



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo*

*Analysis of the braking efficiency of the weight compensating valve on the rear axle, to improve the safety of the vehicle*

*Análise da eficiência de travagem da válvula de equilíbrio de peso do eixo traseiro para melhorar a segurança do veículo*

Inés Francisca Sánchez-Correa<sup>I</sup>  
[insanchezco@uide.edu.ec](mailto:insanchezco@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6410-5571>

Francisco Antonio Acosta-Enríquez<sup>II</sup>  
[fracostaen@uide.edu.ec](mailto:fracostaen@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6370-0958>

Juan Carlos Rubio-Terán<sup>III</sup>  
[jrubio@uide.edu.ec](mailto:jrubio@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-5815-0154>

**Correspondencia:** [insanchezco@uide.edu.ec](mailto:insanchezco@uide.edu.ec)

\***Recibido:** 29 de junio del 2022 \***Aceptado:** 12 de julio de 2022 \* **Publicado:** 20 de agosto de 2022

- I. Estudiante de Ingeniería en Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Estudiante de Ingeniería en Mecánica Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Ingeniero en Mecánica Automotriz, MBA mención PYMES, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

### Resumen

El mercado automotriz ecuatoriano, ofrece diferentes tipos de frenos, los cuales están instalados en la mayoría de vehículos, sin embargo, no todos los sistemas de frenos son completamente eficientes al momento de frenado en condiciones extremas de carga o livianos, el estudio del presente artículo sugiere una solución alternativa al evaluar el rendimiento en condiciones de manejo reales para esos vehículos que demanden de una frenada efectiva con carga o sin carga, utilizando la válvula compensadora de freno instalada en el eje posterior de los vehículos.

La investigación es abordada para un segmento particular automotriz, analizaremos los datos mediante pruebas de laboratorio y de campo según la normativa EC-13H estableciendo como material referencial la válvula compensadora de freno trasero de una camioneta HILUX pick up, que pertenece a la categoría N1, la misma que corresponde a la normativa INEN 2185 la cual permite estudiar los materiales de fricción que ingresan o se fabrican en el Ecuador. Las pruebas de laboratorio realizadas respecto al material original mantienen un índice estándar de frenado, las pruebas en pista nos permiten corroborar que la temperatura alcanzada y la distancia recorrida al frenar se mantiene dentro de los parámetros permisibles en nuestro caso alcanzamos una temperatura máxima de 66 °C y eficiencia en el eje posterior de 55.38%, al accionar el sistema de frenos; En los resultados de laboratorio se evidencia una mayor eficiencia con la válvula conectada llegando a tener hasta un 1.6% de incremento en la reacción del frenado, y la exactitud del mismo, mejorando de forma tangible el frenado del vehículo.

**Palabras Clave:** Material de fricción; válvula compensadora de freno trasero.

### Abstract

In the Ecuadorian automotive market, different types of brakes are offered, which are used in all vehicles, however, not all brakes are completely efficient at the time of braking in real driving conditions, the study of this article uses the rear brake compensator valve, to evaluate its performance and operation under real driving conditions when braking. The investigation approached the subject from a particular automotive segment made specific observations, the data obtained through laboratory and field tests are analyzed according to the EC-13H regulation, demonstrating as reference material the rear brake compensating valve of a HILUX pick up truck

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

that belongs to the N1 category that corresponds to the INEN 2185 regulation which allows studying the friction materials that enter or are manufactured in Ecuador. The laboratory tests carried out respect to the original material maintain a standard braking rate, the track tests allow us to corroborate that the temperature reached and the distance traveled when braking remain within the permissible parameters with a maximum temperature of 66 °C and efficiency on the rear axle of 55.38%. When activating the brake system, the vehicle wheels turn with greater difficulty due to their friction, on the other hand the engine is dragged by the vehicle when moving forward if it is not landed in such a way that the mass of the vehicle decelerates. The force acting in the direction of travel keeps the wheels moving on the road until the vehicle's kinetic energy has been converted into braking work. Laboratory results show greater efficiency with the valve connected, reaching up to a 1.6% increase in braking reaction, and its accuracy, tangibly improving vehicle braking.

**Keywords:** Friction material; rear brake compensating valve.

### Resumo

O mercado automóvel equatoriano oferece diferentes tipos de travões, que são instalados na maioria dos veículos, no entanto, nem todos os sistemas de travagem são completamente eficientes na travagem em condições extremas de carga ou luz, o estudo deste artigo sugere uma solução alternativa para avaliar o desempenho em condições reais de condução dos veículos que exigem uma travagem eficaz com ou sem carga, utilizando a válvula compensadora do travão instalada no eixo traseiro dos veículos.

A investigação é abordada para um determinado segmento automóvel, analisaremos os dados através de testes de laboratório e de campo de acordo com a norma EC-13H, estabelecendo como material de referência a válvula compensadora do travão traseiro de um camião HILUX, que pertence à categoria N1, a mesma que corresponde à norma INEN 2185, que permite estudar os materiais de fricção que entram ou são fabricados no Equador. Os testes de laboratório realizados em relação ao material original mantêm uma taxa padrão de travagem, os testes de pista permitem-nos confirmar que a temperatura atingida e a distância percorrida na travagem permanece dentro dos parâmetros admissíveis no nosso caso, atingimos uma temperatura máxima de 66°C e eficiência no eixo traseiro de 55,38%, para operar o sistema de travagem; nos resultados de laboratório há provas de uma maior eficiência com a válvula ligada atingindo até 1,6% de aumento na reacção de travagem, e a precisão da mesma, melhorando de forma tangível a travagem do veículo.

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

**Palavras-chave:** Material de fricção, válvula de compensação do travão traseiro.

### Introducción

Durante la frenada de un vehículo se debe evitar el bloqueo tanto de los neumáticos delanteros como los traseros con el fin de obtener una frenada óptima, maximizando la desaceleración y disminuyendo el tiempo de frenada, especialmente en condiciones de baja adherencia donde debido a la disminución de la misma es más factible que se produzca este fenómeno (Correa Neira, 2020). Se determinará la eficiencia del frenado con la válvula compensadora de freno posterior, utilizando el freno-metro, como herramienta de diagnóstico, para comprobar la fuerza de frenado en cada eje y los beneficios al momento de frenado en condiciones reales de manejo, es por este motivo que el estudio abarca pruebas de laboratorio de la válvula compensadora de freno posterior para evaluar su rendimiento y seguridad bajo las mismas condiciones al frenar. En el sistema de freno se destaca la línea base del vehículo, para asegurar condiciones operativas óptimas de los sistemas de suspensión y frenos del vehículo de prueba, el funcionamiento de la válvula compensadora de freno posterior debe ser aprobado como un dispositivo indispensable, es por eso que en el presente estudio se comprobará la utilidad de la válvula y los beneficios que esta representa para el vehículo, para determinar esto, será necesario realizar estudios que comprueben el estado y condiciones de trabajo, comprobando así la eficiencia de frenado, para esto será necesario efectuar pruebas de campo y de laboratorio bajo las normas ya establecidas, que permitan identificar su eficiencia y su aporte a la seguridad operativa del vehículo.

En la revisión vehicular específica, realizada periódicamente por un ente certificador se verifica el cumplimiento de normas de seguridad, las mismas que permitirán definir los parámetros de frenado necesarios que se deben cumplir como requisito indispensable necesario para circular sin ningún problema, además determinará de forma legal la necesidad de un mantenimiento preventivo del vehículo inspeccionado. Esta revisión se lleva a cabo mediante pruebas de laboratorio con procesos ya establecidos, en base al reglamento EC13H, dicho documento normaliza las pruebas de ruta, por los que usando un freno-metro, como medio de diagnóstico, evaluaremos resultados bajo las mismas condiciones en vehículos categoría M, N y O en lo relativo al equipo de frenado. Los datos adquiridos con las pruebas realizadas, se comparan con los datos que nos ofrece la misma categoría de vehículo bajo las normas establecidas, adicionalmente se comparan los valores para analizar los resultados. Teniendo en cuenta que el accionamiento de frenado es fundamental para detener al

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

vehículo, el accionar con fuerza el freno de mano. Detener el vehículo cuando es solicitada por el conductor la masa y peso del vehículo ayuda a frenar suavemente para evitar levantamiento de la parte posterior. Es importante conocer que si frenamos bruscamente en caminos montañosos provocaremos un sobrecalentamiento del sistema y pérdida de equilibrio del automóvil (Chiroque Chavez, 2020).

El sistema de frenos es una parte fundamentalmente importante del vehículo, la que permite al operador disminuir la velocidad o detener el mismo según sea necesario, debemos destacar que su principio de funcionamiento radica en absorber la energía cinética generada por el motor y transformarla en calor por causa de la fricción entre los accesorios del freno para disipar al ambiente (Coloma Torres, 2021).

Las características de los diferentes tipos de válvulas que son fabricadas para ayudar con la eficiencia de frenado, varían dependiendo de su función mecánica en relación al tipo de vehículo y el peso del mismo, con el fin de realizar un estudio general de los materiales de frenado, hemos considerado tanto la respuesta al frenar, así como la compensación y distribución de peso en la parte delantera y posterior del vehículo, en el que se demuestra el equilibrio de peso para ayudar al frenado del vehículo, ya que se genera una acción de freno no equitativo sobre las ruedas posteriores (Barba Nieto, 2019). A partir del análisis del fading de freno se prioriza las características de funcionamiento sobre la válvula compensadora de freno posterior que trabaja al accionar el freno y las condiciones de trabajo en el freno, las medidas obtenidas, demuestran cuales son los efectos que resultan en el vehículo a causa del sobrecalentamiento y fallo (Cisneros Topete, 2018), se destaca que las pruebas se realizaron en un vehículo categoría N1 bajo pruebas normalizadas ECE13H.

### **Fundamento teórico**

Es supremamente importante considerar que los frenos son utilizados constantemente y están expuestos a grandes esfuerzos durante el proceso de conducción que implica el frenado frecuente y a esfuerzos térmicos extraordinarios durante una brusca acción de freno, por otra parte, el sistema de frenado se puede ver afectado al no tener una respuesta mecánica inmediata y apropiada del vehículo, la misma que podría causar una respuesta tardía de freno y descontrol del peso del vehículo.

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

Es por esto que el freno de servicio deberá funcionar de manera eficaz en todo momento, el conductor debe accionar el pedal de freno sin retirar las manos del volante, el freno garantiza seguridad al accionarse de manera secuencial durante la marcha normal, este circuito está constituido por un pedal de accionamiento, una bomba hidráulica con depósito de líquido de freno, servofreno, discos de freno, pinzas de freno, zapatas de freno, tambores de freno, líquido de freno, y la válvula compensadora de freno posterior. Cuando hablamos del sistema de freno hidráulico podríamos clasificar a los vehículos entre los que, sí tienen el sistema ABS y los que no, adicional a esto todos los vehículos cuentan con un freno de estacionamiento de acción manual, el que se utiliza para inmovilizar al vehículo cuando está parado. Técnicamente, en cuanto a la operatividad del sistema de freno, la acción se transmite desde la bomba hacia los cilindros por medio de tuberías rígidas de acero, algunos vehículos en la parte posterior cuentan con limitadores de presión, la misma que se incrementa a mayor carga o disminuye a menor carga del monoplaza, incrementando el agarre de los neumáticos, es por esta razón que se debe tomar en cuenta las consecuencias que se producen al frenar, considerar la transferencia de pesos para analizar el sistema de frenos, puesto que se acciona longitudinalmente y se transfiere el peso del eje posterior al eje delantero; es decir, evidencia una descarga de pesos. En contraste, cuando se incrementa el peso en el eje delantero, el frenado es efectivo gracias al aumento del agarre de los neumáticos (Coloma Torres, 2021).

Con respecto a la fuerza de frenado que puede desarrollar el vehículo, se determina en caso de ensayo en el freno-metro que está limitada por la adherencia existente entre el neumático y el freno-metro de rodillos, lo que en la práctica vendría a ser entre el neumático y la calzada. El desequilibrio de frenado es otro de los parámetros representativos del funcionamiento del sistema de frenado y también se mide durante la inspección, este se traduce como la diferencia de fuerzas de frenado entre ruedas de un mismo eje, si este se presenta en un alto grado de desequilibrio conlleva a que durante la frenada, un lado del vehículo genere más fuerza de frenado que el otro lado, provocando lo que se conoce como un momento de guiñada, esta acción provoca que el vehículo “gire” hacia el lado en el que la fuerza de frenado es mayor.

### **Elementos de seguridad**

Los autos poseen seguridad activa y pasiva las cuales nos protegen de cualquier impericia o descuido al manejar.

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

Al hablar de seguridad activa se destacan los sistemas ABS, los que junto a los sensores activados son los responsables de mantener un trayecto uniforme, generando la actuación activa de las partes del freno, como son el ESP servofreno activo, unidad de control hidráulica y aceleración lateral que ayuda al conductor a realizar la compensación necesaria para obtener confort y seguridad al manejar.

Por otra parte, la seguridad pasiva se refiere a los componentes de seguridad, elementos fundamentales de la estructura del vehículo cuya función principal es evitar daños en los ocupantes al momento de un impacto, se componen de: juego de airbags, cinturones de seguridad y reposacabezas del vehículo.

### **Sistema de freno**

El principal trabajo del sistema de frenos es detener el vehículo de manera progresiva y segura de acuerdo a las circunstancias de la marcha y las necesidades del conductor, hasta poner estático al vehículo, es importante que al mismo tiempo pueda modular la rapidez, seguridad y equilibrio del automóvil en las vías carrózales y así no ocasionar accidentes catastróficos (Correa Neira, 2020).

Estructuralmente el freno de disco consta de componentes mecánicos como pastillas y los émbolos, los mismos presionan los componentes contra los cálipers mediante el sistema de fricción, lo que permite detener el vehículo cuando está en movimiento.

Las pastillas están fabricadas de material cerámico, cada pastilla debe tener un espesor mayor que el mínimo especificado y no deben estar contaminadas con grasa o líquido de freno.

Los mecanismos de frenos son ventilados para reducir el calor, ya que la temperatura extremadamente alta podría llegar a inactivar el sistema.

Es importante destacar, que el disco no debe tener fisuras, surcos profundos o rajaduras y no debe exceder los límites de variación de espesor y de concentricidad (Chiroque Chavez, 2020).

### **Neumáticos**

Al seleccionar los neumáticos es fundamental regir nuestra decisión guiados en las especificaciones del fabricante, ya que tienen diferentes normativas, con esto podremos obtener una frenada precisa y estable, además de aumentar de la acción de frenado.

## Dinámica de frenado

### Frenado del vehículo

El objetivo del sistema de frenos en un automóvil es reducir la energía cinética y potencial de la unidad en movimiento, llegando a detenerlo en caso de ser necesario. La disminución de la energía cinética, se logra transformándola en energía calórica a través de la fricción entre los materiales que componen el sistema de frenos, para que la fricción ocurra, el sistema de freno dispone de un sistema de actuación que permite la fricción entre las piezas encargadas de ejercer, en el caso de los vehículos el mecanismo usado para actuar en el sistema de frenos es el pedal (Gutiérrez González, 2019).

### Cálculo dinámico del sistema de frenado

Principalmente el frenado se produce gracias al rozamiento entre las pastillas y los discos de freno, transformando la energía cinética del vehículo en calor. Para calcular esta energía disipada es necesario saber la masa del vehículo, el factor de corrección, las masas rodantes y la velocidad que lleva el vehículo al momento que empieza a frenar. Para un vehículo convencional su masa(m) es aproximadamente de 1930 Kg, el factor de corrección para masas rodantes (i) para un vehículo de velocidad media es 1,05, y tomando una velocidad de 80 Km/h para efectos de cálculo (equivalente a 22,22 m/s) se obtiene el siguiente valor de energía disipada en el freno trasero (García León, 2018):

$$E_f = i * m * (V^2 - V_f^2) / 2 = 500270,3 \text{ J} \quad (\text{GARCIA LEON, 2018})$$

Para calcular la energía disipada en el freno delantero (Ed) es necesario saber que la energía total se distribuye entre un 75 % y 80 % en el eje delantero debido a que la mayor cantidad de masa del vehículo se presenta en ese eje, de lo que resulta [4]:

$$E_d = E_f * 0,75 = 375202,72 \text{ J.} \quad (\text{García León, 2018})$$

Del total de energía que se absorbe en el eje delantero, un 90% se disipa en el disco de freno y un 10% en la pastilla [4].

$$E_{\text{disco}} = E_d * 0,9 = 337682,45 \text{ J} \quad (\text{García León, 2018})$$



## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

Un automóvil tiene 2 ejes y cada eje tiene dos discos, así que la energía disipada se reparte entre ellos:

$$E = E_{\text{disc}}/2 = 168841,22 \text{ J. (García León, 2018)}$$

La optimización del sistema de frenado en este caso es que la energía se disipe en el menor tiempo posible y, de esta manera, evitar sobrecalentamientos y fallas del sistema (García León, 2018).

### Efectos de deslizamiento en la frenada

El deslizamiento durante la frenada se produce cuando la fuerza de frenado del vehículo supera a la capacidad de adherencia de los neumáticos con el asfalto produciendo el bloqueo de las ruedas del vehículo. Cuando un vehículo se encuentra en estático, el peso del mismo se distribuye sobre cada eje dependiendo de la concentración de la masa en el mismo. Además, durante el frenado del vehículo, se produce un efecto debido a la inercia del vehículo de transferencia de peso desde el eje trasero al eje delantero, la cual aumenta cuanto mayor es la desaceleración del vehículo (Gutiérrez González, 2019).

### Normativa técnica 2185 y EC13H

Los requisitos para homologar un elemento de fricción al Ecuador como: pastillas de freno, empaques de zapata se rigen bajo esta normativa técnica demostrando parámetros de dureza y fricción en la que toda empresa que fabrique o importe material tiene que aprobar la normativa, entre los requisitos hay que tomar en cuenta los materiales no deberá tener imperfecciones ni deformaciones que afecten el funcionamiento y no deberá sufrir alteraciones a un lapso no menor a un año. Bajo estos requisitos se deberá realizar un método de ensayo para que un elemento de fricción logre ingresar al mercado ecuatoriano y ser parte del funcionamiento del sistema de frenos (Olavares, 2021). La eficacia de un sistema de frenado se va a determinar midiendo la distancia de frenado en relación con la velocidad inicial del vehículo, para la homologación de cualquier vehículo la eficacia del frenado se determinará en ensayos en pista en laboratorio que serán efectuados en condiciones de las velocidades indicadas para cada tipo de ensayo (Reglamento no 13-H, 2015).

## **Materiales y Métodos**

### **Método**

En esta investigación principalmente se comprende el tema desde un segmento particular automotriz hacia observaciones específicas, donde se analiza los datos obtenidos mediante las pruebas de laboratorio y de campo según la normativa EC-13H en relación con las variables independientes y dependientes mostradas en la tabla 3 y tabla 4 las cuales son parte de la investigación. Los datos obtenidos nos permitirán una evaluación donde se seguirá un criterio objetivo a la investigación creando una descripción evaluativa descriptiva del funcionamiento de los materiales.

### **Materiales**

#### **Vehículos**

A nivel nacional existen camionetas con diferente capacidad de carga y distribución de freno para lo cual teniendo en cuenta los criterios de seguridad y normativas europeas se escogió la camioneta pick up Toyota Hilux categoría N1.

Se considera que la fortaleza fundamental con la que cuenta la camioneta Hilux de Toyota es la calidad que ofrece a sus clientes, ya que es capaz de adaptarse y ser resistente a casi cualquier tipo de clima, por esta razón se ha ganado el sobre nombre de indestructible, todo esto sumado a la comodidad de un SUV, para brindar al consumidor una experiencia satisfactoria en el viaje (Barberán Benavides, 2018).

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

**Fuente:** Autores



**Figura 1:** HILUX 2004

### Válvula compensadora de freno posterior

**Fuente:** Autores



**Figura 2:** Válvula compensadora de freno posterior

La mayor capacidad de frenado siempre va a ser en los frenos delanteros con un 60 % de capacidad de frenado y en los posterior un 40%, donde la válvula se instala en el freno posterior (Tufiño Ortega, 2021).

La bomba tiene dos líneas de freno que son de salida, una que se encuentra en el frente de la bomba la cual es para el actuador del ABS y otra se encuentra al costado de la bomba , esta es la principal para los cuatro frenos y se reparte para los frenos delanteros tanto izquierdo como derecho ,además para los frenos traseros primero llega a la válvula compensadora y se reparte a los frenos

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

posteriores de tal forma que emite la fuerza de frenado cuando la camioneta está cargada o cuando está vacía.

De tal manera que la válvula se conecta al diferencial con un muelle, en donde tiene tres tubos, dos son de entrada y uno de salida, en el cual la línea principal sale desde la bomba de freno, la otra línea distribuye para los frenos posteriores y los tambores, por ende, la última línea es la entrada que viene directo desde el actuador del ABS donde el mecanismo que actúa sobre la válvula compensadora se mueve dependiendo el peso de la camioneta si está cargada o está vacía. Teniendo en cuenta si el frenado de las llantas delanteras y posteriores es un 50% - 50% se pueden empezar a bloquear las ruedas traseras en frenadas irregulares a fuertes, de tal forma que la camioneta puede empezar a perder el equilibrio en la parte posterior por eso la mayor fuerza de frenado es en los frenos delanteros (Sanmartín Vaca, 2018).

Cuando la camioneta lleva peso o no lleva peso en el balde va a variar el espacio de la válvula modificando la altura y eso afecta la compresión del muelle, donde abre o cierra la válvula conforme al movimiento la palanca de la válvula modificando la fuerza de frenado en la parte superior. El trabajo de la válvula ayuda a distribuir el peso y fuerza del frenado para que no se bloqueen las ruedas (Balla, 2014).

**Fuente:** Autores



**Figura 3.** IMAGEN

### **Normativa**

La normativa EC13H la cual se va a utilizar alude primordialmente procesos para las pruebas de campo y las pruebas de laboratorio el cual ayuda a verificar si los datos de ruta suben el rango estándar con referencia a la válvula compensadora de freno posterior. En la tabla (poner cita de la

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

tabla) se observa las condiciones para las pruebas, velocidad promedio, tiempo y número de pruebas. Donde por seguridad tiene un límite de 120 km/h.

El ensayo en el freno metro permite obtener características de inercia necesaria, los frenos montados son idénticos a los del tipo del vehículo inicial, de tal manera que obtiene un registro continuo de la velocidad de giro del disco o del tambor y tiempo de frenado.

### Equipo

Para el siguiente análisis se utilizó el freno metro brak 3000 el cual cumple con la normativa Inter local ISO 376 es la única a nivel local que cubre la calibración original.

Los valores que determina el freno metro son datos de funcionamiento bajo rodillos de alto desempeño que mide la eficiencia de frenado.

**Figura 4:** Línea de Inspección Técnica de Vehículos ligeros 4Tm

Dimensiones	4,915 x 1700 x 1780 mm.
Peso	1760 kg.
Vía Admisible	755 ÷ 2.200 mm.
Máx. Peso Eje	4.000 kg
Medidas Rodillos	723 x 206 mm
Distancia Ejes	400 mm
Rodillos	
Velocidad	80 km/h
Prueba	
Potencia Motor	102 CV / 75 kW
Coeficiente	
Fricción	Seco > 0,9 Húmedo > 0,7
Rango de	
Medición	0 ÷ 6 kN
Alimentación	3 x 230 / 3 x 400 V 50 / 60 Hz
Condiciones de	
Trabajo	Temperatura -5 ÷ +40°C

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

Humedad Relativa < 95%

**Fuente:** (VTEQ, 2021)

Los valores que obtenemos del freno- metro son bajo el funcionamiento de los rodillos de alto desempeño el cual mide la distancia y eficiencia de frenado.

### Resultados y Discusión

#### Datos de entrada

En la tabla 2 detalla los valores que se utilizan en cada una de las pruebas realizadas manteniendo la categoría del vehículo y colocando datos importantes para el desarrollo de las pruebas, las cuales son ejecutadas por una sola persona para mantener los datos con la misma presión de frenado y peso establecido con el conductor.

**Figura 5:** Datos de entrada

<b>VEHÍCULO</b>	<b>HILUX</b>
Año	2004
Fuerza de frenado	60,72 Dan.
Selector marcha de transmisión	Neutro
Número de pruebas	6
Velocidad de prueba	80 km/h
Temperatura ambiente	12 °C
Coficiente de Adherencia carretera	$\geq 0,70$
Presión Inflado de neumáticos	30 psi
Medidas neumático	205/75/R16
Vehículo sin carga	1104 Kg
Vehículo con media carga	1232 Kg
Vehículo con carga	1341 Kg

Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

completa

Fuente: Autores

## Pruebas de laboratorio

### Prueba con la válvula compensadora de freno posterior

En primer lugar, se medirá la distancia de frenado desde el punto donde se acciona el pedal de freno hasta que el vehículo frene completamente para verificar la distancia recorrida sin peso en el balde.

Figura6: Resultado prueba de laboratorio con válvula

CON LA VÁLVULA COMPENSADORA DE FRENO					
PRUEBA CON VÁLVULA	post Izq. (KN)	post Der (KN)	Eficiencia eje post	Velocidad	Distancia
VÁLVULA SIN CARGA	3221,2	3392,1	61,9%	80 km/h	30,3 m
VÁLVULA CON MEDIA CARGA	3943,1	4430,7	61,7%	80 km/h	29,4 m
VÁLVULA CON CARGA COMPLETA	4608,5	47740,2	60,3%	80 km/h	28,1 m

Fuente: Autores

### Prueba sin válvula compensadora de freno posterior

Los resultados detallados en la tabla 4, indican un aumento en la eficacia en el eje posterior de freno sin carga, un aumento de distancia con carga completa y una fuerza de adherencia mayor con carga.

Figura 7: Resultado prueba de laboratorio sin válvula

SIN LA VÁLVULA COMPENSADORA					
PRUEBA SIN VÁLVULA	post Izq. (KN)	post Der (KN)	Eficiencia eje post	Velocidad	Distancia
SIN CARGA	3120,3	3275,6	60,3%	80 km/h	30,3 m
CON MEDIA CARGA	3828,8	4328,2	59,8%	80 km/h	32,2 m

Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

CON CARGA COMPLETA	4500,7	47637,5	53.6%	80 km/h	35 m
--------------------	--------	---------	-------	---------	------

Fuente: Autores

### Pruebas de campo

Las pruebas de campo bajo la normativa EC13H se realizan para establecer los procesos de nuestro estudio y poder sustentar el uso de la válvula de compensación de freno posterior con carga, sin carga, con carga media, y la medición del desplazamiento del vehículo durante la frenada con y sin la válvula.

### Prueba de campo, con carga y la válvula conectada

De acuerdo con los resultados detallados en la tabla 5 se puede observar un incremento de distancia directamente proporcional al peso y la velocidad, el recorrido del pedal de freno conforme al tiempo de freno es el ideal para mantener una distancia uniforme y segura.

**Figura 8:** Resultado prueba de campo válvula compensadora de freno

	Velocidad inicial Km/h	Distancia Mts	Tiempo de frenado Seg	Velocidad final Km/h
<b>CON VÁLVULA</b>				
Sin carga	4	30	3,9	80
Media carga	5,4	29,5	3,72	80
Carga total	5,2	28,7	3,59	80
<b>SIN VÁLVULA</b>				
Sin carga	5,1	30,5	4,1	80
Media carga	5,7	31,1	4,5	80
Carga total	6,8	34,2	4,9	80

Fuente: Autores

### Prueba de campo, sin carga y con la válvula conectada

Principalmente la prueba permitió definir rangos de distancia y tiempos, en la tabla 6 detalla una elevada distancia con un aporte mayor al freno si el vehículo está sin carga, a mediana y alta carga



## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

el vehículo no tarda en detenerse por completo, pero logra una mejor adherencia a la carretera en bajas revoluciones.

### Comparativa de resultados

Las pruebas realizadas en diferentes condiciones de carga en la camioneta con la válvula de compensación de freno posterior conectada y con la válvula desconectada se puede analizar la eficiencia de frenado, la distancia recorrida y la velocidad estimada al accionar el freno.

Como se puede observar en la tabla 3 y en la tabla 4 las pruebas de laboratorio indican el porcentaje de eficiencia en el eje posterior donde se ubica la válvula, teniendo en cuenta que se necesita una relación de 40 por ciento en la parte delantera y 60 por ciento en la parte posterior indicando que la válvula ayuda a la compensación de peso al momento de accionar el freno para tener la correcta proporción de peso total del vehículo.

Fuente: Autores

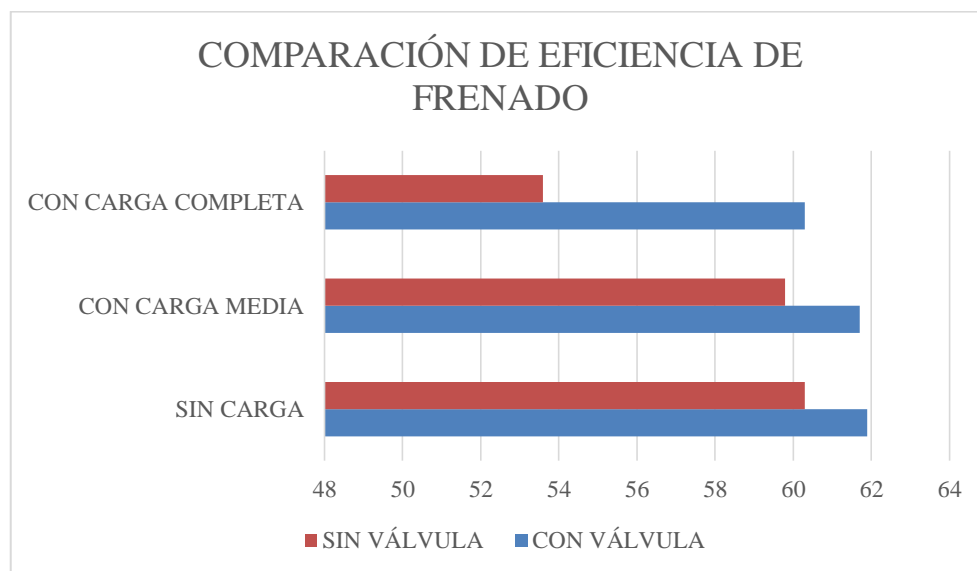


Figura 9: Prueba de laboratorio

### Conclusiones

Una vez realizados los ensayos con la válvula conectada y desconectada se tiene resultados favorables hacia la válvula conectada con diferentes variables que son sin carga, con carga media y con carga completa. Los valores de tiempo de frenado con y sin la válvula de compensación de

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

freno posterior en la prueba de campo se puede analizar que con la válvula conectada tiene menor tiempo de recorrido, teniendo mayor exactitud al frenar.

Los resultados de laboratorio determinan un porcentaje mayor de eficiencia en el eje posterior con la válvula conectada, llegando a tener un valor sin carga de 61,9 %, con carga media de 61,7% y con carga completa de 60,3%, a diferencia de los resultados sin la válvula de compensación de freno posterior al tener un valor sin carga de 60,3%, con carga media de 59,8% y con carga completa de 60,3%, todas las pruebas fueron realizadas a 80km/h con una distancia aproximada de 30 metros de desplazamiento.

Concluyendo con el estudio sobre la utilización de la válvula compensadora de freno posterior para mayor seguridad y precisión de frenada sabiendo que el peso del vehículo va a influir indispensablemente en el frenado hay que tener en cuenta las pruebas realizadas en laboratorio donde se llega a obtener un 60% de frenada con la válvula y en la prueba de campo con la válvula tiene menor tiempo de frenada siendo más eficaz al momento de frenar.

### Referencias

1. Correa Neira, M., Pravia Rojas, J., & Sánchez Sandoval, A. L. (2020). Diseño e implementación de un sistema de supervisión de frenos hidráulicos en los vehículos livianos.
2. Chiroque Chávez, J. C. (2020). Análisis de los sistemas de frenos de un vehículo-determinación del sistema de frenos óptimo.
3. Coloma Torres, C. P., & Reyes Cevallos, H. J. (2021). *Diseño y construcción del sistema de freno hidráulico para el banco de pruebas del motor de combustión interna de 1400 cc de la Universidad Politécnica Salesiana* (Bachelor's thesis).
4. García-León, R. A., Echavez Díaz, R. D., & Flórez Solano, E. (2018). Análisis termodinámico de un disco de freno automotriz con pilares de ventilación tipo NACA 66-209. *Inge Cuc*.
5. Gutiérrez González, E. (2019). Diseño del sistema de frenado de un vehículo FSAE.
6. Lita, K. E. Y., Olaves, L. E. G., Campaña, G. G. R., & Terán, J. C. R. (2021). Estudio eficiencia en frenado con empaques de fricción local e importados en vehículos de categoría N1 bajo norma EC13H. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(6), 280-

Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

- 300.de la Unión Europea, D. O. (2015). Reglamento no 13-H. *Europa de las Naciones Unidas (CEPE)*.
7. Barberán Benavides, S. J. (2018). Diseño de estrategias de marketing para Toyota del Ecuador SA empresa comercializadora de vehículos. caso: modelos Hilux (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).
  8. Sanmartín Vaca, D. F., & Marcillo Loayza, M. A. (2018). Estudio de las presiones hidráulicas en un sistema de frenos ABS.
  9. Balla, C., & Sebastián, E. (2014). *EL AIRE COMPRIMIDO, SU APLICACIÓN, EFECTOS Y VENTAJAS EN EL SISTEMA DE FRENO DE AIRE COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ, DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN TÉCNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. PERIODO AÑO LECTIVO 2012-2013* (Bachelor's thesis, Riobamba, UNACH 2014).
  10. Tufiño Ortega, W. M. (2021). Mantenimiento y reparación del sistema de frenos de aire en los vehículos isuzu a diésel, dirigido a los choferes de la cooperativa de Transporte Trans Pusuquí (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
  11. Cisneros Topete, A. (2018). Metodología para la caracterización y optimización del sistema de frenado diseñado para vehículos pesados (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
  12. Groczewski Perote, C. (2019). Diseño y optimización del sistema de frenada de un vehículo monoplaza.
  13. Barba Nieto, Á. (2019). Laboratorio virtual para la medición de las fuerzas de frenado en inspección del parque de vehículos industriales. <https://doi.org/10.1504/IJHVS.2015.073200>.
  14. Ni, W. T. (2013). ASTROD-GW: Overview and progress. *International Journal of Modern Physics D*, 22(01), 1341004.
  15. Abdo Almeida, Á. W. (2014). Estudio de factibilidad para crear una empresa de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de frenos en vehículos livianos (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).

## Análisis de eficiencia de frenado de la válvula compensadora de peso en el eje posterior, para mejorar la seguridad del vehículo

---

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).