan las funciones de dirección y control del vehículo (Robles, 2020). Es importante mantener en un óptimo estado y sobre todo funcional el sistema ABS, esto implica diagnosticar posibles fallas y realizar mantenimientos preventivos. Es esencial realizar esta revisión en base a lo que indique el fabricante si alguna de las piezas no está en buen estado. Su funcionamiento podría verse comprometido y podría generar problemas en el sistema (Parera, 1998a). En Ecuador es un requisito llevar sistema ABS en los frenos desde el año 2013 según la NTE INEN 2702 (INEN 2702, 2013).

Este estudio busca exponer la pérdida de eficacia y eficiencia en el sistema de frenos por la falta de un mantenimiento preventivo a los diferentes elementos que conforman este sistema. Además, interpretar la influencia de la carga en un automóvil de categoría M1 demostrando si afecta o no a la eficiencia de frenado, por lo que este estudio buscó cuantificar estos efectos con diferentes pruebas prácticas que se concluirán con una comparativa de los resultados.

Marco Teórico

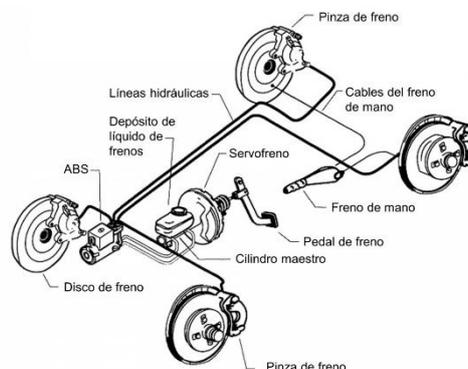
El sistema de frenos es primordial para la seguridad en la conducción de un automóvil ya que este garantiza la protección de los ocupantes. Los frenos son sometidos a elevados esfuerzos térmicos en condiciones de frenado de rutina y a esfuerzos extraordinarios cuando el frenado es de emergencia (Mackin, 2002).

Sistema de frenos

El sistema de frenos incorpora características que permiten absorber energía y calor para detener las ruedas (Vázquez, 2022). El accionamiento hidráulico de frenos se rige por la ley de Pascal al aplicar presión a un líquido contenido en un recipiente sellado, la fuerza se distribuye de manera uniforme (Carlos Arroyo Sanjuán, 1996). El proceso de frenado implica que dos objetos entren en contacto en direcciones opuestas, lo cual genera fricción, esta fuerza actúa en contra del movimiento del objeto hasta lograr su detención (DIRA, 2019). En la figura uno se muestra las partes del sistema.

Figura 1.

Partes del sistema de frenos



Fuente: Partes del sistema de frenos, Willis, (2020), (https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58753/Wills_LLMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y). ORCID: (0000-0002-3059-1062)

Circuito principal de frenos

El sistema principal de frenos se activa mediante un pedal ubicado en el interior del vehículo, el cual transmite la fuerza ejercida por el conductor a los mecanismos de frenado de las ruedas. Esta transferencia de fuerza se realiza a través de un sistema hidráulico o neumático, utilizando la energía transmitida por estos fluidos mediante un sistema multiplicador de fuerza, con el fin de proporcionar la fuerza necesaria para detener el vehículo en las ruedas (Molero, 2019).

Tipo de frenos

Existen dos tipos de frenos, los de disco y los de tambor. Los frenos de disco se activan al aplicar presión a ambos lados del disco mediante las pastillas. Por otro lado, los frenos de tambor presionan las balatas contra la superficie interna del tambor. Los frenos de disco son más eficientes debido a que su diseño permite una mejor disipación del calor a través del aire.

Mantenimientos al sistema de frenos

El mantenimiento general del sistema de frenos en un automóvil abarca pasos esenciales para asegurar su operación segura y eficiente. Se incluyen la inspección visual de pastillas, discos, calibradores, mangueras y líneas en busca de desgaste o daños. Además, la medición del grosor de las pastillas y evaluación de los discos se realizan para mantener la integridad. Se verifica y ajusta el nivel de líquido de frenos, y se inspeccionan y cambian mangueras y líneas deterioradas. El funcionamiento de calibradores y pistones se comprueba, y el sistema antibloqueo (ABS) se diagnostica si es aplicable. El proceso incluye sangrado, lubricación, ajuste del freno de estacionamiento, pruebas de frenado y registro de mantenimiento

Norma de referencia

El artículo se basó en los parámetros de la normativa ECE 13H (Reglamento N.º 13-H de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas), la que señala las homologaciones de los vehículos livianos de pasajeros con respecto al frenado y se enfoca mayormente en la eficiencia de frenado (Cevallos Arboleda y Ruiz Ruiz, 2016).

Para realizar las pruebas de frenado, los frenos deben oscilar en una temperatura entre 65 y 100°C. La presión en los neumáticos debe ser la recomendada por el fabricante del vehículo para soportar las distintas condiciones y variables de las pruebas que se realizaron, además, los neumáticos deberán tener un perfil de rodadura mínimo de 1.6 mm ya que la distancia de frenado será mayor a menor profundidad del perfil (Reyes y Tamayo, 2015).

Descripción de variables

Para el estudio de distancia de frenado se enfocó en estas variables: sin pasajeros solo el conductor con mantenimiento, con cuatro personas incluido el conductor con mantenimiento y de igual manera, pero sin un mantenimiento en el vehículo. Estas pruebas se realizaron a distintas velocidades a 50 km/h, 90 km/h y 100km/h ya que son velocidades establecidas en el territorio ecuatoriano.

Materiales y Métodos

Materiales

- Pastillas de freno en medio uso marca Brake Pak, Ceramic Titanium.
- Pastillas de freno marca Brake Pak, Titanium hard work.
- Disco de freno ventilado en medio uso marca Kia original fabricante.
- Disco de freno ventilado marca Brake Pak, Discos high performance.
- Automóvil tipo sedan marca Kia modelo Cerato año 2019.
- Campo para prueba de ruta en asfalto.
- Acelerómetro.
- Refractómetro.
- Líquido de frenos DOT 4 marca MOTUL.
- Medios tecnológicos y digitales.
- Triángulos de emergencia.
- Aplicación (Medición) disponible App Store.

Método

Para analizar la diferencia de frenado que tuvimos en un vehículo de categoría M1 en diferentes condiciones, se utilizó un método de investigación experimental. El método experimental investiga las relaciones de causa y efecto entre variables (Marradi, 2013). Estas relaciones se estudian mediante la observación de la variable independiente sobre las variables dependientes (Gozales et al., 2020).

Para llevar a cabo esta investigación, se tomó en cuenta las diferentes condiciones que afectan el frenado del vehículo, como la velocidad, el material de la pastilla de freno y las dimensiones de los discos como se muestra en la tabla 1, el estado de los neumáticos; la carga (pasajeros) mínima y máxima del vehículo.

Tabla 1.

Descripción de los materiales de los elementos de fricción

Materiales	Descripción	Aplicación de los materiales
Brake Pak, Ceramic Titanium.	Pastillas fabricadas a base de Fibras cerámicas con un porcentaje de titanio aportando alta resistencia mecánica. En su contenido tiene resina de alta resistencia, tenemos un alto coeficiente de fricción en temperatura ambiente y calientes.	Material de referencia
Brake Pak, Titanium hard work.	Pastillas fabricadas a base de fibras semimetálicas con un porcentaje de titanio aportando alta resistencia mecánica. En su contenido tiene Kevlar para alta resistencia mecánica, tenemos un alto coeficiente de fricción en temperatura ambiente y calientes.	Material utilizado

Brake Pak, Discos high performance.	Disco de freno fabricado en base fundición gris con alto contenido de carbono. Ofrece proceso de manufactura de alta tecnología, rugosidades superficiales, balance.
Líquido de frenos Motul (DOT 4)	El líquido de frenos DOT 4 se utiliza en sistemas hidráulicos de frenos para automóviles y motocicletas. Destaca por su alto punto de ebullición, evitando la ebullición durante el uso normal. Con un punto de ebullición más alto, ofrece un rendimiento consistente y es apto para frenado intensivo en altas temperaturas, como en deportes o remolque. Además, absorbe menos humedad, crucial para mantener el rendimiento.

Fuente: Autores, (2023).

Se utilizó estos discos de freno porque cuentan con una superficie grafilada para un mejor asentamiento de las pastillas y porque contienen alto contenido de carbono que da mayor resistencia al desgaste. En referencia a las pastillas de freno los materiales que se colocaron fueron de cerámica y semimetálicas porque en los vehículos tipo sedan se usan estos materiales debido a sus características y ventajas.

El análisis se realizó en base a un automóvil categoría M1, Kia Cerato, transmisión manual, con una cilindrada de 1600 centímetros cúbicos, año 2019, con una capacidad de carga de 502kg (KIA, 2019). El modelo del vehículo de prueba se muestra en la figura dos y las especificaciones se detallan en la tabla dos.

El motivo por el cual se eligió este vehículo es porque la marca (KIA) en la actualidad se encuentra dentro de las marcas más vendidas en el territorio ecuatoriano según la (AEADE, 2019).

Figura 2.

Kia Cerato 2019, vehículo de prueba.



Fuente: Modelo Kia Cerato, Kia Motors, 2020, (<https://www.kia.com/ec/main.html>). CC BY 2.0

Tabla 2.*Especificaciones generales del vehículo de prueba*

Especificaciones	Cerato/Forte
Longitud total	4.56 m
Ancho promedio	1.78 m
Altura total	1.445 m
distancia entre ejes	2.7 m
Banda de rodadura (F/R)	1.557/1.570
Voladizo (F, R)	880/980
Espacio libre (1ª/2ª)	992/948
Espacio para las piernas (1º/2º)	1.073/913
Espacio para los hombros (F, R)	1.424/1.395
Tanque de combustible (L)	50 L

Fuente: Especificaciones del modelo Cerato, Kia Motors, 2020, (<https://www.kia.com/ec/main.html>). CC BY 2.0

Preparación del vehículo para pruebas

Se realizó ciertas verificaciones importantes como la comprobación del líquido de frenos, que no exista contaminación en el mismo y que no tenga humedad mediante un comprobador electrónico, la verificación del nivel de depósito de líquido de frenos, revisión de fugas del sistema hidráulico de frenos, la verificación del servofreno herméticamente y funcionando correctamente, la evaluación del espesor de las pastillas y discos de freno para asegurarse de que estén dentro de las medidas normales para posteriormente comenzar con las pruebas de frenado que cumplen con la normativa ECE13H. En la figura tres se muestran pastillas y los discos que se reemplazaron para obtener resultados más precisos en base a la normativa establecida.

Figura 3.

Colocación de pastillas y discos de frenos nuevos en el vehículo de prueba



Fuente: Autores, (2023).

Condiciones del estado de los neumáticos

El vehículo cuenta con unos neumáticos marca WANLI 225/40R18 con un perfil de rodadura de 2 mm, teniendo en cuenta que la normativa permite tener una rodadura mínima de 1.6 mm por lo que los neumáticos se encontraban en condiciones ideales. La presión de los neumáticos se encontraba a 24 PSI. El labrado se midió con un calibrador Pie de rey como se puede observar en la figura cuatro.

Figura 4.

Medición de perfil de rodadura con un calibrador pie de rey



Fuente: Autores, (2023).

Condiciones del líquido de freno

Se localizo el depósito de líquido de frenos con marcas de nivel y se verifico que este entre las marcas mínimo y máximo como se muestra en la figura cinco. Además, se utilizó un refractómetro para realizar mediciones precisas del punto de ebullición. Este proceso me permitió medir con exactitud la proporción de agua presente en el líquido de frenos DOT 4 dando un 0% de humedad, asegurando así un mantenimiento efectivo del sistema de frenado del automóvil.

Figura 5.

Deposito del liquido de frenos



Fuente: Autores, (2023).

Equipo de medición

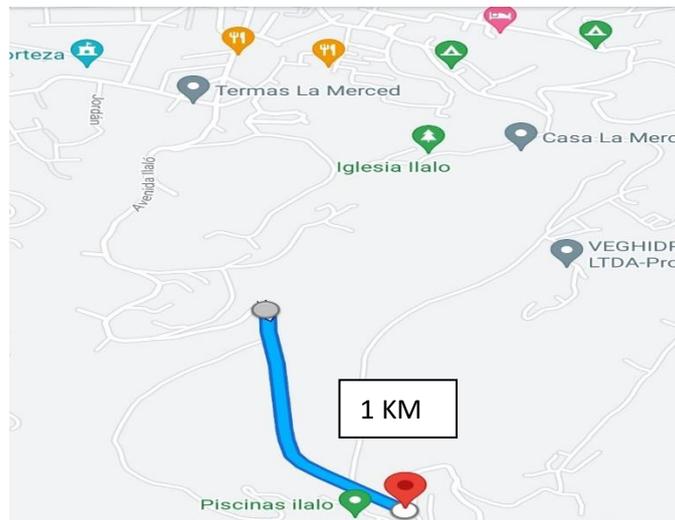
Para medir la distancia de frenado en metros utilizamos una aplicación para el móvil llamada Medición, se puede encontrar en la App Store.

Ubicación geográfica de las pruebas de campo

Las pruebas de campo se realizaron en la Av. Ilalo sector la Merced porque cuenta con una recta de 1km y porque se tomaron medidas de seguridad en las que no hubo interferencias con el tráfico vehicular. Podemos observar en la figura seis una captura de pantalla de la ubicación exacta en la aplicación Maps que encontramos en la App Store y en Play Store.

Figura 6.

Referencia geográfica del lugar que se realizaron las pruebas.



Fuente: Autores, (2023).

Resultados

Pruebas de distancia de frenado

Se realizaron 12 pruebas distintas sin mantenimiento y el mismo número de pruebas después de un mantenimiento, las variables son: la velocidad y la carga del vehículo. Con respecto a la velocidad se tomó como referencia las velocidades de 50, 90 y 100 km/h. En cuanto al peso vario por el número de pasajeros.

- Las tres primeras pruebas se realizaron con el peso únicamente del conductor 70kg y con las tres distintas velocidades establecidas.
- Las siguientes tres pruebas se realizaron con el peso de cuatro pasajeros de 70kg incluido el conductor y con las tres distintas velocidades establecidas.

En base a las variables ya mencionadas lo que se obtuvo fue una distancia de frenado en metros después de que se presionó el pedal freno, los resultados sin mantenimiento se pueden observar en la tabla cinco y los resultados con un mantenimiento previo se pueden observar en la tabla seis.

Tabla 5.

Pruebas de distancia de frenado sin mantenimiento

Variables	Velocidad (km)	Distancia (m)
Sin pasajeros solo conductor	100 km	33.77 m
Sin pasajeros solo conductor	90 km	24.09 m
Sin pasajeros solo conductor	50 km	8.11 m
Con 4 pasajeros	100 km	35.62 m
Con 4 pasajeros	90 km	26.05 m
Con 4 pasajeros	50 km	10.50 m

Fuente: Autores, (2023).

Tabla 6.

Pruebas de distancia de frenado con mantenimiento previo

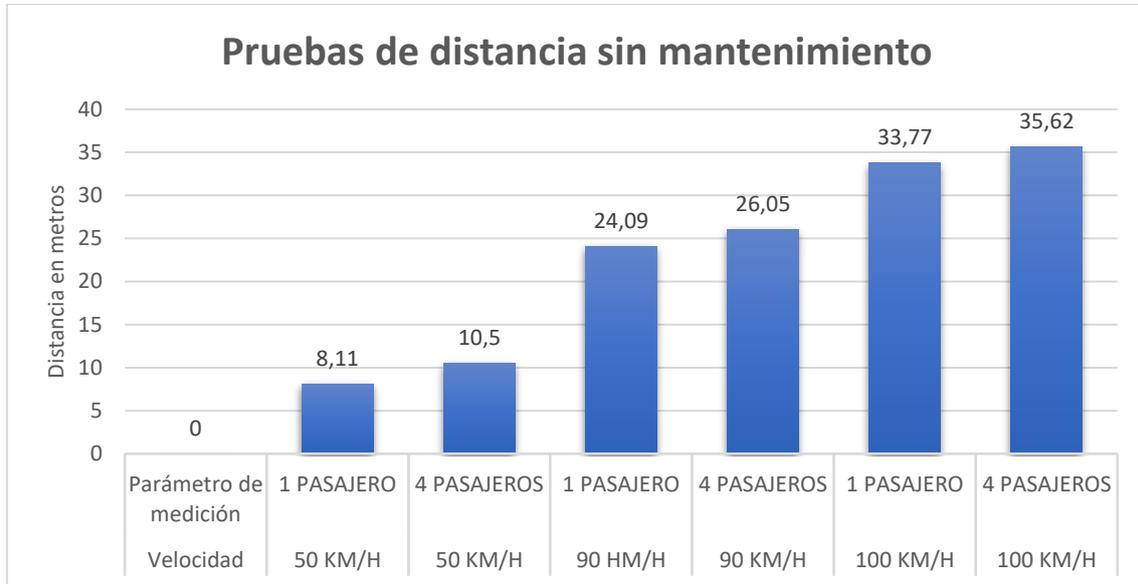
Variables	Velocidad (km)	Distancia (m)
Sin pasajeros solo conductor	100 km	29.27 m
Sin pasajeros solo conductor	90 km	20.32 m
Sin pasajeros solo conductor	50 km	5.22 m
Con 4 pasajeros	100 km	31.12 m
Con 4 pasajeros	90 km	22.02 m
Con 4 pasajeros	50 km	7.81 m

Fuente: Autores, (2023).

En nuestra primera fase de pruebas sin el mantenimiento de frenos del vehículo, donde se encontraban en mal estado nuestros elementos de fricción. Se obtuvieron los resultados mostrados en la figura siete, donde se cuantifica la diferencia de frenado en un vehículo de categoría M1 al momento de incrementar peso.

Figura 7.

Resultados de pruebas de distancia sin mantenimiento

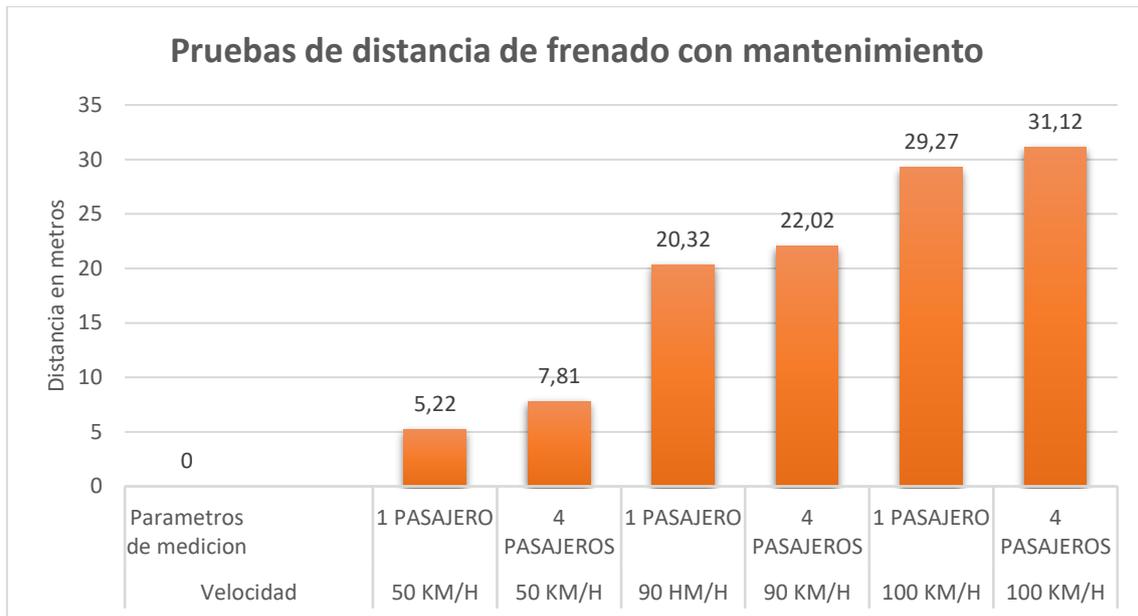


Fuente: Autores, (2023).

En nuestra segunda fase de pruebas, el vehículo se encontraba con un mantenimiento previo para regirse a la normativa. Se obtuvieron los resultados mostrados en la figura ocho donde se cuantifica la diferencia de frenado en un vehículo de categoría M1 al momento de incrementar peso y de resalta una mejoría con respecto a la distancia de frenado por consecuencia de un mantenimiento.

Figura 8.

Resultados pruebas de distancia con mantenimiento

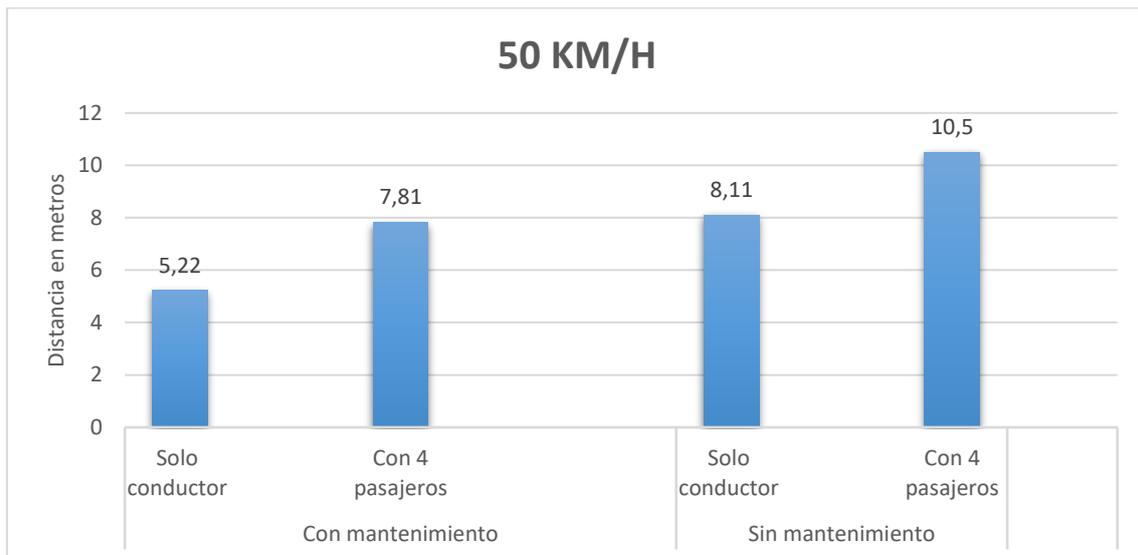


Fuente: Autores, (2023).

Se procedió a realizar una comparativa con los resultados obtenidos con respecto al mantenimiento y a la carga del vehículo. En la figura nueve se muestra que a 50 km/h existe un mayor recorrido al momento de frenar cuando se aplica carga al vehículo y cuando no se registra un mantenimiento.

Figura 9.

Comparativa de frenado con respecto a la carga a 50 km/h con mantenimiento y sin mantenimiento.

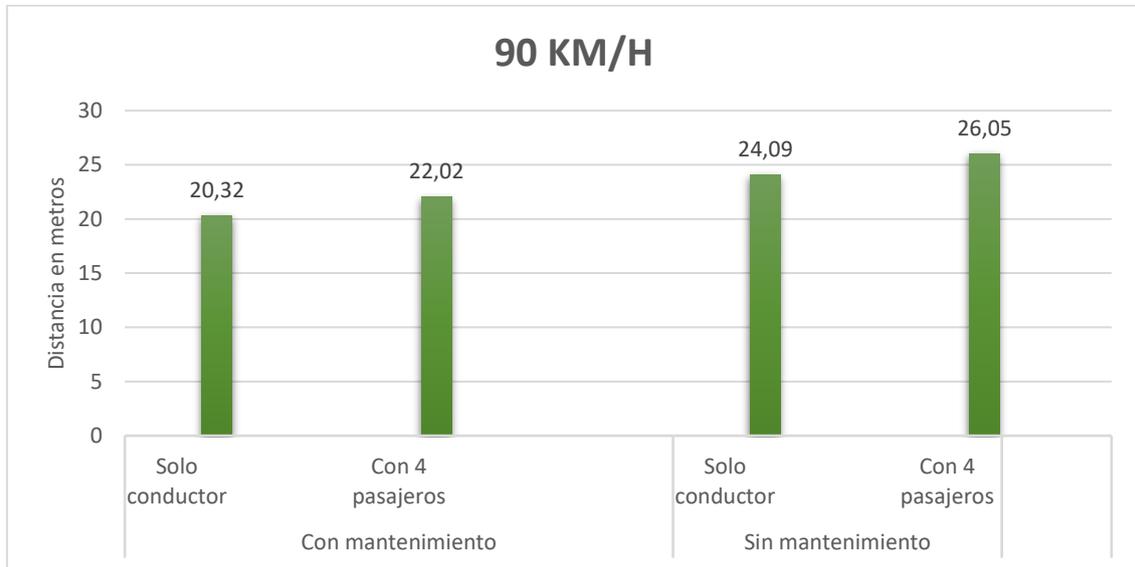


Fuente: Autores, (2023).

En la figura 10 se muestra que a 90 km/h existe un mayor recorrido al momento de frenar cuando se aplica carga al vehículo y cuando no se registra un mantenimiento.

Figura 10.

Comparativa de frenado con respecto a la carga a 90 km/h con mantenimiento y sin mantenimiento.

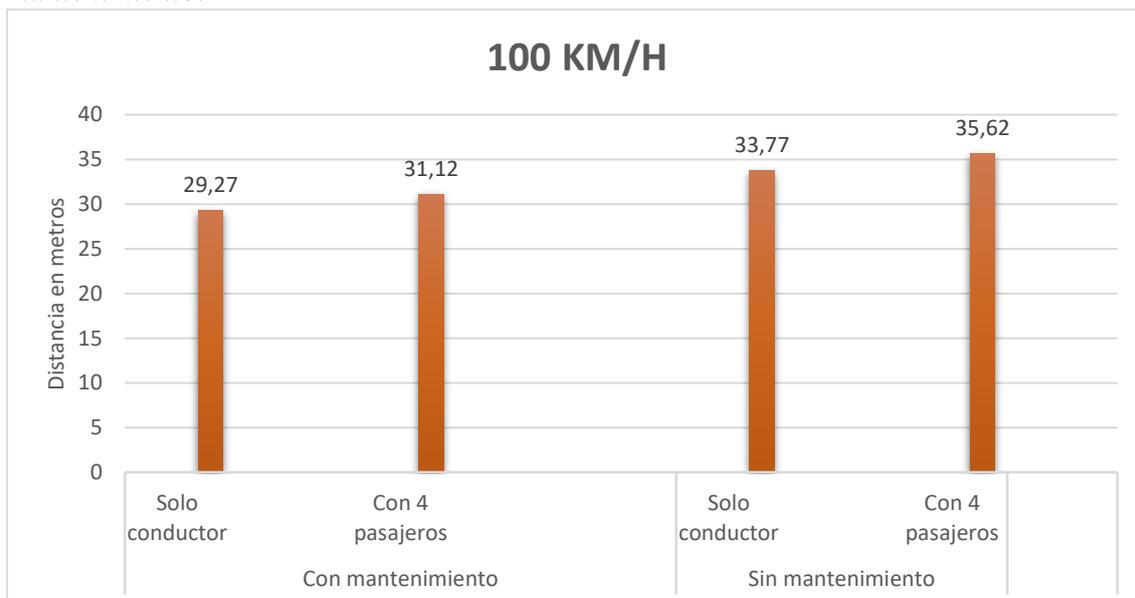


Fuente: Autores, (2023).

En la figura 11 se muestra que a 100 km/h existe un mayor recorrido al momento de frenar cuando se aplica carga al vehículo y cuando no se registra un mantenimiento.

Figura 11.

Comparativa de frenado con respecto a la carga a 100 km/h con mantenimiento y sin mantenimiento.



Fuente: Autores, (2023).

Discusión

Según la revista "El Tiempo" de 2007, el sistema ABS mejora la estabilidad del vehículo, reduce la distancia de frenado y disminuye en un 85% la posibilidad de un accidente. Tras analizar las dos fases de pruebas, se concluye que la eficiencia de frenado es mayor con un mantenimiento previo y una carga menor. La distancia de frenado aumenta cuando la carga es mayor y no hay registro de mantenimiento. En la figura 9, se observan las variables a 50 km/h, donde la distancia de frenado incrementa con carga y sin mantenimiento. La eficiencia disminuye en un 36% con carga y un 26% sin mantenimiento. La figura 10 muestra una comparativa a 90 km/h, revelando un aumento en la distancia de frenado con carga y sin mantenimiento. La eficiencia baja un 8% con carga y un 16% sin mantenimiento. En la figura 11, a 100 km/h, la distancia de frenado crece con carga y sin mantenimiento. La eficiencia disminuye un 13% con carga y un 12% sin mantenimiento. Finalmente, el sistema ABS reduce significativamente las distancias de frenado, pero la carga y la falta de mantenimiento afectan negativamente la eficiencia. Este efecto se atribuye al cambio en la distribución de pesos y la variación en la posición del centro de gravedad, respaldando hallazgos previos (Atamba et al., 2018).

Conclusiones

La investigación realizada permitió cuantificar en metros la influencia de la falta de mantenimiento y de carga en la distancia de frenado. Los resultados obtenidos indican que la falta de mantenimiento y el peso adicional que representan los pasajeros en un vehículo ejercen una influencia significativa en la distancia de frenado, con consecuencias directas para la seguridad vial al afectar la distancia necesaria en caso de emergencia. En base a los resultados a 50 km/h, se observa un incremento sustancial en la distancia de frenado, evidenciando una reducción de eficiencia del 33% con carga y del 36% sin mantenimiento. Esta tendencia persiste a 90 km/h y 100 km/h, donde se registra un aumento constante en la distancia de frenado, acompañado de descensos de eficiencia del 8% y 16% y del 6% y 13% respectivamente con relación a la carga y al mantenimiento.

El aumento de peso representa un esfuerzo adicional al sistema de frenos. Este esfuerzo adicional incrementa el desgaste de los frenos y en consecuencia reduciendo la eficiencia de frenado en un 22.33 %, es importante la gestión de la carga y considerar los mantenimientos preventivos al sistema de frenos para mantener un rendimiento óptimo del sistema de frenado y procurar que los ocupantes se encuentren seguros. Por esta razón, se destaca la importancia de concientizar a los conductores sobre la relevancia del mantenimiento preventivo en los sistemas de freno, así como la necesidad de no exceder los límites de peso establecidos en el diseño del vehículo.

El aumento en la distancia de frenado puede significar riesgos para la seguridad vial tanto para los pasajeros como para otros actores viales, resaltando la importancia de seguir el plan de mantenimiento recomendado por fabricante.

Referencias

- AEADE. (2019). *Boletín de vehículos más vendidos*. Asociación de empresas automotrices del Ecuador. <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2019/11/boletin-38-ingles-resumido.pdf> Aguirre, C. (2022).
- Análisis del Mecanismo de Desgaste en Pastillas de Freno de Material Compuesto en Vehículos Utilitarios*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/16181>
- Arredondo Lopez, A., Bermudez Henao, J. y Prado Martinez, W. (2019). Determinación experimental de la distancia de frenado de un automóvil.
- Arteaga y Heredia. (2022). *Análisis comparativo de la eficiencia de materiales de las pastillas de freno en la eficiencia del frenado en un vehículo*. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17995>
- Atamba, Granja y Paredes (2018). Análisis de la eficiencia de frenado con base a la capacidad de carga en un vehículo categoría m1. *Revista Publicando*, 5(16). https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/2019#google_vignette
- Bauza. (2018). *Estudio del sistema de frenado en los vehículos ligeros*. Universidad Politécnica de Catalunya. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113326/REPORT_470.pdf?sequence=1
- Carlos Arroyo Sanjuán (1996). Los frenos en el automóvil.
- Cevallos Arboleda, C. F. y Ruiz Ruiz, R. S. (2016). *Estudio del coeficiente de adherencia de la Zona Andina mediante Norma ECE-13H*. Universidad Internacional del Ecuador. <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1330>
- DIRA. (2019). *Como funciona un sistema de frenos*. Distribuidora Integral Repuestos Automotor. <https://dirasrl.com.ar/wp-content/uploads/2019/07/01-Como-funciona-un-sistema-de-frenos.pdf>
- El tiempo (2007). Frenar con ABS y sin ABS: diferencias y ventajas. *EL TIEMPO*, 4. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-3589342>
- Foton (2021). Manual de mantenimiento y operación. <https://dealers.rewebmkt.com/files/20210212065934lhhh0-manual.pdf>
- García León, R. A., Echavez Díaz, R. D. y Flórez Solano, E. (2018). *Análisis termodinámico de un disco de freno automotriz con pilares de ventilación tipo NACA 66-209*. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/2331/An%C3%A1lisis%20termodin%C3%A1mico%20de%20un%20disco%20de%20freno%20automotriz%20con%20pilares%20de%20ventilaci%C3%B3n%20tipo%20NACA%2066-209.pdf?sequence=1>
- Gozales, R., Leticia, N., Mendoza, H. y Arzate, R. (2020). Métodos de Investigación: Experimentales y Cualitativos. *Alternativas Psicología*(44). <https://alternativas.me/attachments/article/230/8%20-%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n.pdf>
- Heredia Pacheco, A. G. y Chalan Castillo, W. A. (2020). *Diagnóstico del motor Hyundai D4BH mediante diseño experimental en el sistema de inyección para el mejoramiento del rendimiento y disminución de opacidad*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18690/1/UPS-CT008744.pdf>

- INEN (2012). *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion*. (1).
http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcNBlDGE6J3NvcnRlbycsIHV1aWQ6JzQwOGQ2NGE4LTUxN2EtNDc1Ny04N2E4LTU5NDEyZjAwZDNhZS5wZGYnfQ==
- INEN 2702 (2013). *Vehiculos automotores sistema de freno antibloqueo (ABS). Definiciones y requisitos generales*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2702.pdf>
- Jafari, R. y Akyüz, R. (2022). *Optimization and thermal analysis of radial ventilated brake disc to enhance the cooling performance*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X21008947>
- KIA. (2019). *Ficha técnica Cerato*. Kia Motors.
<https://www.kia.com/content/dam/kwcms/cl/es/files/fichas-tecnicas/Fichas-Tecnicas-2022/Ficha-Tecnica-Cerato-.pdf>
- Mackin. (2002). *Thermal cracking in disc brakes*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630700000376>
- Marradi, A. (2013). *Método experimental, método de la asociación y otros caminos de la ciencia*. Paradigmas. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4531572>
- Molero. (2019). *Los frenos en el automóvil*.
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/tutorial122.pdf>
- Muñoz, S. (2016). Determinación de la eficacia del frenado en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando distintos materiales de fricción en los elementos frenantes.
- Ochoa y Uchupanta (2021). Estudio de la eficacia de frenado de un vehículo con sistema ABS de subcategoría M1 en función de la temperatura de trabajo de las pastillas de freno.
- Paredes, B. (2021). Determinación de la eficacia del frenado en un vehículo Chevrolet Aveo Emotion utilizando distintos materiales de fricción en los elementos frenantes.
- Parera, A. (1998^a). Frenos ABS en los automoviles.
https://www.acta.es/medios/articulos/automocion_y_transporte/009031.pdf
- Parera, A. (1998^b). *Frenos ABS en los automoviles*.
https://www.acta.es/medios/articulos/automocion_y_transporte/009031.pdf
- Reyes, G. y Tamayo, J. (2015). Analisis del desempeño de los frenos en vehiculos que incorporen el sistema antibloqueo (ABS) en caminos irregulares.
<file:///C:/Users/oscar/Downloads/CD-6601.pdf>
- Robles, J. (2020). Diagnóstico Y Servicio A Sistemas De Frenos ABS. <http://leon1.conalep-guanajuato.edu.mx/Archivos/cuadernillos/AUTOTR%C3%93NICA/4o.%20Semestre%20ATRO/Diagn%C3%B3stico%20y%20Servicio%20Frenos%20ABS-FERNANDO%20ROBLES.pdf>
- Rodríguez y Toapanta (2011). Diseño y construcción de una rectificadora de discos de freno para vehículos livianos.
- Tauviqirrahman, M., Muchammad, M., Setiazhi, T., Setiyana, B. y Jamari, J. (2023). Analysis of the effect of ventilation hole angle and material variation on thermal behavior for car disc brakes using the finite element method. *Results in Engineering*, 17, 100844.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100844>
- Vázquez. (2022). *Sistemas de frenos en vehículos de carretera, normativa y m Sistema de frenos en vehículos de carretera*. Instituto Mexicano del Transporte.
<http://www.manuales.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt685.pdf>
- Velastegui. (2015). *Los materiales de fricción y su influencia en la eficiencia de frenado*. Universidad San Francisco de Quito.
<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4627>

Wilfrido y Muñoz. (2017). *Diseño e implementación en un sistema de medición de temperatura de frenos de disco a bordo en un vehículo*. Escuela Politécnica Nacional.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18786/1/CD-8176.pdf>