



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

**“ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL FRENÓMETRO PARA
MEDIR EFICIENCIA DE FRENADO EN VEHÍCULOS LIVIANOS
EN LA EMPRESA ATA IRH. SAC”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTORES:

DELVER BRAVO CORDOVA

ASESORES:

ING.MSC.JAMES SKINER CELADA PADILLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

“MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS”

CHICLAYO- PERÚ

2016

PÁGINA DEL JURADO

**ING. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA
PRESIDENTE**

**ING. JAMES SKINNER CELADA PADILLA
SECRETARIO**

**ING. JUAN CARLOS VIVES GARNIQUE
VOCAL**

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a Él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mi esposa y mi hijo, por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente ya que son el motivo que me impulsa a seguir adelante, y a mis hermanos y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Delver Bravo

AGRADECIMIENTO

Hijo, eres mi orgullo y mi gran motivación, libras mi mente de todas las adversidades que se presentan, y me impulsas cada día a superarme en la carrera de ofrecerte siempre lo mejor. No es fácil, eso lo sé pero tal vez si no te tuviera, no habría logrado tantas grandes cosas, tal vez mi vida sería un desastre si ti.

Le agradezco al padre santo por ponerme en frente a este hermoso hijo que me ha enseñado muchas sabias lecciones para la vida.

Muchas gracias hijo, porque sin tu motivación, no habría logrado desarrollar con éxito mi tesis.

Delver Bravo

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Delver Bravo Córdova, con **DNI N° 42556381**, a efecto con cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, facultad de **Ingeniería**, escuela de **Ingeniería mecánica eléctrica**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 03 de diciembre del 2016

Delver Bravo Córdova

DNI N° 42556381

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante Ustedes la tesis titulada “Análisis del funcionamiento de frenómetro para medir la eficiencia de frenado en vehículos livianos en la empresa ata IRH SAC”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero mecánico electricista.

Delver Bravo Córdova

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2 trabajos previos.....	13
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	17
SIMULACIÓN DE CARGA	27
1.4 Formulación del problema.	54
1.5 Justificación del estudio.	54
1.6 Hipótesis.	54
1.7 Objetivos.	54
1.7.1 General.....	54
II. METODO.....	55
2.1 Diseño de investigación.....	55
2.2 variable, operacionalización.....	55
2.3 población y muestra	57
2.3.1 Objeto de análisis (OA).-.....	57
2.3.1 Población (N).-.....	57
2.3.2 Muestra (n).-	57
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	58
2.5 métodos de análisis de datos.-	58
2.6 aspectos éticos.-	59
III. RESULTADOS.....	59
VI. DISCUSIÓN.....	64

V. CONCLUSIÓN	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. PROPUESTA	67
VIII. REFERENCIAS.....	68
ANEXOS.....	70

RESUMEN

En el presente trabajo se analizó los diferentes métodos para la medición de eficacia de frenado para el uso de vehículos livianos en la empresa ata IRH SAC en el departamento de Lambayeque. Se ha analizado los diferentes métodos que se utilizan para medir la eficacia además se analizó la directiva 2009/40/CE, todas las directivas tiene que estar bajo la norma ISO 21069-1:2004, lo fundamental de la norma es como debemos hacer para vehículos cargados, porque tenemos casos como vehículos livianos que cargan pasajeros y no se pueden llevar los pasajeros a centro de ITV.

Se ha analizado los diversos factores que pueden favorecer y que también perjudican al desarrollo de esta industria.

Dicha evaluación permitió minimizar las inversiones a realizar y cumplimiento los requisitos en dicha directiva sosteniendo una inspección de frenado relativamente simple, rápida y barata.

El presente trabajo puede ser implementado en la empresa ATA IRH S.A.C. para que brinde este servicio y también por nuevas empresas que actualmente deseen ingresar a este mercado de inspecciones.

Palabras Claves: Eficacia de frenado inspección técnica Vehicular, ISO 21069

ABSTRACT

In the present work, the different methods for the measurement of braking efficiency for the use of light vehicles in the company ata IRH SAC in the department of Lambayeque were analyzed. The different methods used to measure effectiveness were analyzed. In addition, the directive 2009/40 / CE was analyzed. All directives have to be under ISO 21069-1: 2004. Vehicles loaded, because we have cases like light vehicles that carry passengers and can not take passengers to ITV center.

It has analyzed the various factors that may favor and also hurt the development of this industry.

This evaluation made it possible to minimize the investments to be made and to comply with the requirements in the directive by maintaining a relatively simple, rapid and inexpensive braking inspection.

The present work can be implemented in the company ATA IRH S.A.C. To provide this service and also by new companies that currently wish to enter this market of inspections.

Keywords: Braking efficiency vehicle technical inspection, ISO 21069

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Nivel internacional

En el año 2004, se gesta un proyecto de investigación contratado en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) de la Universidad de Costa Rica (UCR), para desarrollar y validar seis métodos de calibración de equipos de inspección vehicular, entre ellos el método para calibrar los frenómetros para motocicletas, para vehículos livianos y para vehículos pesados. (Díaz, 2004, p35.).

Este método establece la forma de ejecución y la evaluación de la incertidumbre del proceso de calibración de los frenómetros utilizados para evaluar la eficacia de frenado de motocicletas, de vehículos livianos y de vehículos pesados (Díaz, 2004, p35.).

Se calibran tres tipos de frenómetros: los de motocicletas y vehículos livianos en su escala de fuerza; los universales (utilizados para vehículos pesados) en su escala de fuerza y masa.

Díaz (2004) señala que para calibrar el frenómetro en su escala de fuerza, se coloca la barra de calibración, de forma horizontal respecto al suelo, y con la barra de contrapeso se asegura la indicación a cero. La masa patrón se coloca en la primera muesca certificada de la barra, simulando un valor de fuerza conocido que se compara con la indicación que muestra la consola del frenómetro.

El proceso descrito se realiza en todas las muestras certificadas de la barra de calibración 0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 3 kN para motocicletas; los puntos anteriores, 4 kN y 5 kN para vehículos livianos; 3 kN, 6 kN, 9 kN, 12 kN, 15 kN para vehículos pesados), en orden ascendente, y se repite pero en sentido descendente. Se registran la temperatura y la humedad relativa del sitio antes y después de la calibración (Díaz, 2004, p37.).

Para calibrar el frenómetro en su escala de masa, Díaz (2004) apunta que se registra la indicación de masa del frenómetro libre de peso y, luego, se colocan 250 kg en masas distribuidas uniformemente. El valor conocido de masa se compara con la indicación que muestra la consola del frenómetro. El proceso descrito se repite para 500 kg, 750 kg, 1 000 kg y 1 250 kg, en orden ascendente, y se repite pero en sentido descendente (Díaz, 2004, p37.).

Nivel Nacional

En el Perú se utilizan tres tipos de frenómetros de rodillos: frenómetros para motocicletas, frenómetros para vehículos livianos, y frenómetros universales. En este proyecto de investigación voy a presentar un diseño de frenómetro para medir la eficiencia de frenado de vehículos livianos y los principales resultados de validación.

Para la verificación del estado del sistema de frenos de los vehículos se utiliza un frenómetro. Con él se evalúa la eficacia de frenado; es decir, la relación entre la fuerza total de frenado del vehículo y el peso de este, expresada en porcentaje.

En el Perú se utilizan tres tipos de frenómetros de rodillos: frenómetros para motocicletas que permiten cargas hasta 1000 kg. La medida de fuerza de frenado se obtiene a través de una señal eléctrica al sistema de adquisición de datos gobernado por el microprocesador. Además existen frenómetros de motocicletas portátiles que soportan hasta una carga máxima por eje de 400 kg. Existen frenómetros para vehículos livianos que soportan cargas de hasta 4 toneladas cuya potencia del motor eléctrico es de 2x4,6 kw. con velocidad de ensayo de 5,5 km/h, también existen, frenómetros para vehículos livianos que soportan cargas de hasta 8 toneladas cuya potencia del motor eléctrico es de 2x5,6 kw. Con velocidad de ensayo de 5,5 km/h.

Local.

Existen empresas que brindan el servicio de revisiones técnicas vehiculares en Chiclayo. Sin embargo, todavía se presentan problemas comunes en el frenado de vehículos como: bloqueo de ruedas delanteras y traseras, balatas vitrificadas, el pedal rebota, el pedal sigue bajando si se mantiene pisado, el pedal no vuelve a su altura de reposo o no se mantiene fijo bajo presión, el pedal tiene excesivo recorrido, el coche se jala hacia un lado al frenar, etc.

Es por ello que es necesario diseñar un frenómetro que mida la eficiencia del frenado en **vehículos** livianos en la Empresa ATA IRH. SAC”

1.2 trabajos previos.

Rodriguez y Ramirez (2013, p.103-104), en su trabajo de investigación titulado "Análisis y optimización de cálculo de la incertidumbre de un frenómetro". Madrid, explica: La deceleración depende básicamente de la adherencia de las superficies de contacto y su valor debe medirse de forma experimental. Es por este motivo que para medir el grado de deceleración en el frenado se recurre a valorar el rendimiento o eficacia de frenado de los automóviles. La eficacia de frenado de un automóvil se mide de forma porcentual, en función del peso que gravita sobre las ruedas y la fuerza de frenado aplicada a las cuatro ruedas. En realidad, lo que da a conocer la eficacia de frenado de un automóvil es el grado de deceleración que se produce en el vehículo al frenar.

En este trabajo de investigación se concluye que: La incertidumbre que más difiere de los límites del intervalo es la debida al montaje. Al contrario que en el ensayo de vehículos ligeros, en este caso, el sistema utilizado para realizar la calibración, es más complejo, y requiere más precisión. Para poder producir un mayor par, se introducen más elementos en el sistema unidos entre sí. Evidentemente, a medida que aumenta la complejidad del equipo de medida, aumentan los errores debidos al montaje. Por último, se observa que la incertidumbre debida al rozamiento es significativa en ambos casos. Un buen agarre entre neumático y rodillo, es imprescindible para poder llevar a cabo el ensayo. El deslizamiento entre ambos elementos, implicaría la obtención de medidas erróneas y disparatadas. En el análisis de la sensibilidad de los parámetros de la fuerza patrón, tanto en la expresión teórica de la fuerza de frenado en el ensayo de vehículos ligeros como en el ensayo de frenómetro universal, existen parámetros que permanecen constantes ensayo tras ensayo. Estos son la gravedad y la masa. La incertidumbre que puede provocar la influencia de la gravedad es despreciable frente a cualquiera del resto de parámetros que intervienen en la expresión. La masa, calibrada externamente, al ser una referencia, un patrón, también produce desviaciones despreciables comparadas con otras variables. Para la expresión de vehículos ligeros, existe otro parámetro que también es una medida patrón,

que se calibra externamente al ensayo y que su incertidumbre no es relevante (siempre que esté bien medida y calibrada). Este parámetro es la distancia patrón, es decir, la barra de calibración. Sin embargo, existe una variable que se mide directamente al realizar el ensayo, y cuya incertidumbre influye significativamente en los resultados. El diámetro de los rodillos. La imprecisión que puede conllevar cualquier error humano al medir, provoca que este parámetro sea el más significativo de la expresión. (Igual para frenómetro universal) Por otro lado, en la expresión del frenómetro universal, aparece otra variable significativa que también hay que tener muy en cuenta a la hora de realizar los cálculos. Esta es la longitud de la barra L3. En este caso, esta distancia viene fijada por el fabricante, pero es preciso que esté bien medida ya que el cálculo de la fuerza deriva de aplicar momentos en las barras. Por tanto, esta longitud es crítica para obtener un buen, o mal resultado

Solano (2009, p. 10) en su artículo científico titulado “Validación de un modelo matemático para la calibración de frenómetros para motocicletas y para vehículos livianos” Costa Rica. Concluye en lo siguiente:

1.- El nuevo modelo matemático propuesto para la calibración de frenómetros para motocicletas y para vehículos livianos es adecuado para el uso previsto, dado que cumple con el parámetro de evaluación del desempeño: índice de idoneidad mayor a uno.

2.- Para el nuevo modelo matemático fueron cuantificadas trece fuentes de incertidumbre y luego de ser evaluadas se concluye que más del 90 % de la incertidumbre estándar combinada lo aportan las incertidumbres asociadas a las mediciones del diámetro del rodillo, a la repetitividad y reproducibilidad del método, y al efecto de histéresis mecánica del sistema de medición.

3. Al comparar las mejores capacidades de medición, MCM, se puede observar que la MCM del nuevo modelo matemático mejora en un 20 % con respecto a la obtenida en el modelo descrito por (Díaz, 2004).

Senabre, Velasco y Valero (2010, p. 10-11) en su artículo científico titulado “Análisis de datos de frenada de un vehículo sobre banco de rodillos de ITV y

suelo plano variando el peso en el eje delantero y la presión de los neumáticos” de la Universidad Miguel Hernández, Elche, España. Concluye: El estudio ha sido realizado controlando al máximo que las condiciones de medida fueran las mismas en tanto en la prueba sobre banco de ITV como sobre pista. Aun así, hemos podido comprobar la gran deferencia en ambos casos en las medidas presión a ejercer en el circuito de frenos del vehículo para detenerlo antes de obtener el 100% de deslizamiento. Además vemos una tendencia antagónica en ambos tesis que siguen las mediciones de la presión de frenada con respecto del deslizamiento para las distintas presiones de inflado del neumático. En suelo Análisis de datos de frenada de un vehículo sobre banco de rodillos de ITV y suelo plano variando el peso... 11 plano se ha demostrado que conforme aumentamos la presión de inflado del neumático vamos a necesitar un menor esfuerzo de frenada antes de tener el deslizamiento máximo, y por lo contrario en la prueba sobre rodillos al aumentar la presión de inflado necesitaremos incrementar a su vez el esfuerzo de frenada, es decir tendremos que incrementar la presión en el circuito de frenos obtener deslizamiento 100%. Según el presente estudio podemos concluir que conforme vamos aumentado la presión de inflado en los neumáticos el frenómetro recoge medidas que se acercan más a las realizadas sobre suelo plano.

En definitiva, una baja presión de inflado al realizar el test de frenada en el frenómetro de ITV nos da valores de presión del circuito de frenos que difieren hasta en un 65% menos de la frenada real que se produciría en el suelo plano. Esta diferencia se ha cuantificado con el uso de un factor corrector llamado “V” que corresponde a una ecuación relacionada con el valor de inflado de los neumáticos y que nos permite extrapolar la medida de frenada de itv con un valor de presión del neumático conocido a una medida teórica en suelo plano. Las diferencias en las medidas de ambas pruebas podrían deberse a: 1º. Los fenómenos a comparar son visiblemente distintos: Sobre suelo plano, prueba 2, estamos midiendo la presión en el circuito de frenos necesaria para detener un vehículo y en el banco, prueba 1, estamos midiendo la presión necesaria para ser expulsado del banco. 2º. Que en suelo plano al frenar se debe contrarrestar una inercia de avance que no existe en la prueba sobre rodillos. 3º. Que el área de contacto entre la rueda y la superficie de rodadura del

banco de rodillos ITV disminuye conforme aumenta la presión de inflado, por lo que una mayor área friccionando con los rodillos necesitará un mayor esfuerzo de frenada. 4º. Según unas medidas realizadas con el vehículo estático la huella de contacto entre la rueda y el rodillo para cualquier presión de inflado siempre es inferior al área de contacto de la rueda sobre suelo plano. De esta manera queda demostrado que la eficacia de la media depende directamente no solo del estado de los frenos sino también de la presión de los neumáticos en el momento de realizar la prueba en el frenómetro demostrando que es necesario el uso de un factor V que corrija las medidas realizadas en las estaciones de ITV. Por el contrario aun en el caso de no poder modificar la presión de inflado del neumático hemos visto que las medidas de los bares en el circuito de freno siguen una tendencia clara para las distintas presiones de neumático y hemos indicado “factor del neumático” que corresponde a la ecuación de la tendencia de la medida de presión frenos para ambas pruebas que prevea comportamientos de frenada no experimentados teniendo algunos valores obtenidos de la experimentación. Por último concluimos que el factor “V” no debe depender del peso sobre el eje delantero ya que para una misma presión de neumático los bar-freno registrados al incrementar un máximo de 108kg de peso solo incrementan solo en un 7.5%.

Criado (2012, p. 177-178), en su trabajo de investigación titulado: “Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo fórmula student” de la universidad Carlos III de Madrid, en sus conclusiones manifiesta que no solo ha permitido adquirir un amplio conocimiento sobre los sistemas de frenado y sobre la competición, complementarios a la formación adquirida, sino que ha sido un paso más allá, se ha conseguido, diseñar un sistema de frenado para un prototipo Formula SAE. Se ha logrado que este sea lo más ligero posible el cual permita alcanzar una deceleración de 1,6 g aprovechando la máxima adherencia de los neumáticos. También se ha tenido en cuenta los esfuerzos sometidos a cada uno de los ejes para conseguir que la acción de frenada sea segura y transmitida a nuestro piloto la misma sensación de seguridad. Por otro lado, se ha demostrado y justificado cada una de las elecciones que se han llevado a cabo en dicho diseño obteniendo finalmente un sistema de

frenado con cuatro conjuntos discos- pinza. Estos conjuntos se distribuyen de la siguiente manera: dos en el eje delantero situados en el interior de cada una de las ruedas debido a su direccionalidad y para el eje trasero también se han elegido dos conjuntos disco pinzas, pero en este caso sobre cada uno de los semiejes en la salida del diferencial, de esta manera se reducirá la proporción de masas no suspendidas del total del vehículo.

También se ha demostrado cómo la elección y el diseño de un sistema de frenado no se puede guiar por una metodología independiente para cada uno de sus componentes, sino que todos están estrechamente relacionados y hay que elegirlos y estudiarlos cuidadosamente en su conjunto.

1.3 Teorías relacionadas al tema.

Frenómetro

En función de la carga máxima admisible en el frenómetro se calcula la fuerza de frenada máxima que se puede obtener en cada rueda que viene dada por:

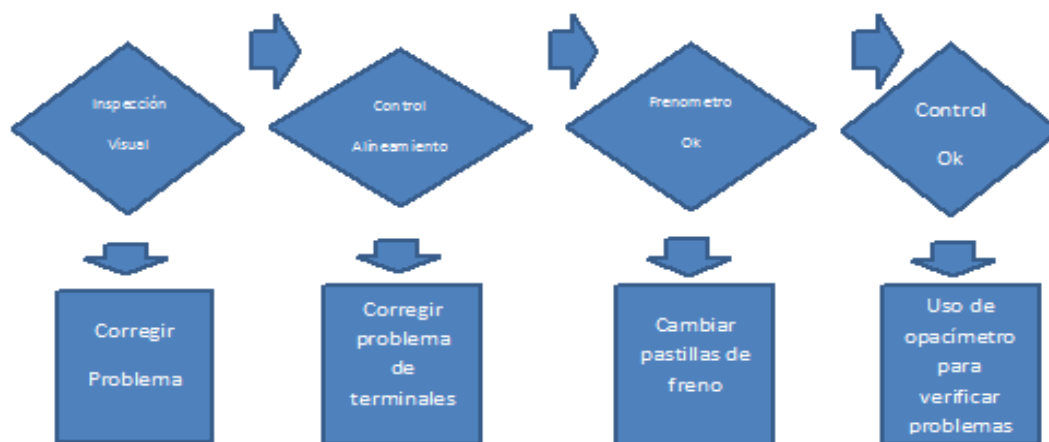
$$F = 0.5 \cdot m \cdot g \cdot \mu$$

m = carga máxima por eje en kilogramos

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

μ = Co-eficiente de adherencia neumático - frenómetro

Figura 1



Según Gonzales- Carpena (2012, p.207-208), calcular la eficiencia es mediante la siguiente formula:

$$E = \frac{F}{MMA \times g} \times 100$$

Dónde:

E: Valor de la eficacia en %.

F: Suma de todas fuerzas de frenado en Newton (suma de las lecturas del frenómetro para todas las medas).

MMA: Masa Máxima Autorizada del vehículo en kg (si se trata de semirremolques, suma de las masas máximas autorizadas por eje)

g: Aceleración de la gravedad (aproximada a 9,8 m/s-)

Este dato de eficacia vendrá dado en tanto por ciento y es un valor indicativo del estado y actuación global del sistema de frenos del vehículo.

Características constructivas de los frenómetros de rodillos

“Los frenómetros de rodillos para vehículos livianos está conformado por dos plataformas que poseen cuatro rodillos incrustados en el suelo sobre los que se colocan las llantas del vehículo por inspeccionar (Figura 2)” (Solano, 2009, p.36).

Figura 2

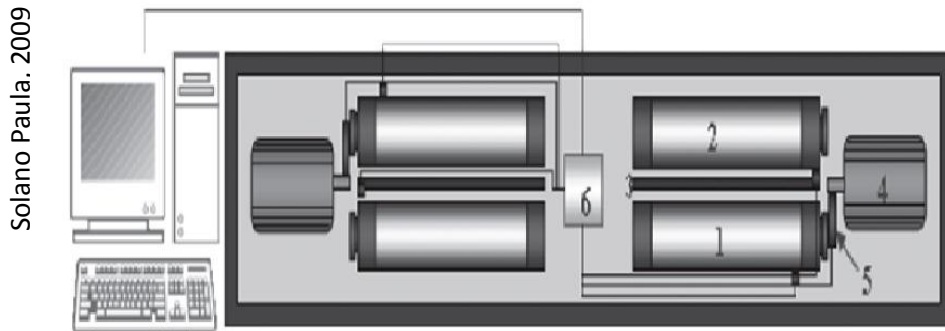


Diagrama de un frenómetro para vehículo liviano.

El primer método de calibración de frenómetro utilizado en costa rica

En el año 2004, se aventura un proyecto de investigación contratado en el Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII) de la Universidad de Costa Rica (UCR), en la que:

Desarrolla y aprueban seis métodos de calibración de equipos de inspección vehicular, entre ellos el método para calibrar los frenómetros para motocicletas, para vehículos livianos y para vehículos pesados. Este método establece la forma de ejecución y la evaluación de la incertidumbre del proceso de calibración de los frenómetros utilizados para evaluar la eficacia de frenado de motocicletas, de vehículos livianos y de vehículos pesados. Se calibran tres tipos de frenómetros: los de motocicletas y vehículos livianos en su nivel de fuerza; los universales (utilizados para vehículos pesados) en su nivel de fuerza y masa. Los patrones a utilizar en el proceso de calibración se mencionan en el Cuadro 1. (Solano, 2009, p.37).

Cuadro 1

Tipo de frenómetro	Patrones	
	Escala de Fuerza	Escala de masa
Para motocicletas y para vehículos livianos	Masa de 30 kg. Barra de calibración com muescas certttificadas en las distancias equivalentes a 0.5 KN, 1 KN, 2 KN, 3 KN, 4 KN, 5 KN, indicador de temperatura y humedad relativa	No aplica
Universales	Masa de 30 kg. Barra de calibración com muescas certttificadas en las distancias equivalentes a 3 KN, 6 KN, 9 KN, 12 KN, 15 KN, indicador de temperatura y humedad relativa	1250 kg en masas

Solano Paula, 2009

Patrones para calibrar los tres tipos de frenómetros

Para calibrar el frenómetro en su nivel de fuerza, se coloca la barra de calibración, de forma horizontal respecto al suelo, y con la barra de contrapeso se asegura la indicación a cero. La masa patrón se coloca en la primera muesca certificada de la barra, simulando un valor de fuerza conocido que se compara con la indicación que muestra la consola del frenómetro. (Solano, 2009, p.37).

El proceso descrito se realiza en todas las muescas certificadas de la barra de calibración 0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 3 kN para motocicletas; los puntos anteriores, 4 kN y 5 kN para vehículos livianos; 3 kN, 6 kN, 9 kN, 12 kN, 15 kN para vehículos pesados), en orden ascendente, y se repite pero en sentido descendente. Se registran la temperatura y la humedad relativa del sitio antes y después de la calibración. (Solano, 2009, p.37).

Proceso de inspección vehicular

“La inspección técnica vehicular es el conjunto de acciones realizadas para la verificación del estado de los vehículos automotores” (Solano, 2009, p.35).

“El proceso de inspección vehicular incluye la inspección visual de la estructura del vehículo, tal como el estado de las llantas, el parabrisas, las luces, los cinturones de seguridad, entre otros” (Solano, 2009, p.35)

También se inspecciona el alineamiento, de la dirección, la suspensión, los frenos y los niveles de contaminantes en el gas de escape.

Fuerza de frenado

“Cuando el conductor pisa el acelerador, se produce un incremento de la velocidad (aceleración), y si pisa el pedal del freno, lo que se produce es un decremento de la velocidad (desaceleración)” (Aenor, 2007, p.30).

La aceleración se define como la variación de velocidad por unidad de tiempo. Ligado al proceso de aceleración, aparece la fuerza de inercia. Esta fuerza se define como la resistencia que opone el vehículo al cambio de movimiento. Su magnitud depende de la masa del vehículo en función de la aceleración o deceleración aplicada. Cuando se quiere detener un vehículo, lo primero que se hace es soltar el acelerador. De esta manera se suprime la fuerza de impulsión y se inicia la deceleración del vehículo. A partir de este momento, el desplazamiento depende directamente de la fuerza de inercia generada en la deceleración. A continuación se pisa el freno. Al no existir ninguna fuerza impulsora, la fuerza de frenado que se debe aplicar para anular el movimiento depende directamente de la oposición que ejerce la fuerza de rozamiento. (Aenor, 2007, p.30).

En base a estos conceptos, pueden aparecer dos situaciones:

Frenado estable

“Si la fuerza de frenado aplicada es menor que la fuerza de inercia, la resultante de la fuerza es positiva. Por tanto, en este caso la velocidad del vehículo disminuye de manera progresiva y segura” (Aenor, 2007, p.30).

Frenado inestable

“Si por el contrario la fuerza de frenado aplicada es mayor que la fuerza de inercia, la resultante de la fuerza es negativa” (Aenor, 2007, p. 34).

En esta situación el par resistente generado por la fuerza de frenado (contrario al giro de las ruedas), produce el bloqueo de las ruedas y en resultado se provoca el deslizamiento de las mismas. Por tanto, la condición que se debe cumplir para que no se produzca el deslizamiento, es que la deceleración generada en la frenada no debe superar el límite de adherencia entre neumático y calzada. (Aenor, 2007, p. 34).

Eficacia de frenado

La deceleración y detención de los automóviles es resultado de la acción de las fuerzas del sistema de frenos en combinación con la adherencia de los neumáticos al asfalto.

Si no existe adherencia entre la superficie de contacto de los neumáticos y el asfalto, la frenada y deceleración del automóvil es nula y el vehículo no se detiene. Cuanto más elevada sea la adherencia entre la superficie de contacto de los neumáticos y la calzada, mayor fuerza de rozamiento de los neumáticos, mayor deceleración y menor tiempo y espacio recorrido en la frenada. (Aenor, 2007, p. 48).

Distancia de frenado

“La distancia de frenado es el tiempo recorrido por el vehículo automóvil desde el momento que se acciona el freno hasta que el vehículo se detiene por completo” (Aenor, 2007, p. 48).

Parámetros a medir y valorar

Los daños del sistema de frenos de un vehículo no son muy frecuentes si se lleva a cabo el adecuado mantenimiento.

Por ello, es importante efectuar los controles pertinentes mediante un ensayo de frenado en frenómetros. Al final del ensayo podrán valorarse los siguientes parámetros:

Eficacia de frenado Este parámetro se calcula tanto para el freno (pisando el pedal del freno), como para el freno de mano (tirando de la palanca). El valor admisible recomendable tiene que ser igual o superior al 60% para los dos frenos de servicio, e igual o superior al 20% para el freno de estacionamiento.

Simetría de la frenada el ensayo se realiza simultáneamente para las dos ruedas de un eje, de manera que el equipo recoge dos lecturas de fuerza (una por cada rueda). Si ambos valores son similares, el sistema ensayado está equilibrado. Si se recoge una diferencia superior al 10% en la lectura, significa que existen incoherencias en la frenada.

Fuerza aplicada al pedal de freno por el conductor mediante un dinamómetro (también denominado pisómetro) colocado en el pedal de freno, se puede registrar la fuerza máxima que se aplica hasta que se bloquean los rodillos. Además de los parámetros descritos, podrán ser medidos y evaluados otros parámetros que se consideren necesarios para la evaluación del sistema de frenada. Entre ellos, se destaca la ovalidad. (Rodríguez, 2003)

PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN EXISTENTES

DIRECTIVA 2010/48/UE

Se entiende por eficacia de frenado (E) la relación de las fuerzas de frenado con respecto a la masa máxima autorizada (MMA) o, si se trata de semirremolques, a la suma de las cargas por eje autorizadas. Se trata de un valor indicativo del estado y actuación global del sistema de frenos del vehículo.

La eficacia de frenado se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{F}{MMA \times g} \times 100$$

Donde:

E: eficacia de frenado (%)

F: suma de todas fuerzas de frenado, en este caso, suma de las lecturas del frenómetro para todas las ruedas (N).

MMA: Masa Máxima Autorizada del vehículo (kg). Si se trata de semirremolques, suma de las masas máximas autorizadas por eje.

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

Como norma general, los vehículos con MMA > 3.500 kg se inspeccionarán en un estado de carga tal que permita alcanzar los valores de eficacia mínimos definidos en el método y no suponga peligros o molestias para el personal o usuarios de la estación. Pero si se dispone de métodos de simulación de carga, se podrán aplicar en función de las características técnicas del vehículo.

También, las estaciones que dispongan de los medios adecuados podrán someter a los vehículos de más de 3.500 kg de MMA con sistema de frenado puramente neumático a la prueba de frenado según el método de extrapolación

de dos puntos descrito en la norma ISO 21069-1 o método equivalente. Esta opción sólo se aplicará a vehículos con conexiones de prueba para la medida de presiones de frenado normalizadas, accesibles y operativas.

La parte 1 de la norma ISO 21069 especifica cómo determinar la eficacia de frenado en un frenómetro de rodillos de los vehículos de carretera que tengan una masa máxima autorizada total de más de 3500 kg y estén equipados con sistemas de frenos neumáticos. Es decir, no puede aplicarse a los vehículos con sistema de frenado hidroneumático, que son prácticamente todos los vehículos comprendidos entre 3500 y 12000 kg, que corresponde aproximadamente con el 15 % del parque de vehículos industriales que existen en España (Figura 1). Aunque también se aplica a los sistemas electrónicos de frenado (EBS).

El propósito de esta norma es establecer un protocolo de actuación que asegure unos resultados de medición estandarizados, dando lugar a una evaluación fiable de la eficacia de frenado de servicio.

La eficiencia de frenado se realiza directamente midiendo la fuerza de frenada del vehículo, Se calcula como:

$$Z_{Mlad} = \frac{\sum F_i}{F_{Mmax}} ; \text{para vehiculos a motor}$$

$$Z_{Rlad} = \frac{\sum F_i}{F_{Rmax}} ; \text{para remolques y semirremolques}$$

Donde:

Z_{Mlad} : eficacia de frenada de vehículo cargado (en tanto por uno)

Z_{Rlad} : eficacia de frenada de remolque o semirremolque cargado (en tanto

por uno)

F_i : fuerza de frenado en la circunferencia del neumático sobre el eje i (N).

$F_{M \max}$: reacción estática máxima del vehículo (N).

$F_{R \max}$: reacción estática máxima de todos los ejes del semirremolque (N).

Por otro lado, la norma establece el método de extrapolación de un punto, que se realiza mediante el método de inspección mecanizada con la ayuda de un frenómetro o dispositivo adecuados y midiendo la presión de aire en los cilindros de freno para verificar en el mismo la relación de las fuerzas de frenado respecto a la masa real con la que el vehículo se presenta a inspección, extrapolando posteriormente a un valor fijo de presión de aire correspondiente a vehículo cargado.

Se deben de tener en cuenta las siguientes prescripciones:

Se debe de alcanzar al menos un 30 % de la presión de diseño del pulmón de freno, ya sea cargando ligeramente el vehículo o con simulación de carga.

La presión de partida que marca el primer punto de la recta de extrapolación se considera fijo a 40 kPa (0,4 bar) y 0 N.

La extrapolación se realizará a la presión mínima de diseño

P_{Aladi}

La eficacia de frenado se determina por la expresión:

$$z_{Mlad} = \frac{\sum F_{Bi}}{F_{M \max}} ; \text{para vehiculos a motor}$$

$$z_{Rlad} = \frac{\sum F_{Bi}}{F_{R \max}} ; \text{para remolques y semirremolques}$$

Siendo:

$$F_{Bi} = F_i R_{pi}$$

$$R_{pi} = \frac{P_{Aladi}^{-40}}{P_{Ai}^{-40}}$$

Donde:

F_{Bi} : fuerza de freno extrapolada a la presión P_{Aladi} (N).

P_{Aladi} : mínima presión de actuación de los pulmones de freno en el eje i cuando el vehículo va cargado (kPa).

P_{Ai} : presión de actuación en el eje i (kPa).

Finalmente, propone el método de extrapolación de dos puntos, realizándose como el anterior, pero tomando otro valor de frenada en lugar de considerar el primer punto fijo.

Teniendo en cuenta las prescripciones del método de extrapolación de un punto, la eficacia de frenado se determina con la siguiente expresión:

$$z_{Mlad} = \frac{\sum F_{Bi}}{F_{Mmax}} ; \text{para vehiculos a motor}$$

$$z_{Rlad} = \frac{\sum F_{Bi}}{F_{Rmax}} ; \text{para remolques y semirremolques}$$

Siendo:

$$F_{Bi} = F_{Hi} + R_{Fi} (P_{Aladi} - P_{AHi})$$

$$R_{Fi} = \frac{F_{Hi} - F_{Li}}{P_{AHi} - P_{ALi}}$$

Donde:

F_{Hi} : fuerza de frenado en la circunferencia del neumático sobre el eje i a la presión de actuación P_{AHi} (N).

P_{AHi} : presión de actuación más alta en el eje i (Kpa).

F_{Li} : fuerza de frenado en la circunferencia del neumático sobre el eje i a la presión de actuación P_{ALi} (N).

P_{ALi} : presión de actuación más baja en el eje i (kPa).

SIMULACIÓN DE CARGA

Según Gonzales - Carpena (2015, p. 168-169), en el caso de que no se alcancen los 2 bares de presión en alguno de los ejes para el método de extrapolación o los 2/3 de la MMA para el método sin extrapolación, se puede suplementar con técnicas de simulación de carga tales como:

Traslado de los vehículos

Aplicación de cargas en el chasis

Elevación de alguno de los ejes

Otros.

EL SISTEMA DE FRENO

El sistema de freno de una unidad móvil resulta esencial para el vehículo. Se trata del sistema que otorga la capacidad de reducir la velocidad del vehículo cuando está en marcha incluso llegando a detenerlo si fuera necesario. (Criado, 2012, p.10)

El principio en el que se basa el sistema de frenado es en la reducción de la energía cinética, producida por el movimiento del vehículo, y/o potencial transformándola en energía calorífica. (Criado, 2012, p.10)

Según Criado (2012, p.11), desde que se acciona el pedal de freno se inicia un procedimiento generalizado de la operación de frenado en los vehículos automóviles que se configura por las fases señaladas a continuación:

- 1) El conductor acciona el pedal de freno, e inicia la fase de frenado.
- 2) Tiempo de respuesta que pasa desde que se acciona el pedal de freno hasta que se genera la fuerza de frenado en las ruedas.
- 3) Etapa en la que se produce el aumento de la fuerza de frenado hasta alcanzar su valor de máxima eficacia, próximo al 75% de la presión de frenado.
- 4) Valor de máxima deceleración en el proceso de frenado.
- 5) Duración real de la frenada
- 6) Detención del automóvil.
- 7) Efecto de inercia que se produce al soltar el pedal de freno.

Las principales fuerzas en el proceso de frenado del vehículo son las que podemos observar en la siguiente figura:

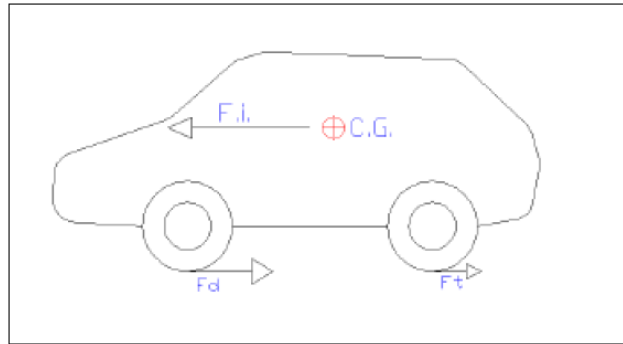


Figura 3. Fuerzas principales en el proceso de frenado.

Esta situación supone que tanto el dimensionamiento de los frenos delanteros y traseros, así como las características del material de fricción de las pastillas, han de tener distintas dimensiones y/o factores para evitar el bloqueo de las ruedas traseras. Ya que de producirse el bloqueo del eje trasero traerá consecuencias desfavorables como veremos más adelante. (Criado, 2012, p.12)

Fuerzas y momentos que actúan en el proceso del frenado

a) Fuerza de frenado

Tenemos que decir que la fuerza de frenado máxima así como la fuerza de tracción máxima, tienen dos límites. En ambos casos es el impuesto por el conjunto neumático-suelo. En lo referente a las fuerzas de frenado, existe otro límite impuesto que es el que tiene el sistema de freno y en lo relativo a las fuerzas de tracción máxima que es el que impone la potencia del motor. Sin embargo, el límite crítico es el impuesto por la adherencia existente entre el neumático y el suelo, ya que cuando se rebosa ese límite, se produce el bloqueo de las ruedas sobre el pavimento. (Criado, 2012, p.14)

b) Resistencia a la rodadura

Intervienen como fuerzas retardadoras en el proceso de frenado. Aunque realmente su influencia es pequeña frente a la fuerza de frenado, ayudan

durante el proceso de deceleración. La resistencia a la rodadura está compuesta, fundamentalmente, por la fricción neumático-suelo y pérdidas mecánicas en el sistema de transmisión. Su valor es totalmente pequeño en comparación con las otras fuerzas en juego. Podemos decir que el valor de la resistencia a la rodadura crece casi proporcionalmente a la velocidad. (Criado, 2012, p.14)

c) Acciones aerodinámicas

En el movimiento del automóvil también existen fuerzas aerodinámicas, las fuerzas aerodinámicas son importantes a altas velocidades ya que su valor aumenta con el cuadrado de la velocidad que el vehículo lleve. En la siguiente tabla podemos ver un ejemplo de cómo varían las resistencias en función de la velocidad del vehículo, así como la potencia que necesita desarrollar el mismo para un vehículo de tamaño medio. (Criado, 2012, p.14)

Velocidad (Km/h)	Resistencia Aerodinámica (Kg)	Resistencia a la Rodadura (Kg)	Resistencia Total (Kg)	Potencia necesaria (CV)
40	5,3	10,0	15,3	2,3
80	21,6	14,0	35,6	10,7
120	48,6	19,0	67,6	30,6
160	86,4	26,0	112,4	67,9
200	135,0	32,0	167,0	126,2

Tabla 2. Resistencia aerodinámica y de rodadura frente a velocidad del vehículo.

Resistencia del motor y transmisión

Es importante cuando gira a un gran número de revoluciones y disminuye con la velocidad, hasta hacerse pequeño el último intervalo de un proceso de frenado. (Criado, 2012, p.15)

De hecho, en bajadas prolongadas, la retención efectuada por el motor es

de suma importancia para preservar los elementos del sistema de fricción de los frenos del calentamiento y consiguientes desgastes elevados.

Adherencia y condiciones

Como hemos visto anteriormente, la eficacia de la frenada depende del contacto neumático-asfalto principalmente o, lo que es lo mismo, la adherencia.

Por ejemplo, podríamos decir que es sinónimo de calzada resbaladiza. (Criado, 2012, p.15)

En la tabla adjunta podemos ver valores típicos de adherencia para distintos casos

CARRETERA		NEUMÁTICOS	
TIPO	ESTADO	NUEVOS	USADOS
HORMIGON NORMAL	SECO	1.0	1.0
	MOJADO	0.7	0.5
ASFALTO GRUESO	SECO	1.0	1.0
	MOJADO	0.7	0.5
ASFALTO NORMAL	SECO	0.6	0.6
	MOJADO	0.5	0.3

Tabla 3. Coeficiente de adherencia según carretera y neumático

Como introducíamos anteriormente, el valor de la adherencia es muy difícil de calcular, pero se puede determinar experimentalmente mediante pruebas de frenado o de aceleración. Sin embargo, se conoce cuáles son los factores que concurren en la determinación del valor de adherencia (Criado, 2012, p.15). Algunos son variables o modificables y otros fijos. A continuación, indicamos los más importantes:

- 1) Factores dependientes del terreno: material del fondo de la carretera, rugosidad e irregularidad de la superficie, existencia de barro, aceite, hojas, humedad, nieve o hielo, y presencia de agua y altura de la misma.
- 2) Factores dependientes del vehículo: carga adherente sobre las ruedas motrices (y eventuales acciones dinámicas del viento sobre la carrocería);

peso del vehículo, tipo de suspensiones y de amortiguadores; velocidad de marcha y par transmitido a las ruedas.

- 3) Factores dependientes del neumático: naturaleza de la mezcla, extensión de la superficie de la huella, igualdad de las presiones en dicha superficie.

Esta fuerza de empuje generado por las ruedas motrices que permite el desplazamiento del automóvil se denomina fuerza de impulsión o de tracción. (Criado, 2012, p.16).

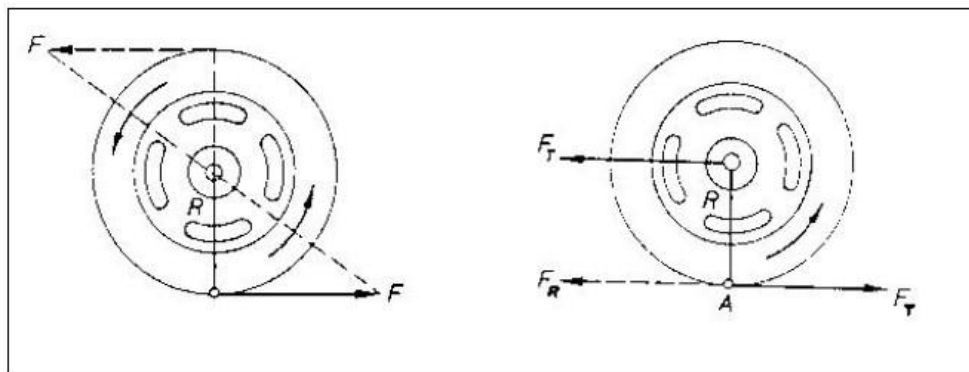


Figura 4. Fuerzas generadas en la rueda

Reparto óptimo de las fuerzas de frenado

Cuando el vehículo se encuentra estático, la masa del vehículo se reparte entre ambos ejes. Todos los vehículos de la actualidad, son más pesados en la parte delantera que en la trasera. Esto se debe a la situación del motor en esta parte además de que al friccionar sobre el eje delantero, la caja de cambios, diferencial, transmisiones, etc. (Criado, 2012, p.25).

De esta forma el menor peso en el eje trasero involucra que el diseño del reparto de fuerzas sea fundamental para no alcanzar el bloqueo de las ruedas traseras. Todo ello sumado a la transferencia de masa que se produce en el frenado. (Criado, 2012, p.25)

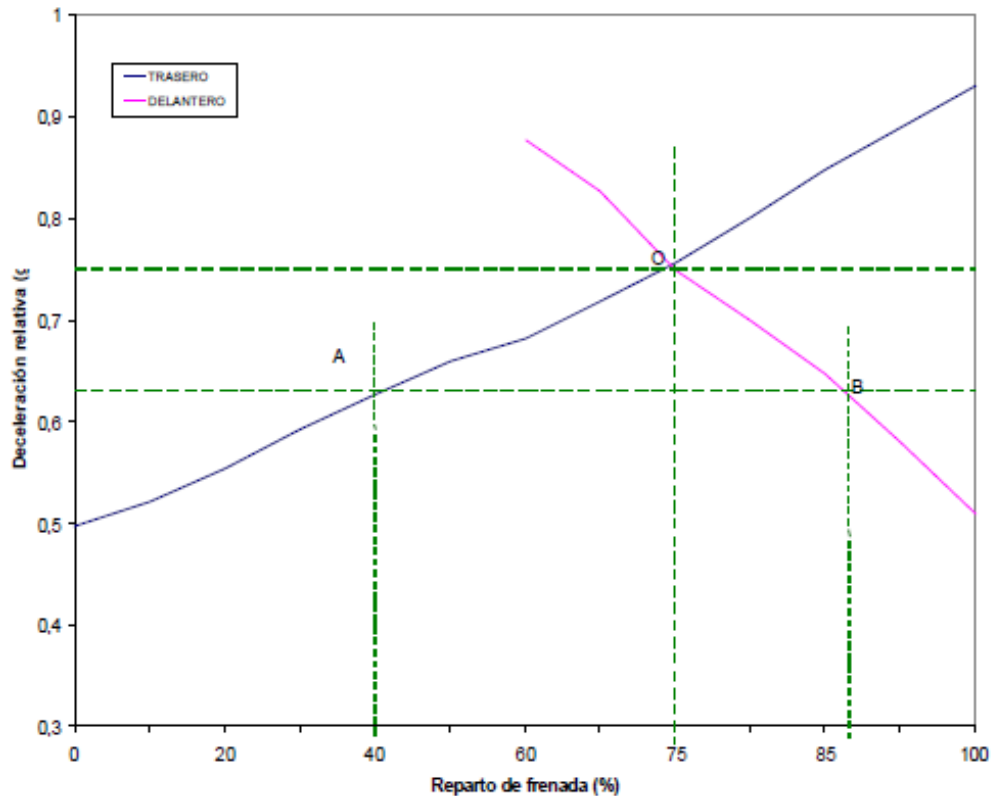


Figura 5. Gráfica reparto óptimo de frenado.

Debido a todo ello, la fuerza frenante que se aplicará al eje delantero no es igual a la del eje trasero. Esto se puede recoger en unas gráficas las cuales representan la deceleración relativa en la frenada respecto al reparto de cargas en los ejes. En el siguiente ejemplo vemos, para un valor de $\mu=0,8$, lo que ocurre con el reparto de frenada en cada eje y sus consecuentes

En el punto de intersección de las dos curvas correspondientes al eje delantero y al trasero (punto O) se determinaría un reparto de frenada del 75% en el eje delantero y el 25% en el trasero. En este caso tendríamos una deceleración relativa de aproximadamente 0,75. Así, estaríamos aprovechando al máximo la adherencia disponible. (Criado, 2012, p.26)

Sin embargo, si nos fijamos en el punto B, el reparto de frenada sería de un 86%

para el eje delantero y un 14% en el trasero llegando a bloquearse antes el eje delantero y consiguiendo una deceleración relativa máxima de 0,62 lo cual está muy por debajo de la óptima que era 0,75.

Fijándonos en el punto A, el reparto de frenada quedaría de la siguiente manera: un 40% eje delantero y un 60% para el trasero, llegando a bloquear antes el eje trasero y con una deceleración relativa máxima de 0,62.

A la vista de las dos situaciones anteriores, elegiremos la primera opción (86% en el eje delantero y 14% en el trasero) ya que, de esta manera, conseguimos la misma deceleración que con la segunda opción pero sabemos que el eje delantero será el primero en bloquearse. Tal y como hemos visto, esto es preferible al bloqueo del eje trasero en primer lugar. (Criado, 2012, p.26)

Otro recurso utilizado para el cálculo del reparto óptimo de frenada son las llamadas curvas de equiadherencia. En estas curvas se representan gráficamente los valores de las fuerzas de frenado en el eje delantero y trasero en la condición de que las ruedas de ambos ejes alcancen, al mismo tiempo, la adherencia máxima. (Criado, 2012, p.26)

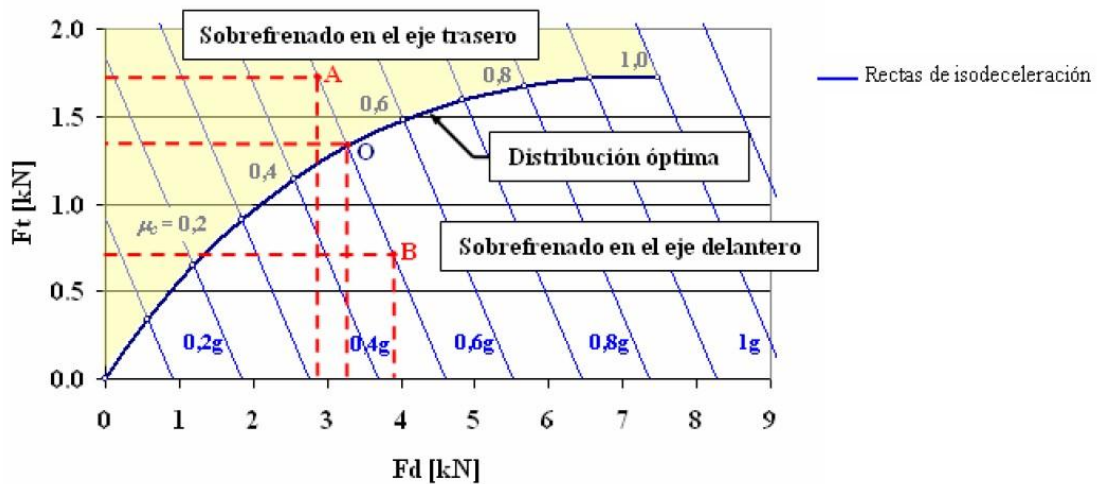


Figura 6. Curva de equiadherencia.

En esta figura se plantean tres posibles situaciones de distribución de fuerza de frenado entre el eje delantero y el trasero.. (Criado, 2012, p.27)

El mecanismo de fricción

Estos tres fenómenos que aparecen son:

- **Fricción:**

Es el efecto que proviene de la existencia de fuerzas tangenciales que aparecen entre dos superficies sólidas en contacto cuando permanecen unidas por la existencia de esfuerzos normales.

- **Desgaste:**

Es la desaparición de material de la superficie de un cuerpo como consecuencia de la interacción con otro cuerpo.

- **Adhesión:**

Es generación fuerzas normales entre dos superficies después de que han sido mantenidas juntas. (Criado, 2012, p.28).

La fricción se expresa en términos relativos, como el coeficiente entre la fuerza de fricción y la carga normal a la superficie de contacto. Se representa con la letra μ y se trata de un coeficiente adimensional, no tiene unidades, las fuerzas se miden en las mismas. (Criado, 2012, p.28)

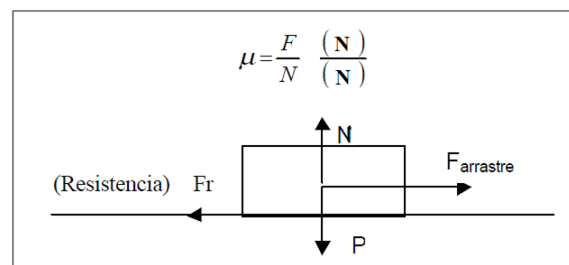


Figura 7. Fuerza de fricción entre dos cuerpos en contacto.

Tenemos que acentuar que existen dos situaciones destacables en cuanto se refiere a la fricción: (Criado, 2012, p.29)

Eficacia de frenado

La eficacia de frenado de un automóvil se mide de forma porcentual, en función del peso que gravita sobre las ruedas y la fuerza de frenado aplicada por el equipo de frenos de servicio a las cuatro ruedas. (Criado, 2012, p.31)

$$Eficacia\ de\ frenado = \frac{\sum F\ frenos}{Peso} \times 100\%$$

Lo que indirectamente da a conocer la eficacia de frenado de un automóvil es el grado de la deceleración que se produce en el vehículo al frenar. Una eficacia del 100% representa una deceleración aproximada de 1g, es decir, unos 10 m/s.

SISTEMA DE FRENOS EN EL AUTOMOVIL

El sistema de frenos de un automóvil moderno está compuesto por los siguientes elementos: (Criado, 2012, p.33)

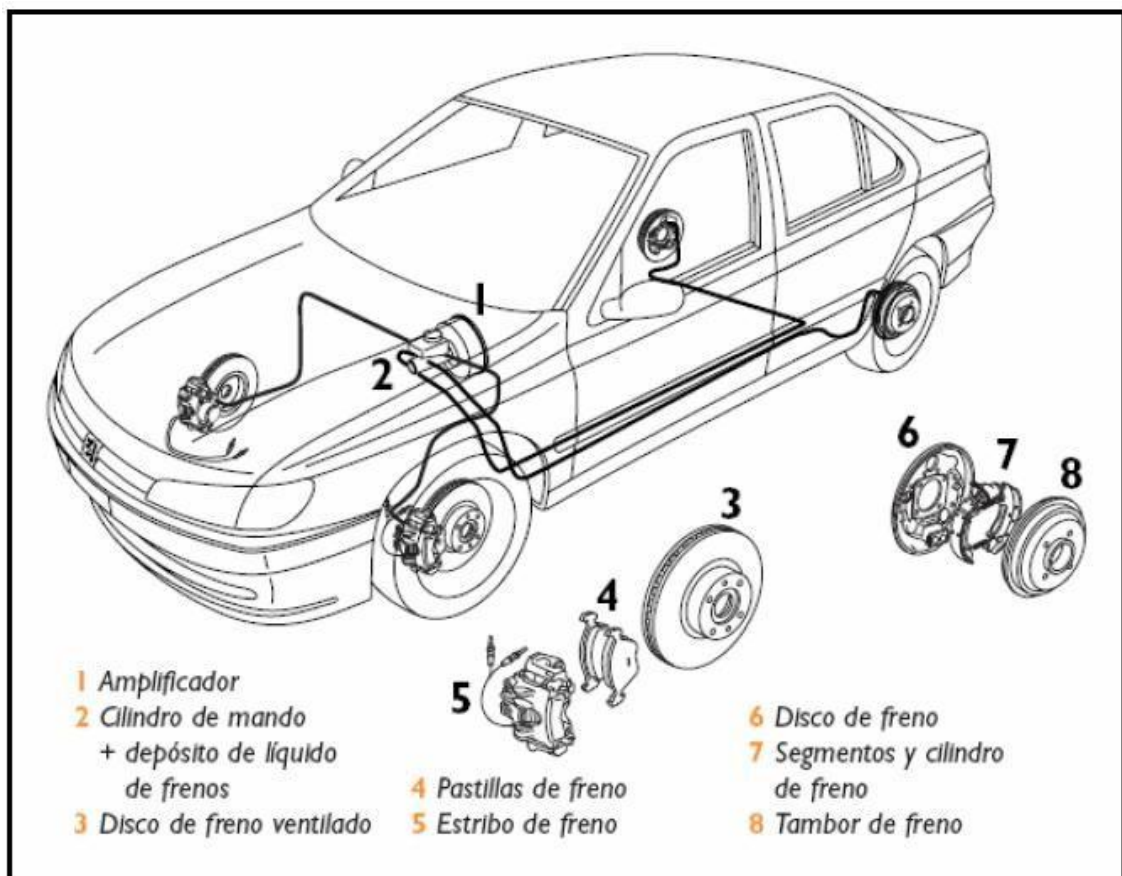


Figura 8. Sistema de frenos de un vehículo moderno convencional configurado de forma diagonal.

Desarrollaremos cada uno de los componentes que forman un sistema de frenado en un vehículo moderno para poder obtener una idea clara de su función y funcionamiento.

Servofreno

El servo es sólo nos ofrece la posibilidad de realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico, y por lo tanto, sobre los pistones de las pinzas de freno con un mayor descanso del pie, pero esto no es únicamente así, sino que además proporciona una mejor dosificación de la frenada. (Criado, 2012, p.34)

En los turismos se utilizan dos tipos de servofreno:

- Mastervac: instalado entre el pedal y la bomba de freno.
- Hidrovac : instalado entre la bomba de freno y los cilindros receptores.

Su funcionamiento puede ser de distintos tipos como son: hidráulicos, de aire comprimido, eléctricos o de vacío. (Criado, 2012, p.34)

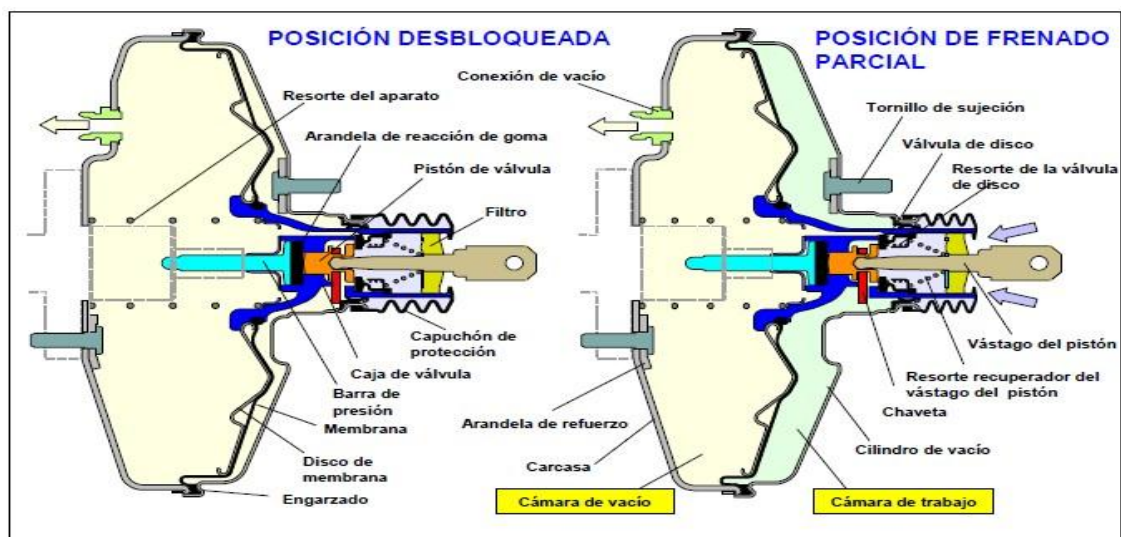


Figura 9. Servofreno de vacío marca ATE

Para tener una idea sobre la fuerza que se debería ejercer sobre el pedal con o sin servofreno, la siguiente gráfica nos proporciona un buen ejemplo (Criado, 2012, p.35).

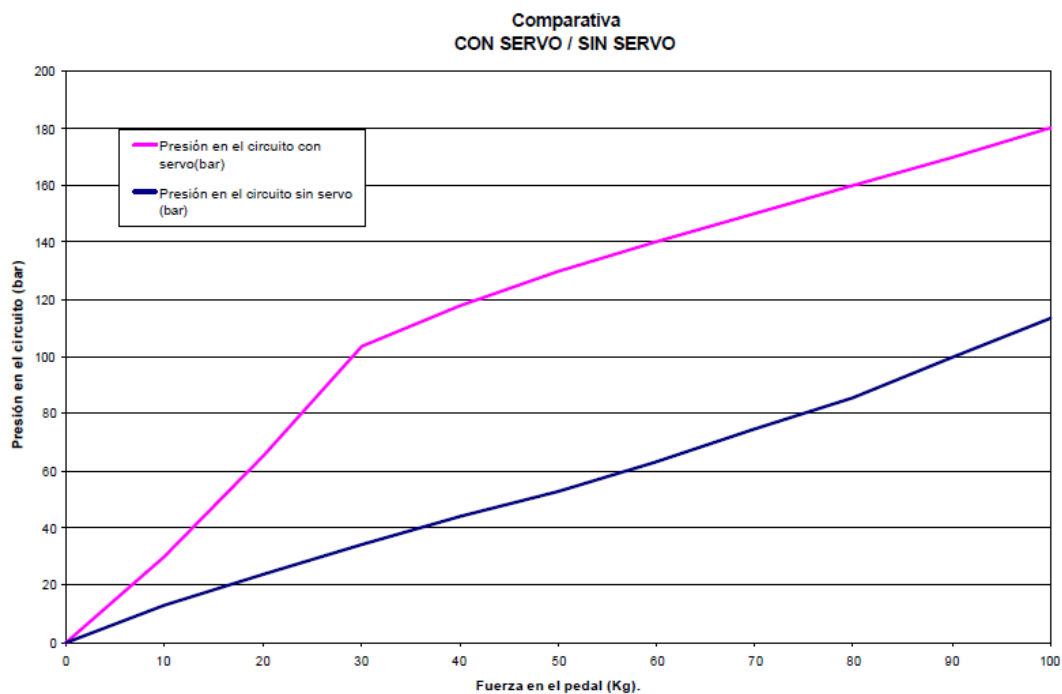


Figura 10. Comparación esfuerzo/presión con y sin servofreno.

Pastillas de freno

Las pastillas de freno son el dispositivo del sistema de frenado que, junto con el disco de freno, van a producir la fricción necesaria para la deceleración del vehículo. (Criado, 2012, p.48).

1) Composición

Hace algunos años, las pastillas de freno eran confeccionadas con cierta

parte de amianto, una sustancia que, de ser aspirada, resulta ser bastante nociva para la salud de las personas. Sin embargo, actualmente, la obligatoriedad de eliminar la sustancia ha supuesto un cambio importante dentro de las enunciaciones. No obstante, los primeros materiales sin amianto que aparecieron en el mercado, eran de prestaciones y duración inferiores a los que sí presentaban amianto. Pero hoy en día, los materiales sin amianto han superado a éstos en todos los requisitos exigibles a un material de fricción (Criado, 2012, p.48).

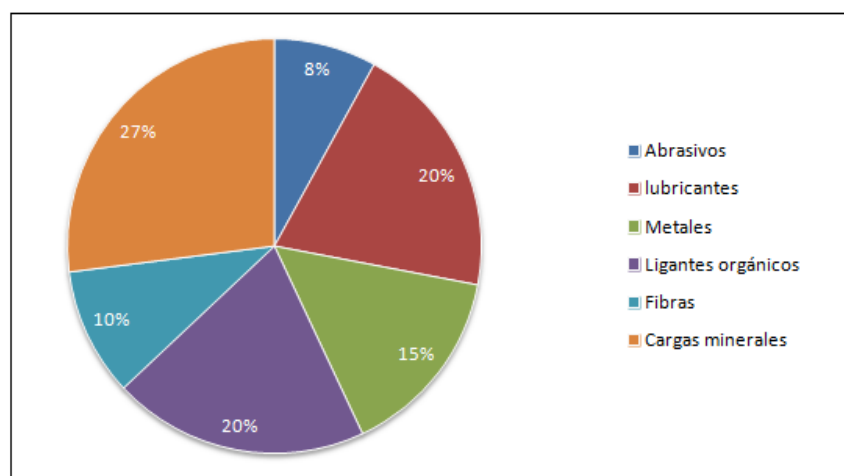


Figura 11. Composición pastilla de freno.

2) **Características**

Los requerimientos que debe cubrir el material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto. Los más importantes son:

- Presentar un factor de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.
- Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- Una cierta comprensión, tanto en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones en anomalías de la otra superficie con la que entra en contacto.
- Una buena firmeza al choque y al cizallamiento.

Para conseguir cubrir estas especificaciones, cada fabricante implementa

sus propias formulaciones ensayándolas varias veces hasta conseguir los resultados que le aportan la calidad que busca (Criado, 2012, p.49).

3) Elementos de las pastillas de freno

Underlayer:

Se trata de una capa de material cuya función es la de fijar el material de fricción en el soporte de la pastilla además de reducir la temperatura que llega a la pinza de freno o cáliper. (Criado, 2012, p.50).

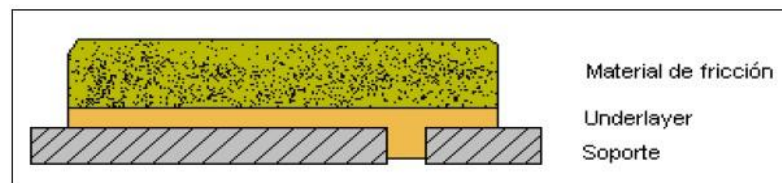


Figura 12. Pastilla de freno con underlayer.

• Soporte:

Es un elemento metálico que tiene la función de mantener el material de fricción en el porta pastillas. Debe ser lo más plano posible para evitar que durante el proceso de prensado en caliente y posterior curado de las pastillas surjan fisuras entre el soporte y el material de fricción. Éstos suelen ser pintados con barniz de alta resistencia para prevenir el deterioro con el paso del tiempo. (Criado, 2012, p.50).



Figura 13. Soporte de pastillas de freno.

• **Avisadores de desgaste:** su función es la de alertar al usuario del vehículo que sus pastillas están al límite de su vida útil y deben ser sustituidas. Los hay de varios tipos como pueden ser sonoros o luminosos.

Conjunto pinza-pastilla de frenos

A continuación podemos ver el plano de despiece del conjunto pinza-pastilla en el cual se muestra cada una de las partes que lo componen y que iremos describiendo para un mejor entendimiento (Criado, 2012, p.51).

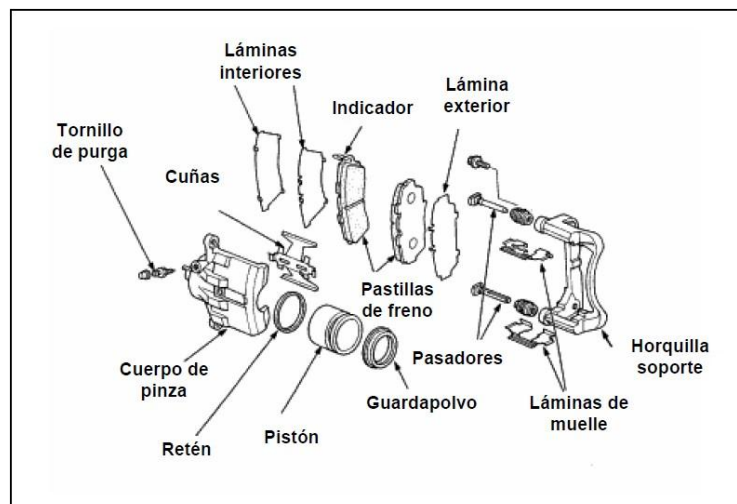


Figura 14. Plano de despiece del conjunto pinza flotante-pastillas.

1. **Horquilla soporte:** es el elemento que sirve de soporte para las pastillas de freno y por cuyo interior pasa el disco de freno. Se trata de un componente crítico y de seguridad debiendo cumplir elevadas exigencias técnicas y características mecánicas (mecanizado, alargamiento, resistencia a la tracción, deformación por torsión, estabilidad térmica, elasticidad y absorción de vibraciones).
2. **Láminas de muelle:** se trata de unos elementos hechos en forma de lámina para la sujeción elástica de las pastillas en su ubicación en la horquilla.

3. **Cuerpo de la pinza:** constituye el soporte del total del mecanismo. A él se unirán el émbolo y todas sus piezas además de la horquilla soporte con las pastillas de freno. Con todo ello podemos decir que da rigidez y soporta las pastillas.
4. **Pistón:** el pistón de la pinza de freno será el elemento encargado de empujar las pastillas de freno contra el disco. Es decir, se trata de la pieza principal del conjunto hidráulico en el mecanismo de la pinza.
5. **Pastillas:** estos elementos tienen como función friccionar contra el disco de freno disminuyendo, así, su régimen de giro.
6. **Purgador:** es un elemento que permite la apertura del sistema para permitir la salida del aire del circuito.
7. **Guardapolvo:** es un elemento flexible de goma cuya función es la de impedir que pasen impurezas al interior del cilindro que, en caso de que esto ocurriera, se podría producir la contaminación del circuito.
8. **Retén:** se trata simplemente de un elemento de estanqueidad, cuya función es la de impedir la salida del líquido al exterior en todo momento.
9. **Cuñas:** se trata de pequeñas piezas cuya misión es la de ejercer trabajos de soporte o cierre que existen en el mecanismo.

Parámetros que definen el material de fricción

Como podíamos sospechar, el parámetro básico que define cualquier material de fricción es su coeficiente de fricción (μ). Este coeficiente de fricción expresa la oposición al movimiento que ofrecen las superficies de dos cuerpos en contacto. Se trata de un parámetro adimensional y que se representa con la letra griega μ (mu). La mayoría de las superficies, también las que se consideran pulidas, son extremadamente rugosas a escala microscópica. Cuando dos superficies son puestas en contacto, el movimiento de una respecto a la otra genera fuerzas tangenciales llamadas fuerzas de fricción, las cuales tienen sentido contrario a la fuerza aplicada. La naturaleza de este tipo de fuerza está ligada a las interacciones de partículas microscópicas de

las dos superficies implicadas. (Criado, 2012, p.53).

El valor del coeficiente de rozamiento es característico de cada par de materiales en contacto. Pero ahora resulta lógico plantearse cómo se ensaya y determina el coeficiente de fricción. Pues bien, éste es ensayado en los dinamómetros de inercia, así como en la máquina de presión constante o dinamómetros Krauss. Una vez pasada esta fase se ensayan directamente en vehículos equipados para la adquisición de los datos que el ensayo produzca. Un dinamómetro de inercia es un banco de ensayo completamente sensorizado, el cual se acopla el sistema de freno que se desee ensayar. Estas máquinas están comandadas por potentes sistemas informáticos que son capaces de medir cualquier parámetro durante el ensayo, esto es, temperatura del disco de freno, coeficiente de fricción, la presión del circuito, la velocidad de giro, la deceleración, etc. (Criado, 2012, p.54).

Los dinamómetros de inercia son, en esencia, máquinas capaces de reproducir las fuerzas que se generan en un vehículo durante el proceso de frenado. Esto implica que consiguen simular fielmente las condiciones de trabajo del sistema de frenos, especialmente del material de fricción durante su vida en servicio. Su fundamento es la conversión de la energía cinética del vehículo en energía cinética de rotación. Con lo cual, cuando se producen frenadas se transforma la misma energía cinética que llevaría el vehículo en energía calorífica, con lo que se reproducen las condiciones energéticas que el vehículo lleva asociadas. (Criado, 2012, p.54).

Energía cinética del vehículo: $E_C = \frac{1}{2} \cdot M \cdot v^2$

Energía cinética del dinamómetro : : $E_C = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \right] \omega^2$

DONDE:

M es la masa del vehículo en Kg

V es la velocidad del vehículo en m/s

I es el momento de inercia de las masas de inercia del dinamómetro (Kg.m^2)

ω es la velocidad angular del dinamómetro (1/s)

Al poder igualar las dos expresiones, podemos calcular la inercia necesaria en el dinamómetro para simular fielmente cualquier tipo de vehículo, así como cualquier tipo de situación en carretera. (Criado, 2012, p.55).

- **Etapa de asentamiento:** la necesidad del asentamiento se hace patente en los ensayos que se realizan. El asentamiento se realiza a temperaturas inferiores a 100°C , la presión varía desde 15 a 45 bares y el rango de velocidades lo hace desde 100 a 30 Km/h. durante toda la etapa lo que se mide es el coeficiente de fricción para ver el comportamiento del material durante las primeras frenadas que suman un total de unas 100 frenadas.

- **Etapa de sensibilidad a la presión:** variando la presión del circuito se van comprobando a diferentes velocidades el coeficiente de fricción que el material es capaz de aportar. En una primera sub-etapa se realizan frenadas a 40 Km/h en un rango de presiones que va de 10 a 80 bares. En las siguientes sub-etapas la velocidad es de 80, 120, 160 y 180 Km/h manteniendo el rango de presiones así como el número de frenadas.

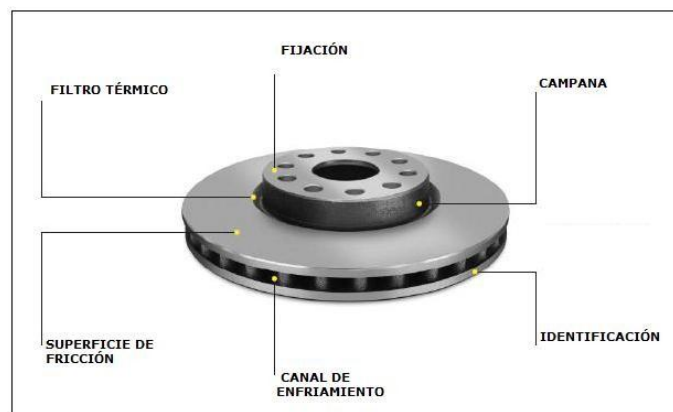


Figura 15. Estructura de un disco de freno.

- **Superficie de fricción:** también llamado pista, es la superficie en la cual tiene lugar la acción de fricción entre las pastillas y el disco. Está dimensionada de forma que su potencia de disipación se acerque al valor de 250 W/cm^2 , pero dicho valor puede variar dependiendo de la geometría del

disco, ya que si este es ventilado, el valor de la potencia de disipación puede alcanzar un valor de 750 W/cm^2 . Por encima de dichos valores, pueden aparecer defectos en el disco, tales como deformaciones geométricas, grietas, depósitos de material de fricción u otros que pudieran dañar el disco de forma irreversible.

- **Fijación**: esta zona está situada en la parte central del disco. Existe un taladro donde se halla el buje, así como por la parte trasera un chaflán que debe apoyarse perfectamente en la mangueta para que el ajuste del disco sea perfecto. Alrededor del taladro donde se aloja el buje, la fijación tiene un cierto número de taladros que permiten el paso de los pernos de anclaje de la rueda, en la mayoría de los discos, la fijación del disco se garantiza por unos taladros de menor diámetro que fijan el disco.

- **Campana**: es el cilindro que une la banda con el plano de fijación. En algunos casos se aprovecha el interior de la campana para montar un pequeño sistema de freno de tambor de accionamiento mecánico, con la finalidad de que sirva como freno de estacionamiento.

- **Filtro térmico**: se trata de un canal mecanizado que separa la pista de la fijación para reducir el calor que pasa de la pista hacia la campana. Con este tipo de canales se evita el excesivo calentamiento de la llanta y por consiguiente del neumático.

- **Canal de enfriamiento**: se trata de una zona aleteada para mejorar la evacuación de calor del disco, evitando así un sobrecalentamiento del disco. Esta parte se encuentra en los discos ventilados.

Como ya hemos visto, el principio de funcionamiento de los frenos se basa en que la energía cinética que lleva el vehículo debe disiparse en forma de calor. Este calor se acumula principalmente en los discos, pero lógicamente éstos no pueden almacenarlo infinitamente, sino que debe ser disipado a la atmósfera de una forma eficiente. La forma más sencilla es realizar una circulación de aire que, en contacto con el disco, se caliente y mantenga la

temperatura de disco en valores razonables a efectos de su integridad mecánica. (Criado, 2012, p.60)

Cabría la posibilidad de aumentar su geometría, pero ésta está condicionada al tamaño de las ruedas con lo cual la mejor opción que se puede adoptar es el disco ventilado el cual permite una mayor disipación térmica en el mismo espacio. (Criado, 2012, p.61)

Se trata del canal de enfriamiento que mencionamos anteriormente. El disco ventilado es la composición de dos pistas separadas por aletas en su interior. Estas aletas garantizan la cohesión del disco permitiendo el paso de aire por su interior. Gracias a estas aletas, el enfriamiento del disco no solo se produce en la superficie exterior de disco sino que además se produce su enfriamiento por el interior. Este intercambio de energía depende en gran medida de la forma y orientación de las aletas, ya que en algunos casos las aletas se oponen al movimiento del aire en su interior con lo cual su utilidad resultaría negativa. Por ello debe existir un compromiso entre la eficacia y la orientación. Generalmente son radiales y por lo tanto la colocación de los discos en la rueda izquierda o derecha no afecta a las propiedades de ventilación. Sin embargo, existe alguna aplicación en el mercado en la cual las aletas están orientadas de tal forma que obligan a que esos discos sean montados en una rueda o en otro, ya que no sería eficaz su ventilación si se intercambiara de ubicación. (Criado, 2012, p.61)

Una de las mejoras más significativas encaminada a la reducción de la temperatura que alcanza la campana del disco, se consigue mediante una ranura en forma de canal en la zona situada entre la campana y la superficie de fricción del disco, lo que hemos denominado ya antes filtro térmico. Con él, la sección del paso de calor se reduce y el gradiente térmico aumenta, es decir, la diferencia de temperatura entre un lado del canal y el otro se hace mayor, lo que hace que la temperatura de la campana sea menor, consiguiendo que no sufra en exceso la carcasa del neumático. Además, también se consigue una reducción en la deformación del disco al reducirse la temperatura de la campana y sus consiguientes tensiones térmicas.

(Criado, 2012, p.62)

En los discos ventilados, la fabricación de un espesor diferente entre las bandas reduce la deformación del mismo. Esto se consigue aumentando el espesor de la pista que va unido a la campana exclusivamente, ya que de aumentar el espesor de las dos pistas, el grueso total del disco aumentaría excesivamente implicando la necesaria reducción del material de fricción. Resulta interesante saber que existen discos fabricados en dos piezas independientes, creados para la competición. Estos discos constan de una corona de hierro fundido a modo de pistas frenantes y un buje de aleación de aluminio. Las dos partes son solidarias gracias a unos casquillos de fijación. Durante la frenada el disco presenta dos partes diferenciadas: las bandas frenantes (parte caliente) y la campana (parte fría). Este tipo de disco soluciona los problemas de deformación, ya que las bandas frenantes pueden dilatarse sin provocar tensiones que creen grietas. Este tipo de disco permite la deformación radial de las pistas evitando las deformaciones permanentes y las tensiones. Además supone una reducción importante del peso del conjunto. Sin embargo, su elevado coste hace que normalmente solo se utilicen este tipo de disco en competición, pero debemos decir que son la solución más extendida en motocicletas. Con todo ello podemos establecer una diferenciación entre los discos macizos y los ventilados. (Criado, 2012, p.61)

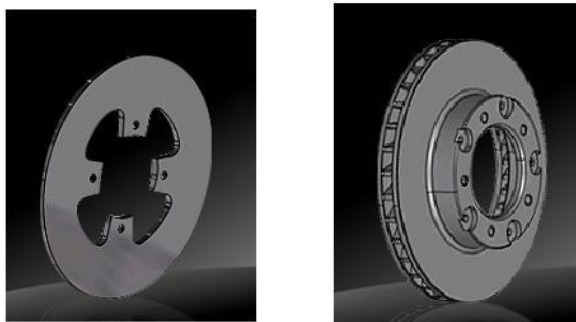


Figura 16. Discos de freno macizo (izquierda) y ventilado (derecha).

2) Comportamiento mecánico

El estrés mecánico es la condición física que existe en cualquier material debido a la tensión o deformación por fuerzas externas y por lo tanto los discos de freno están sometidos a cierto estrés. Cuando el vehículo está en marcha, podemos decir que el disco de freno está sometido a escaso estrés mecánico. Se ve sometido a un esfuerzo de tracción debido a la rotación del disco bajo el efecto centrífugo. Sin embargo, cuando se produce la frenada, el disco se ve sometido a nuevas solicitaciones. Se trata de dos fuerzas: una fuerza de compresión y una de tracción. La fuerza de compresión se produce por el apoyo de las pastillas de forma perpendicular a la superficie del disco la cual es, a su vez, producida por la presión del líquido de frenos sobre la superficie del pistón de la pinza. Esta fuerza aumenta con los valores máximos de la presión que crea un esfuerzo de valores muy reducidos para el material aunque sea en caliente. Sin embargo, en un disco ventilado esta fuerza se ejerce únicamente en la sección de las aletas lo que hace que se pueda duplicar o alcanzar valores mayores en ese punto. Pero esta fuerza también se aplica a la superficie situada entre las aletas con lo que puede flexionarlas, aunque esto sea normalmente reversible siempre que la flexión se encuentre dentro del límite elástico de la fundición del disco de freno. (Criado, 2012, p.62)

La segunda fuerza, la de tracción, es el resultado de una fuerza frenante debida al roce de la pastilla contra la superficie del disco. Esto es, la parte situada en contacto con la pastilla es frenada, sufre una fuerza opuesta al movimiento rotatorio, mientras que la parte que no está en contacto con la pastilla se ve arrastrada hacia el sentido de la rotación del disco. A pesar de que se aplique todo el esfuerzo en el centro de empuje de la pastilla, se consiguen valores de esfuerzo de tracción del orden de 10-20Mpa que hay que comparar con la resistencia a la tracción de la fundición, que equivale a unos 200Mpa. Además, dado que dicho esfuerzo está repartido en toda la superficie de la pastilla, su valor será incluso menor y bastante alejado del límite de ruptura, este límite se ve reducido de forma acusada con el aumento de la temperatura.

Con todo ello podemos decir que se puede producir microfisuración después de largos periodos de funcionamiento, esto es, la fatiga y no porque los esfuerzos sean tan grandes como para superar el límite de rotura del disco. (Criado, 2012, p.63).

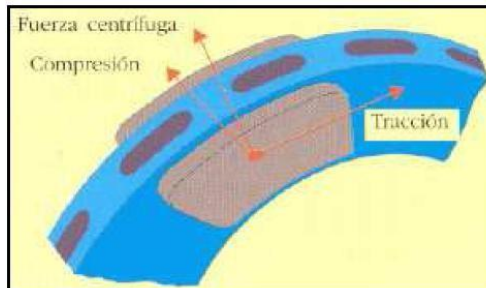


Figura 17. Fuerzas disco-pastilla.

3) Comportamiento térmico

Los frenos absorben energía mecánica transformándola en energía calorífica. El hecho de que el intervalo de tiempo en el que se produce la frenada normalmente es muy pequeño unido a que la conductividad de los materiales de fricción es baja, ocasiona que la temperatura que se alcanza sea muy elevada. Además, debido a la falta de conductividad de los forros de freno, el calentamiento sólo afecta a una pequeña porción de ellos. Es decir, no sólo se alcanzan temperaturas muy elevadas sino que aparece en zonas muy localizadas. El frenado a velocidades altas provoca la formación de puntos calientes y, por tanto, cambios, a menudo irreversibles, en la estructura de los materiales empleados. En la práctica, del orden del 95% del calor generado por fricción se acumula en el disco.

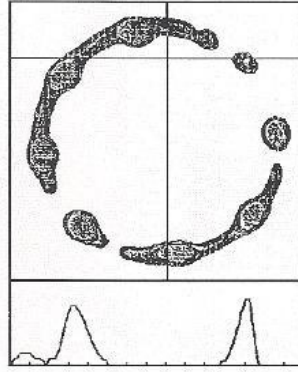


Figura 18. Distribución de temperatura del disco en frenada a alta velocidad.

Este gradiente de temperatura produce un aumento de tensiones mecánicas, además de las ya existentes debidas a la interacción puramente mecánica entre pastilla y disco de las que ya hemos hablado anteriormente. Este incremento de tensiones puede producir deformaciones, alterando la estabilidad dimensional.

Por tanto, resulta imprescindible conseguir una rápida disipación del calor generado. En la siguiente figura se representa la evolución de la temperatura que aparece en las superficies de contacto durante el proceso de frenado. Este se verifica hasta un tiempo t_1 , a partir del cual la generación de calor se anula.

Si se produce una nueva frenada en el instante t_2 , antes de que la temperatura de los frenos coincida con la temperatura ambiente, el fenómeno descrito vuelve a producirse pero partiendo de una temperatura inicial T_2 . Después de un cierto número de frenadas idénticas y realizadas a intervalos constantes, se obtiene una curva con dientes de sierra. La temperatura tiende hacia un límite máximo, denominado *Temperatura de Saturación*, a la cual la generación de calor coincide con la disipación del mismo por parte del disco. Si la temperatura de saturación permanece inferior a aquella en la que el coeficiente de rozamiento disminuye, los frenos no corren el riesgo de presentar el fenómeno de Fatiga o "Fading". (Criado, 2012, p.65)

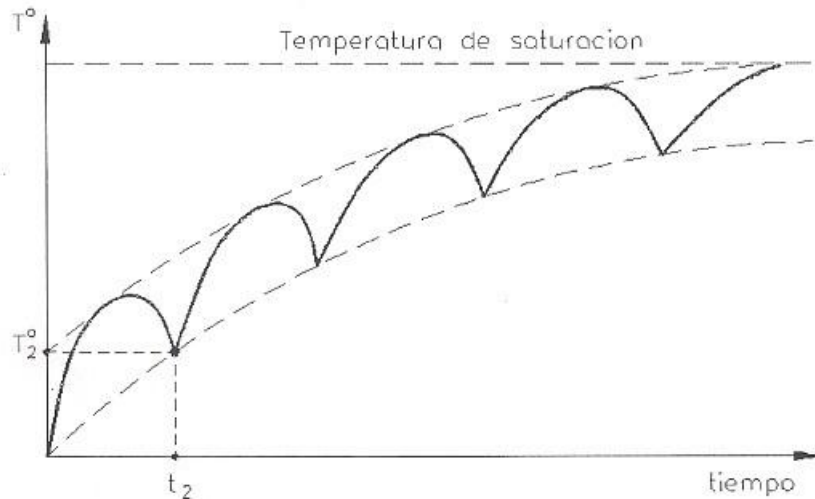


Figura 19. Evolución de la temperatura a lo largo del tiempo con continuas frenadas.

El diseño del freno debe ser tal que la temperatura de saturación solo se alcance por un elevado número de frenadas, o por un frenado continuo de duración prolongada. Para obtener este resultado es necesario reducir el aumento de temperatura de las superficies de fricción durante la fase activa, utilizando materiales de alta conductividad térmica y aumentando la transferencia de calor entre el disco y el medio ambiente.

La superficie o una deformación permanente del disco empeorando, así, la eficacia de la frenada. Por conducción, el calor se traslada hacia la campana y en este caso la pista del disco se curva y se transforma en un cono, no encontrando la forma original al enfriarse. Por último, la campana está en contacto con la llanta lo que implica el recalentamiento del neumático. Mediante programas de elementos finitos se puede observar, imponiendo las condiciones iniciales necesarias así como las sollicitaciones a las que está sometido, las zonas que más sufren este estrés térmico durante la frenada en el contacto disco-pastilla. Ello lo podemos ver en la siguiente figura en la que se estudia la temperatura alcanzada en un disco ventilado, partiendo de que se habían realizado ya un número de frenadas anteriormente a la mostrada (Criado, 2012, p.66).

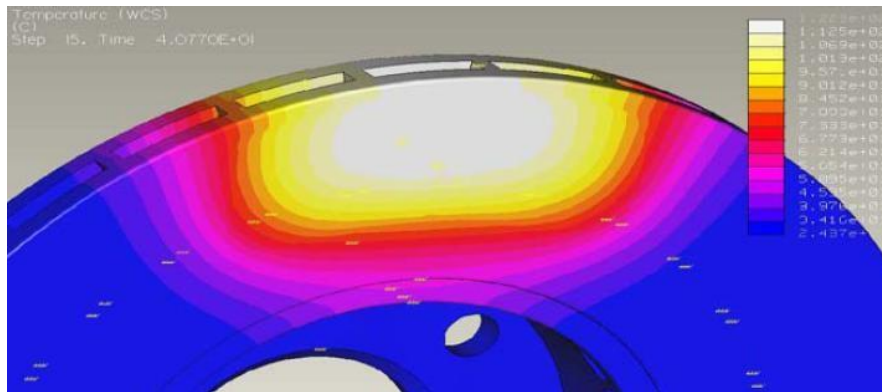


Figura 20. Distribución de temperaturas en un disco.

A través de cálculos y mediciones, el análisis exacto de las formas y las solicitaciones nos ha llevado a crear ciertas mejoras en este aspecto del disco de freno. Podemos destacar dos como son la reducción de la temperatura de la campana y la simplificación constructiva de las aletas.

La llanta se fija normalmente en el lado exterior de la campana. Si la temperatura de ésta es muy alta, también la de la llanta lo será y el neumático corre el riesgo de verse sometido a temperaturas excesivas para la goma. Además, el análisis de las dilataciones también indica la posibilidad de una deformación cónica de la pista. Por eso, hay que reducir, en lo posible, el caudal de calor hacia la campana y reducir la rigidez de la junta. Esto es posible realizando un mecanizado en forma de garganta (o canal) en la junta situada entre la campana y la banda frenante del disco. La sección del paso de calor se reduce, el gradiente térmico aumenta y la temperatura de la campana disminuye. Además, se constata una neta reducción de la deformación del disco. (Criado, 2012, p.67)

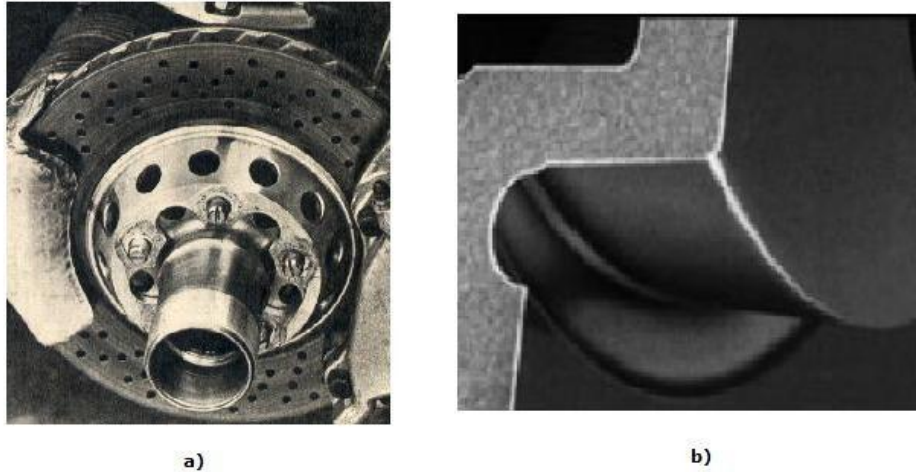


Figura 21. Orificios en la campana a), mecanizado (filtro térmico) b).

En cuanto a la otra mejora mencionada, el perfeccionamiento lo representa el uso de aletas creadas mediante una sucesión de espigas.

También existe el disco mixto, o flotante, que representa otra solución innovadora. Consta de una corona de hierro fundido que corresponde a las bandas frenantes, y por un buje de aleación de aluminio. Las dos partes son solidarias gracias a unos casquillos de fijación. Durante el funcionamiento, el disco presenta una parte caliente (las bandas frenantes) y una parte fría (la campana). Además, este tipo de disco permite una dilatación radial de las pistas frenantes, evitando las deformaciones permanentes y las tensiones. Esta tecnología también presenta otra ventaja en cuanto a peso y, a raíz del desgaste, da la posibilidad de sustituir solo una parte del disco. (Criado, 2012, p.67)

4) **Desgaste y agrietamiento**

El desgaste y el agrietamiento de los discos de freno son dos problemas a los que nos tenemos que enfrentar frecuentemente. Se han realizado estudios muy complejos y profundos sobre ello y puede llegar a ser grave.

En primer lugar, podemos hacer referencia al deterioro del disco debido a un uso intensivo. En el disco se observa que el espesor es bastante inferior al espesor mínimo prescrito (4mm menos del total). Las grietas son evidentes y

las manchas que deja el calor se pueden apreciar a la altura de las aletas de ventilación. Todo ello nos da una señal premonitoria de la formación de otras grietas. (Criado, 2012, p.68)

DINÁMICA DE LA FRENADA

Principio fundamental: conversión de energía

Como ya hemos mencionado en varias ocasiones, el principio fundamental del sistema de frenos es la conversión de la energía cinética de un vehículo en movimiento en energía térmica, comúnmente llamada calor (Criado, 2012, p.69).

De las ecuaciones de la física sabemos que la energía cinética de un cuerpo en movimiento viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Energía Cinética} = \frac{1}{2} \cdot m_v \cdot v_v^2$$

- Donde m_v es la masa del vehículo en movimiento.
- Donde v_v es la velocidad del vehículo en movimiento.

Consideramos que idealmente esta energía es absorbida completamente por el sistema de frenos y convertida íntegramente en energía térmica de la siguiente manera:

$$\frac{1}{2} \cdot m_v \cdot v_v^2 \Rightarrow m_{\text{componentes}} \cdot C_p \cdot \Delta T_{\text{Componentes}}$$

- Donde $m_{\text{componentes}}$ es la masa de los componentes del sistema de frenos que absorben la energía.
- Donde C_p es el calor específico de los componentes del sistema de frenos que absorben la energía (es una constante que depende de las propiedades del material).
- Donde ΔT es el incremento de temperatura experimentado por los componentes del sistema.

1.4 Formulación del problema.

¿Cómo medir la eficiencia de frenado en vehículos livianos en la empresa ATA IRA. SAC?

1.5 Justificación del estudio.

Uno de los principales elementos de seguridad activa de un vehículo son los frenos, y es por ello que se lleva a cabo la verificación de su efectividad de manera regular. Dada la importancia de los frenos, es fundamental que los instrumentos que se utilizan para medir la fuerza de frenado de las ruedas del vehículo sean fiables y lo más exactos posibles. Por este motivo se lleva a cabo la calibración de dichos instrumentos. Es por ello que a través de esta investigación pretendo Analizar el funcionamiento de un frenómetro para medir la eficiencia de frenado de vehículos livianos.

1.6 Hipótesis.

Si se analiza el funcionamiento de un frenómetro, se lograra saber el funcionamiento del frenómetro para medir la eficiencia de frenado de vehículos livianos en la empresa ATA IRH. SAC.

1.7 Objetivos.

1.7.1 General.

“analizar el funcionamiento del frenómetro para medir eficiencia de frenado de vehículos livianos en la empresa ATA IRH. SAC”.

1.7.2 Específicos.

1. Determinar los patrones para calibrar los frenómetros para motocicletas y vehículos livianos.
2. Determinar el diámetro del rodillo del frenómetro.

3. Evaluar técnica y económicamente del diseño.

II. METODO.

2.1 Diseño de investigación.

La metodología se refiere a los procedimientos que sigue el investigador con el propósito de llegar a cumplir con los objetivos o dar una respuesta concreta al problema que identificó. (Morí, 2011. p.54).

No experimental.- Debido que en nuestra investigación no se pretende variar intencionalmente variables independientes por lo que se observarán los fenómenos tal y como se dan en su contexto. Esto se debe a las limitaciones explicadas sobre el costo de implantación y el tiempo prolongado de obtención de resultados.

Los diseños de investigación transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

2.2 variable, operacionalización.

Variable independiente.-

Análisis de funcionamiento de frenómetro

Variable dependiente.-

Eficiencia de frenado de vehículos livianos

2.2.1 definición operacional

variables	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores	Escala de medición	instrumentos
<p>Variable Independiente:</p> <p>Análisis del funcionamiento de frenómetro</p>	<p>Los frenómetro de rodillos son instrumentos de medida o ensayo utilizados en las inspecciones técnicas de vehículos (ITV) que sirven para evaluar la fuerza longitudinal de frenada (resistencia a la rodadura) en la rueda o ruedas de un mismo eje. (Aenor, 2007, p. 34)</p>	<p>Es la operación en la que el frenómetro ofrece un momento igual al producto de la fuerza de frenado del vehículo, por el radio del rodillo de arrastre y el sistema de calibración formado por la masa de calibración y el juego de masas patrón, produce un momento que es el producto de la masa por la distancia existente entre dicha masa y motor.</p>	<p>Masa Peso Distancia Diámetro del rodillo Calibración</p>	<p>de razón Intervalo.</p>	<p>Ficha técnica</p>
<p>Variable Dependiente:</p> <p>Eficiencia de frenado de</p> <p>Vehículo liviano.</p>	<p>Proceso que determina la eficiencia en frenado a las ruedas de cada eje, además de medir las fuerzas del freno por rueda y la diferencia entre el lado izquierdo y derecho de un mismo eje. (Ccicev, 2016)</p>	<p>Es la operación por medio del cual se trata de densificar la masa, todavía blanda reduciendo a un mínimo la cantidad de vacíos (Cabezas Irene, 2009. p.51)</p>	<p>Fuerzas del frenado Masa de vehículo Aceleración de la gravedad</p>	<p>De razón Intervalo.</p>	<p>Ficha de registro de información</p>

2.3 población y muestra

Población: Es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de determinadas especificaciones (selltiz et al.1980).

En esta investigación la población comprende a todo el parque automotor que se encuentra en el departamento de Lambayeque.

La muestra: Es en esencia, un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

La muestra es comprendida por los Vehículos livianos de la empresa ATA IRH. SAC-La victoria

Criterios de inclusión y exclusión: los criterios de inclusión y exclusión no serán tomados en cuentas debido a que el tipo de muestreo es del tipo no probabilístico.

2.3.1 Objeto de análisis (OA).-

La inspección periódica de los vehículos industriales tienen lugar en las condiciones en las que los usuarios presentan los vehículos en mayor de parte de las ocasiones estos vehículos se presentan descargados o parcialmente cargados. Esto ocasiona que no pueda establecer con precisión la fuerza de frenada máxima, cuando se mide con el frenómetro, dado que las ruedas tienen a bloquear antes de llegar a la precisión máxima de frenado.

2.3.1 Población (N).-

Vehículos livianos, con peso de 3500 kilogramos del departamento de Lambayeque.

2.3.2 Muestra (n).-

Los Vehículos livianos de la empresa ATA IRH. SAC-La victoria

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Una técnica es el conjunto de mecanismos, medios y procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

En el siguiente proyecto de investigación **se utilizarán dos técnicas fundamentales** realizadas directamente en campo:

Observación: la cual Consiste en examinar directamente algún hecho o fenómeno según se presenta espontáneamente y naturalmente, teniendo un propósito expreso conforme a un plan determinado y recopilando los datos en una forma consecuente.

Encuestas: La encuesta es una técnica de adquisición de información de interés sociológico, mediante un cuestionario previamente elaborado, a través del cual se puede conocer la opinión o valoración del sujeto seleccionado en una muestra sobre un asunto dado.

Los instrumentos son los medios tangibles por medio del cual se obtendrán los datos sobre las variables que se tienen en mente. (Grinnell, Williams y unrau, 2009).

2.5 métodos de análisis de datos.-

En la investigación uno de los instrumentos muy importante para el análisis de datos es la estadística, a través de la cual el investigador debe explicar los resultados y el procedimiento para llegar a ellos. . (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

En nuestro proyecto de investigación se utilizará la **estadística descriptiva** como método para el análisis de los datos obtenidos mediante nuestro instrumento (cuestionario de encuesta). dicha información ser analizada e interpretada mediante gráficos porcentuales de distribución de frecuencias.

2.6 aspectos éticos.-

En el presente proyecto de investigación se consideraran ciertos aspectos éticos como el respeto a la propiedad intelectual, el respeto a la ideología y costumbres de los usuarios del parque automotor local.

Además al aplicar el instrumento de recolección de datos se procurará evitar herir la susceptibilidad de los individuos que participen en el estudio; respetando su privacidad y protegiendo su identidad, logrando resultados honestos y confiables.

III. RESULTADOS

Determinación de los patrones para calibrar los frenómetros para motocicletas y vehículos livianos.

Existen muchos sistemas de calibración de equipos de inspección vehicular, entre ellos el sistema para calibrar los frenómetros para motocicletas, para vehículos livianos y para vehículos pesados. Este método establece la forma de ejecución y la evaluación de la incertidumbre del proceso de calibración de los frenómetros utilizados para evaluar la eficacia de frenado de motocicletas, de vehículos livianos y de vehículos pesados. Se calibran tres tipos de frenómetros: los de motocicletas y vehículos livianos en su escala de fuerza; los universales (utilizados para vehículos pesados) en su escala de fuerza y masa. Los patrones a utilizar en el proceso de calibración se citan en el siguiente cuadro.

Tipo de frenómetro	Patrones	
	Escala de Fuerza	Escala de masa
Para motocicletas y para vehículos livianos	Masa de 30 kg. Barra de calibración com muescas certificadas en las distancias equivalentes a 0.5 KN, 1 KN, 2 KN, 3 KN, 4 KN, 5 KN, indicador de temperatura y humedad relativa	No aplica
Universales	Masa de 30 kg. Barra de calibración com muescas certificadas en las distancias equivalentes a 3 KN, 6 KN, 9 KN, 12 KN, 15 KN, indicador de temperatura y humedad relativa	1250 kg en masas

Para calibrar el frenómetro en su escala de fuerza, se coloca la barra de calibración, de forma horizontal respecto al suelo, y con la barra de contrapeso se asegura la indicación a cero. La masa patrón se coloca en la primera muesca certificada de la barra, simulando un valor de fuerza conocido que se compara con la indicación que muestra la consola del frenómetro.

El proceso descrito se realiza en todas las muescas certificadas de la barra de calibración 0,5 kN, 1 kN, 2 kN, 3 kN para motocicletas; los puntos anteriores, 4 kN y 5 kN para vehículos livianos; 3 kN, 6 kN, 9 kN, 12 kN, 15 kN para vehículos pesados), en orden ascendente, y se repite pero en sentido descendente. Se registran la temperatura y la humedad relativa del sitio antes y después de la calibración.

Para calibrar el frenómetro en su escala de masa, se registra la indicación de masa del frenómetro libre de peso y, luego, se colocan 250 kg en masas distribuidas uniformemente. El valor conocido de masa se compara con la indicación que muestra la consola del frenómetro. El proceso descrito se repite para 500 kg, 750 kg, 1 000 kg y 1 250 kg, en orden ascendente, y se repite pero en sentido descendente.

Determinación el diámetro del rodillo del frenómetro.

Los frenómetros de rodillos son los equipos necesarios para realizar la inspección de los vehículos según la norma ISO 21069 -1 consisten en dos pares de rodillos sobre los cuales se colocan las ruedas de un mismo eje durante el ensayo, midiendo la fuerza de frenado producida por los neumáticos mientras giran en los mismos.

Los frenómetros se fabrican en una gran cantidad de tamaños en función de las cargas por eje admisibles.

Normalmente un frenómetro para vehículos industriales debe ser capaz de funcionar con unas masas por eje de 13.000 kg. En función de la carga máxima admisible en el frenómetro se calcula la fuerza de frenada máxima que se puede obtener en cada rueda que viene dada por:

$$F = \frac{1}{2} m \cdot g \cdot u$$

Dónde:

m = Carga máxima por eje en kg.

g = 10 m/s²

μ = Coeficiente de adherencia neumático – frenómetro. Además tendrá las siguientes características:

El diámetro de los rodillos debe ser al menos de 200 mm, para nuestro caso el resultado es de 210, existe una excepción en los frenómetros superficiales (sin cimentación) donde el diámetro puede ser de 150mm.

La longitud de cada rodillo deberá ser al menos de 900 mm.

La distancia entre los rodillos debe de estar entre 530 y 1300mm

Para obtener una mayor fuerza de frenada se admite que el rodillo trasero esté elevado entre 40 y 100mm

El coeficiente de adherencia con el rodillo cuando los neumáticos estén en buenas condiciones será de al menos 0,7 en seco y 0,5 en mojado, aunque la adherencia real se vea reducida por la separación entre los rodillos

Los rodillos deberán ponerse en marcha automáticamente cuando el vehículo permanezca más de tres segundos sobre ellos.

Se producirá la parada automática de los rodillos cuando el deslizamiento ente el rodillo y el neumático alcance el 27% ±3%.

El rodillo se parará automáticamente cuando el vehículo abandone el frenómetro y no se pondrá en marcha si los dos rodillos no están cargados simultáneamente.

La velocidad de los rodillos estará entre un mínimo de 2 km/h y un máximo de 6km/h.

Evaluación técnica y económicamente el diseño.

Costo de implementación

COSTO DE IMPLEMENTACION					
TC 3.4					
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	SUBTOTAL
1	Equipo	unidad	1	43435	43435
2	motor reductor	unidad	1	6500	6500
3	Materiales	unidad	2	1500	3000
4	otros	unidad	1	1200	1200
MONTO TOTAL (SOLES)					54135
MONTO TOTAL (DOLARES)					\$ 15,922.06

Evaluación económica:

Cuadro de Retorno de Inversión

Tasa de Interes 15% T.C 3.40		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Columna1												
Costo de inversión	\$	15,922										
Ingresos			26,824	26,824	26,824	26,824	26,824	26,824	26,824	26,824	26,824	26,824
Servicios privados			21,176	21,176	21,176	21,176	21,176	21,176	21,176	21,176	21,176	21,176
Servicio publico			5,647	5,647	5,647	5,647	5,647	5,647	5,647	5,647	5,647	5,647
Egresos			21,088	21,088	21,088	21,088	21,088	21,088	21,088	21,088	21,088	21,088
Pago de personal			18,794	18,794	18,794	18,794	18,794	18,794	18,794	18,794	18,794	18,794
Servicios basicos			2,294	2,294	2,294	2,294	2,294	2,294	2,294	2,294	2,294	2,294
Flujo		-15,922	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735	5,735

TIR	34.11%
VAN	\$11,184

Retorno de Inversión	2.00	Años
	7.00	Meses

VI. DISCUSIÓN

Determinar los patrones para calibrar los frenómetros para motocicletas y vehículos livianos.

Para el modelo descrito en nuestra tesis, el mejor índice de idoneidad obtenido validado es de 2,2; es decir que la incertidumbre requerida es 2,2 veces la incertidumbre combinada. Por lo tanto, este modelo es adecuado para la calibración de frenómetros para motocicletas y para vehículos livianos, en un rango de medición de 0 kN a 5 kN, con una mínima división de escala de 0,01 kN y una exactitud requerida de 0,25 kN.

Conociendo el resultado de la validación, se procedió a calcular la mejor capacidad de medición, obtenida como la incertidumbre expandida del resultado de la calibración. La mejor capacidad de medición obtenida es de 0,08 kN, para un factor de cobertura de $k=2$ y un nivel de confianza del 95 %.

Determinar el diámetro del rodillo del frenómetro.

De todas formas, para prevenir un bloqueo prematuro de las ruedas sobre el frenómetro, es aconsejable que los vehículos se presenten a inspección parcial o totalmente cargados o utilizar métodos de simulación de carga. El bloqueo prematuro de las ruedas puede ocurrir sobre todo cuando llueve y los rodillos de frenómetro están húmedos, en estos casos habría que aplicar un “factor corrector” para evitar rechazar vehículos que tienen suficiente fuerza frenada

Este método tiene las siguientes ventajas:

Se puede utilizar para todo tipo de vehículos independientemente del número de ejes.

Abarca la mayor parte del parque de vehículos industriales pesados

Se puede utilizar en vehículos con válvula ALB.

Y los siguientes inconvenientes:

Sólo se puede utilizar en vehículos con instalación puramente neumática (mayores de 10.000 kg MMA)

En la mayoría de los casos supone algo de costo para el propietario del vehículo al tener que colocar accesibles la toma de presión

Hay que invertir en la adaptación del software de los frenómetros de las estaciones ITV.

En algunos vehículos hay que simular carga para alcanzar los 2 bares de presión por alguno de los métodos que se describen más adelante.

Evaluación técnica y económicamente del análisis de funcionamiento.

El análisis económico se tomó como referencia, las actividades actuales el costo de tasa de interés actual además se ha seleccionado dos tipos de servicios, clientes netamente privados y clientes de servicio que público.

Nuestro costo de inversión resultó \$ 15 922 dólares, nuestra TIR es de 34.11% y el VAN \$11184 dólares, nuestro se podrá recuperar en 2 años y 7 meses.

Además se realizó el análisis de pago mensual en soles para el periodo de 31 meses, con tasa de interés anual de 15%, tasa nominal de 14.06% y tasa efectiva mensual de 1.17%.

MENSUAL		31	
TEA	15.00%		
TN	14.06%		
TEM	1.17%		
VALOR ACTUAL	S/. 54,135.00		
PERIODO	31 MESES		

Nº de cuotas	CUOTA	CAPITAL	INTERES	CAPITAL ACUMULADO	INTERES ACUMULADO	CAPITAL RESTANTE
1	S/. -2,092.63	S/. -1,458.45	S/. -634.19	-1458.445639	-634.1870275	S/. 52,676.55
2	S/. -2,092.63	S/. -1,475.53	S/. -617.10	-2933.976848	-1251.288485	S/. 51,201.02
3	S/. -2,092.63	S/. -1,492.82	S/. -599.82	-4426.793782	-1851.104218	S/. 49,708.21
4	S/. -2,092.63	S/. -1,510.31	S/. -582.33	-5937.098943	-2433.431724	S/. 48,197.90
5	S/. -2,092.63	S/. -1,528.00	S/. -564.63	-7465.097203	-2998.066131	S/. 46,669.90
6	S/. -2,092.63	S/. -1,545.90	S/. -546.73	-9010.995836	-3544.800164	S/. 45,124.00
7	S/. -2,092.63	S/. -1,564.01	S/. -528.62	-10575.00454	-4073.424124	S/. 43,560.00
8	S/. -2,092.63	S/. -1,582.33	S/. -510.30	-12157.33548	-4583.725852	S/. 41,977.66
9	S/. -2,092.63	S/. -1,600.87	S/. -491.76	-13758.2033	-5075.490704	S/. 40,376.80
10	S/. -2,092.63	S/. -1,619.62	S/. -473.01	-15377.82514	-5548.501523	S/. 38,757.17
11	S/. -2,092.63	S/. -1,638.60	S/. -454.04	-17016.42073	-6002.538607	S/. 37,118.58
12	S/. -2,092.63	S/. -1,657.79	S/. -434.84	-18674.21232	-6437.379679	S/. 35,460.79
13	S/. -2,092.63	S/. -1,677.21	S/. -415.42	-20351.42481	-6852.799861	S/. 33,783.58
14	S/. -2,092.63	S/. -1,696.86	S/. -395.77	-22048.2857	-7248.571637	S/. 32,086.71
15	S/. -2,092.63	S/. -1,716.74	S/. -375.89	-23765.02517	-7624.46483	S/. 30,369.97
16	S/. -2,092.63	S/. -1,736.85	S/. -355.78	-25501.87611	-7980.246562	S/. 28,633.12
17	S/. -2,092.63	S/. -1,757.20	S/. -335.43	-27259.07411	-8315.681229	S/. 26,875.93
18	S/. -2,092.63	S/. -1,777.78	S/. -314.85	-29036.85753	-8630.530468	S/. 25,098.14
19	S/. -2,092.63	S/. -1,798.61	S/. -294.02	-30835.46755	-8924.553122	S/. 23,299.53
20	S/. -2,092.63	S/. -1,819.68	S/. -272.95	-32655.14813	-9197.505209	S/. 21,479.85
21	S/. -2,092.63	S/. -1,841.00	S/. -251.63	-34496.14611	-9449.139889	S/. 19,638.85
22	S/. -2,092.63	S/. -1,862.57	S/. -230.07	-36358.71124	-9679.207431	S/. 17,776.29
23	S/. -2,092.63	S/. -1,884.38	S/. -208.25	-38243.09616	-9887.455177	S/. 15,891.90
24	S/. -2,092.63	S/. -1,906.46	S/. -186.17	-40149.55649	-10073.62751	S/. 13,985.44
25	S/. -2,092.63	S/. -1,928.79	S/. -163.84	-42078.35085	-10237.46582	S/. 12,056.65
26	S/. -2,092.63	S/. -1,951.39	S/. -141.24	-44029.74087	-10378.70846	S/. 10,105.26
27	S/. -2,092.63	S/. -1,974.25	S/. -118.38	-46003.99127	-10497.09073	S/. 8,131.01
28	S/. -2,092.63	S/. -1,997.38	S/. -95.25	-48001.36984	-10592.34482	S/. 6,133.63
29	S/. -2,092.63	S/. -2,020.78	S/. -71.85	-50022.14754	-10664.19979	S/. 4,112.85
30	S/. -2,092.63	S/. -2,044.45	S/. -48.18	-52066.59849	-10712.38152	S/. 2,068.40
31	S/. -2,092.63	S/. -2,068.40	S/. -24.23	-54135	-10736.61267	S/. 0.00

V. CONCLUSIÓN

Se determinaron los patrones descritos por Díaz en el 2004 y respecto a la calibración del frenómetro se ha utilizado el modelo de Paola Raquel Solano de costa Rica, este sirve para medir la eficiencia de la calibración de frenómetros para motocicletas y para vehículos livianos que esta adecuado para el uso previsto, dado que cumple con el parámetro de evaluación del desempeño es decir cumple con el índice de idoneidad mayor a uno. El diseño de esta calibración es un nuevo modelo matemático validado que cuantifica trece fuentes de incertidumbre y luego de ser evaluadas se concluye que más

del 90 % de la incertidumbre estándar combinada, esto está asociada a las mediciones del diámetro del rodillo, mientras más repeticiones y reproducciones del método, se obtendrá una mejor medición de eficiencia. Al comparar las mejores capacidades de medición, se puede observar que la mejor capacidad de medición de este modelo hace mejorar en un 205 la obtenida en el modelo descrito por (Díaz, 2004).

Se determinó el diámetro del rodillo del frenómetro que se calculó es de 212 mm. Para poder inspeccionar todos los vehículos industriales sin carga se para los vehículos con sistema de frenado exclusivamente neumático, podríamos cubrir parte del parque de vehículos livianos industriales. Se puede utilizar con el primer punto fijo en unos valores previamente legislados o el de dos puntos, para utilizar el método de los dos puntos se hace imprescindible el método de simulación de carga a efectos de conseguir que los dos puntos estén lo más separados posibles, tomando por tanto un punto con la unidad descargada sin simulación de carga y el otro punto con simulación, se concluye que este último método el más aconsejable.

En los vehículos de los 3500 kg y los 10.000 kg de Masa Máxima Admisible donde el método de simulación con placas de tiro es el único válido, al disponer la mayoría de estos vehículos de un sistema de frenado oleoneumático, siendo la alternativa viable actualmente que permitir a estos vehículos acudir descargados a la inspección técnica de vehículos.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar más mediciones para mejorar la eficiencia para los vehículos livianos

Utilizar el diámetro del rodillo entre 200 y 250 mm.

Buscar una fuente de financiamiento que la tasa de interés sea más baja, para poder recuperar nuestra inversión en menos tiempo.

VII. PROPUESTA

Se podría utilizar para vehículos de más de 10.000 kg de MMA, aumentando el número de puntos de anclaje y sus correspondientes puntos de tiro.

Por último hará falta un estudio pormenorizado e individualizado de cada uno

de los bastidores de camión a los que se les instalan los puntos de anclaje, a efectos de conseguir una distribución de esfuerzos lo más uniforme posible que asegure que estos no van a ser dañados durante la realización de la prueba, además de proceder al diseño y ejecución del equipo necesario para efectuar el tiro del mismo.

VIII. REFERENCIAS

AENOR. Instrumentos destinados a medir las fuerzas de frenada de un vehículo a motor: frenómetro de rodillos. UNE 82502. Enero 2007. 200pp.

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP & OIML. (1995). Guide to the expression of uncertainty in measurement. First edition. International Organization for Standardization: Switzerland.

CRIADO, Elena. Diseño y cálculo del sistema de frenado para un prototipo fórmula student. Madrid. España 2012. 248 pp.

EXPRESIÓN de la incertidumbre de medida en las calibraciones. CEA-ENAC-LC/02 Centro español de metrología [en línea]. [Consulta: 9 de noviembre de 2012].

Disponible en web: www.cem.es

DÍAZ, A. Calibración del frenómetro. En: Desarrollo y validación de los procedimientos de calibración de los sistemas de medición de RITEVE SYC, S. A. Universidad de Costa Rica. 2004

GONZALES, Antonio, GÓMEZ, Félix, ALARCÓN, Mariano. Control de la eficacia de frenado en vehículos de masa máxima admisible(MMA) mayor de 3500 kg. Universidad de MURCIA, 2013. 317 pp.

INTECO. INTE-ISO 5725-2:2006, Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de precisión – Parte 2: método básico para la

determinación de la repetitividad y reproducibilidad de un método de medición normalizado. Primera edición. San José: Editor. 2006.

INSPECCIÓN de la eficacia de frenado para vehículos de masa máxima autorizada superior a 3500 kg mediante el método de extrapolación por González Carpena Antonio [*et al*]. Europa. 2012. 37pp.

RODRIGUEZ, Ana y RAMIREZ, María. Análisis y optimización del cálculo de la incertidumbre de un frenómetro. Tesis (Grado de Ingeniería Mecánica). Madrid: Universidad Carlos III, 20913. 105 pp.

SENABRE, C, VELASCO, E, VALERO, S. Análisis de datos de frenada de un vehículo sobre banco de rodillos de ITV y suelo plano variando el peso en el eje delantero y la presión de los neumáticos Universidad Miguel Hernández, Elche, España 2010. 12 pp.

SOLANO, Paula. Validación de un modelo matemático para la calibración de frenómetro para motocicletas y para Vehículos livianos. Costa Rica 2009. 44 pp.

ISSN: 1409-2441.

ANEXOS

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CASTRO KIKUCHI JORGE ISAAC/ MONTES OLIDEN LIA ESTHER					
2.- Placa:	M2G130	8.- Combustible:	GASOLINA	14.- N° de asiento:	5/4
3.- Categoría:	M1	9.- N° de serie:	PS470241	15.- Largo /Ancho /Altura:	4.26 /1.540 /1.500
4.- Marca:	VOLKSWAGEN	10.- N°de motor:	BJ188404	16.- Color:	GRIS TITANIO
5.- Modelo:	1300	11.- Carrocería:	COUPE	17.- Peso neto en (Kg):	790
6.- Año de fabricación:	1,977	12.- Marca de carrocería:	VOLKSWAGEN	18.- Peso Bruto:	1170
7.- Kilometraje:	5,075	13.- N° de ejes / N° de ruedas:	2/4	19.- Carga útil en (Kg):	380

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA:	IRH SAC
2.- LINEA:	MIXTA
3.- FRENOMETRO:	VTEQBRAK
	N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ			%	
1°	532	1.52	1.65	8	A	68	A
2	327	1.2	1.32	9	A	68	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ			%	
1°							
2°	327	1.2	1.32	9	A	79	A
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CHAVEZ VERA MARCELO			
2.- Placa: M1Y- 717	8.- Combustible: DIESEL	14.- N° de asiento: 16	
3.- Categoría: M2- CMTA RURAL	9.- N° de serie: VWGE24012066	15.- Largo /Ancho /Altura: 4.60 /1.80 /1.75	
4.- Marca: NISSAN	10.- N°de motor: TD27105722	16.- Color: BLANCO	
5.- Modelo: HOMY	11.- Carroceria: MICROBUS	17.- Peso neto en (Kg): 1770	
6.- Año de fabricacion: 1997	12.- Marca de carroceria: NISSAN	18.- Peso Bruto: 2870	
7.- Kilometraje: 39093	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 1100	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC
2.- LINEA: MIXTA
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	1045	3.65	3.74	2	A	62	A
2°	754	1.78	1.84	3	A	62	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	754	1.78	1.84	3	A	49	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: GERENCIA SUB REGIONAL CHOTA			
2.- Placa: EGC- 318	8.- Combustible: DIESEL	14.- N° de asiento: 4	
3.- Categoría: NI CMTA PICKUP	9.- N° de serie: MROFZ22G9A1036840	15.- Largo /Ancho /Altura: 5.25/ 1.76/ 1.81	
4.- Marca: TOYOTA	10.- N°de motor: 1KD5050888	16.- Color: GRIS OSCURO METALICO	
5.- Modelo: HILUX 4X4 C/D M/T STD D	11.- Carroceria: PICK UP	17.- Peso neto en (Kg): 1882	
6.- Año de fabricacion: 2010	12.- Marca de carroceria: TOYOTA	18.- Peso Bruto: 2840	
7.- Kilometraje: 18916	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 0958	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC
2.- LINEA: MIXTA
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%		%	
1°	1154	3.98	4.25	6	A	66	A
2°	741	1.96	2.14	8	A	66	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%		%	
1°	741	.96	2.14	8	A	56	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CUEVA VALDIVIEZO SANTIAGO					
2.- Placa:	M10- 246	8.- Combustible:	GASOLONA	14.- N° de asiento:	5
3.- Categoría:	M1- AUTOMOVIL	9.- N° de serie:	SCP100358283	15.- Largo /Ancho /Altura:3.64/ 1.66 /1.55	
4.- Marca:	TOYOTA	10.- N°de motor:	1SZ0900750	16.- Color:	BLANCO
5.- Modelo:	VITZ	11.- Carroceria:	HATCH BACK	17.- Peso neto en (Kg):	850
6.- Año de fabricacion:	2001	12.- Marca de carroceria:	TOYOTA	18.- Peso Bruto:	1270
7.- Kilometraje:	141800	13.- N° de ejes / N° de ruedas:	2/4	19.- Carga util en (Kg):	420

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA:	IRH SAC
2.- LINEA:	MIXTA
3.- FRENOMETRO:	VTEQ BRAK
	N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

EJES	PESO (Kg)	FRENO DE SERVICIO					RESULTADO
		FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	
		DER	IZQ	%		%	
1°	532	1.41	1.35	4	A	59	A
2°	334	1.1	1.18	7	A	59	A
3°							
4°							
5°							

EJES	PESO (Kg)	FRENO DE ESTACIONAMIENTO					RESULTADO
		FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	
		DER	IZQ	%		%	
1°	334	1.10	1.18	7	A	70	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: NAYLAMP EXPRESS S.R.L.			
2.- Placa: M2I- 956	8.- Combustible: DIESEL	14.- N° de asiento: 14	
3.- Categoría: M2-CMTA RURAL	9.- N° de serie: JN1TG4E259X660167	15.- Largo /Ancho /Altura: 4.99 /1.69 /1.99	
4.- Marca: NISSAN	10.- N°de motor: ZD30213562K	16.- Color: PLATA TITANIO METALICO	
5.- Modelo: URVAN	11.- Carroceria: MICROBUS	17.- Peso neto en (Kg): 1920	
6.- Año de fabricacion: 2008	12.- Marca de carroceria: NISSAN	18.- Peso Bruto: 3100	
7.- Kilometraje: 114811	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 1180	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC	
2.- LINEA: MIXTA	
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK	N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	1184	3.65	3.87	6	A	57	A
2°	841	1.89	1.98	5	A	57	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	841	1.89	1.98	5	A	47	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CAICEDO NIQUENREGORIO CELESTINO			
2.- Placa: M2P- 037	8.- Combustible: DIESEL	14.- N° de asiento: 15	
3.- Categoría: M2- CMTA RURAL	9.- N° de serie: LPBMBDTE89N505447	15.- Largo /Ancho /Altura: 5.26/ 1.70/ 2.06	
4.- Marca: BAW	10.- N°de motor: YC4F9021F340D900008	16.- Color: BLANCO	
5.- Modelo: BJ6520XBT3	11.- Carrocería: MICROBUS	17.- Peso neto en (Kg): 1885	
6.- Año de fabricación: 2009	12.- Marca de carrocería: BAW	18.- Peso Bruto: 2910	
7.- Kilometraje: 586723	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 1025	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC	
2.- LINEA: MIXTA	
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK	N°SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO			DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%				
				%				
1°	1174	3.85	3.98	3	A	61	A	
2°	757	1.85	1.94	5	A	61	A	
3°								
4°								
5°								

EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO			DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%				
				%				
1°	757	1.85	1.94	5	A	51	A	
2°								
3°								
4°								
5°								

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CRUZ TORRES JOSE LUIS			
2.- Placa: C7A-526	8.- Combustible: BI- COMBUSTIBLE. GLP	14.- N° de asiento: 5	
3.- Categoría: M1	9.- N° de serie: KLY3S11BRWC554183	15.- Largo /Ancho /Altura: 3.34/ 1.40/ 1.39	
4.- Marca: DAEWOO	10.- N°de motor: F8C010821	16.- Color: AMARILLO/ NEGRO	
5.- Modelo: TICO	11.- Carroceria: SEDAN	17.- Peso neto en (Kg): 715	
6.- Año de fabricacion: 1998	12.- Marca de carroceria: DAEWOO	18.- Peso Bruto: 1040	
7.- Kilometraje: 606386	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 325	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC	
2.- LINEA: MIXTA	
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK	N° SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	27	1.10	0.90	18	A	53	A
2°	258	0.74	0.81	9	A	53	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	258	0.65	0.84	23	A	22	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

D.1.7 : frenos principales o de servicio presentan desequilibrio de fuerza de frenado del lado a lado en el eje delantero entre 15 y 20 % - eje 1 (leve)

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: VARGA CHOLAN PEDRO ANCELMO			
2.- Placa:	M1Z- 669	8.- Combustible:	BI- COMBUSTIBLE
3.- Categoría:	M1- AUTOMOVIL	9.- N° de serie:	KL1MJ6A47AC542321
4.- Marca:	CHAVROLET	10.- N°de motor:	A08534837887KC2
5.- Modelo:	SPARK	11.- Carroceria:	HATCH BACK
6.- Año de fabricacion:	2010	12.- Marca de carroceria:	CHEVROLET
7.- Kilometraje:	81026	13.- N° de ejes / N° de ruedas:	2/4
		14.- N° de asiento:	4
		15.- Largo /Ancho /Altura:	3.49/ 1.49/ 1.50
		16.- Color:	VERDE
		17.- Peso neto en (Kg):	790
		18.- Peso Bruto:	1250
		19.- Carga util en (Kg):	460

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA:	IRH SAC
2.- LINEA:	MIXTA
3.- FRENOMETRO:	VTEQ BRAK
	N° SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ %	RESULTADO	EFICIENCIA %	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	524	1.45	1.54	6	A	61	A
2°	0	1	12	2	A	61	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA %	RESULTADO
		DER	IZQ				
1°	310	1	1.02	2	A	66	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: YAIPEN ZAPATA CARLOS EDUARDO			
2.- Placa: M1J- 717	8.- Combustible: DIESEL	14.- N° de asiento: 4	
3.- Categoría: NI- CMTA PICK UT	9.- N° de serie: MROER32G987003880	15.- Largo /Ancho /Altura: 2.25/ 1.76/ 1.81	
4.- Marca: TOYOTA	10.- N°de motor: 2KD7583522	16.- Color: BLANCO	
5.- Modelo: HILUX	11.- Carroceria: PICK UP	17.- Peso neto en (Kg): 1747	
6.- Año de fabricacion: 2008	12.- Marca de carroceria: TOYOTA	18.- Peso Bruto: 2740	
7.- Kilometraje: 237821	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 993	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC	
2.- LINEA: MIXTA	
3.- FRENOMETRO: VTEQ BRAK	N° SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%		%	
1°	1041	3.85	3.65	5	A	62	A
2°	751	1.68	1.74	3	A	62	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO

EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ			%	
1°	751	2.6	2.10	19	A	27	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE DATOS

I.- CARACTERISTICAS DEL VEHICULO

1.- Titular o propietario: CAMPOS MUÑOS MAXIMILIANO			
2.- Placa: B2V- 767	8.- Combustible: PETROLEO	14.- N° de asiento: 16	
3.- Categoría: M2	9.- N° de serie: LH1130110696	15.- Largo /Ancho /Altura: 4.300/ 1700/ 2000	
4.- Marca: TOYOTA	10.- N°de motor: 3L3970700	16.- Color: AZUL	
5.- Modelo: HICE	11.- Carrocería: MICROBUS	17.- Peso neto en (Kg): 1720	
6.- Año de fabricación: 1995	12.- Marca de carrocería: TOYOTA	18.- Peso Bruto: 2720	
7.- Kilometraje: 120312	13.- N° de ejes / N° de ruedas: 2/4	19.- Carga util en (Kg): 1000	

II.- DATOS DE LOS EQUIPOS

1.- EMPRESA: IRH SAC	
2.- LINEA: MIXTA	
3.- FRENO METRO: VTEQ BRAK	N° SERIE: 502709

III.- RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBA DE FRENOS

FRENO DE SERVICIO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ	%		%	
1°	1074	3.35	3.54	5	A	58	A
2°	758	1.85	1.74	6	A	58	A
3°							
4°							
5°							

FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
EJES	PESO (Kg)	FUERZA DE FRENADO		DESQ	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO
		DER	IZQ			%	
1°	758	1.85	1.74	15	A	24	A
2°							
3°							
4°							
5°							

IV.- OBSERVACIONES

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:
MEDINA VASQUEZ YOVANA EDITH
- Profesión:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
- Grado académico:
MAGISTER
- Actividad laboral actual:

DOCENTE UNIVERSITARIA EN LAS ESCUELAS DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y AGROINDUSTRIA EN LA USS.

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 <input checked="" type="checkbox"/> Muy alto
--------------	-----------	--------------	-----------	---

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	<input checked="" type="checkbox"/>		
b) Experiencia como profesional. (EP)	<input checked="" type="checkbox"/>		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	<input checked="" type="checkbox"/>		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		<input checked="" type="checkbox"/>	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	<input checked="" type="checkbox"/>		

Firma del entrevistado

YOVAN• EDITH MEDINA VÁSQUEZ
INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA
Reg. CIP. 178865

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: Poco pertinente: No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: Poco adecuadas: Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

4. Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
DATA	X			X			

5. ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Profundizar con loscos para prácticos.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:



Firma del Experto

YOVAN• EDITH MEDINA VÁSQUEZ

INGENIERA MECÁNICA ELECTRICISTA

Reg. CIP. 176865

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres:
REYES TASSARA PEDRO DEMETRIO
- Profesión: INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
- Grado académico: MAGISTER
- Actividad laboral actual:
ESPECIALISTA EN PROYECTOS ZONA NORTE GRUPO ORTIZ

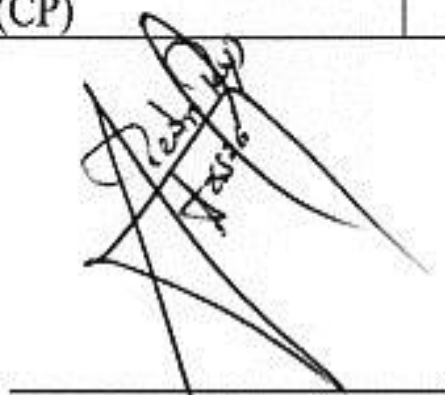
INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular	4 Alto	5 Muy alto X
--------------	-----------	--------------	-----------	--------------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)	X		
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)	X		
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)	X		
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)		X	



Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

1. ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?

Es pertinente: X Poco pertinente: No es pertinente:

Por favor, indique las razones:

POR SU IMPLEMENTACION _____

2. ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?

Son suficientes: X Insuficientes:

Por favor, indique las razones:

DIRECTAS _____

3. ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?

Son adecuadas: X Poco adecuadas: Inadecuadas:

Por favor, indique las razones:

 SON

ENTENDIBLES _____

4. Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
1	X			X			FORMATOS
2	X			X			ENCUESTAS

5. ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?
PRODUNDIZAR CON CASOS PRACTICOS

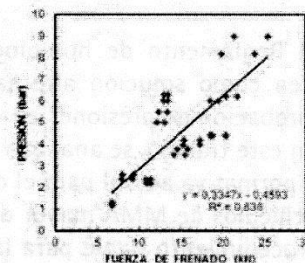
Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:



Firma del Experto

Inspección de la eficacia de frenado para vehículos de masa máxima autorizada superior a 3500 kg mediante el método de extrapolación



Braking effectiveness inspection for vehicles with a mass over 3500 kg using the extrapolation method

Antonio González-Carpena, Félix Cesáreo Gómez-de-León-Hijos, Francisco Miguel Moral-Moreno y Mariano Alarcón-García
Universidad de Murcia. Campus de Espinardo - 30100 Murcia (España). Tfno: +34 868887191. agoncar@um.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7562> | Recibido: 16/02/2015 • Aceptado: 29/04/2015

ABSTRACT

In January 2012, Directive 2009/40/EC, of the European Parliament and of the Council, came into force, on roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers, which Annex II was amended by Directive 2010/48/EU. This directive provides that, for measuring the braking effectiveness of vehicles of more than 3500 kg, it must be applied ISO 21069-1:2004 or equivalent method. The fundamental result is the establishment of braking effectiveness values for laden vehicles, which means, in practice, the change of the measurement procedures at Inspection Stations, with heavy investment in machinery and civil works, as well as pose a problem for users of certain types of vehicles that cannot go laden to inspections, such as buses and vehicles carrying dangerous goods. In this article, the procedures described in the above Directive will be analyzed in order to find the most suitable one for implementation in Inspection Stations, useful for all types of vehicles, minimizing these investments to be done and complying with the requirement indicated in the Directive: "technical inspection should be relatively simple, quick and cheap".

Key words: road safety, brakes, technical inspection, vehicle inspection, braking effectiveness.

lizar, y cumpliendo con el requisito indicado en la Directiva que sostiene que la inspección técnica "debe ser relativamente simple, rápida y barata".

Palabras clave: seguridad vial, ISO 21069, frenos, inspección técnica, inspección de vehículos, eficacia de frenado.

1. INTRODUCCIÓN

La inspección técnica de vehículos es un procedimiento que se aplica en muchos países por todo el mundo en base a una legislación de carácter nacional normalmente, aunque existen también normas, como los Reglamentos de Ginebra o las ISO, que armonizan estos procedimientos a nivel mundial.

Concretamente en la Unión Europea, en julio de 2010, se publicó la Directiva 2010/48/UE [1] de la Comisión Europea, por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 2009/40/CE [2] del Parlamento y del Consejo Europeo, relativa a la inspección técnica de los vehículos a motor y de sus remolques, modificando su Anexo II.

En el punto 1.2.2. de dicha Directiva, se indica que la evaluación de la eficacia de frenada debe realizarse mediante una prueba en aparato estático de comprobación de frenos o en carretera empleando un decelerómetro registrador. Además, establece que la inspección de los vehículos de masa máxima autorizada (MMA) superior a 3500 kg deben regirse por la ISO 21-069-1 [3] o un método equivalente.

Este cambio normativo ha significado una revolución en la Inspección Técnica de Vehículos en Europa, dado antes la prueba se podía realizar en vehículos descargados. Por ello, se ha estado investigando incansablemente acerca de cómo optimizar esta nueva situación. En anteriores trabajos, se ha estudiado el cambio normativo [4] y la inspección de la válvula ALB [5].

Un procedimiento similar está contemplado por la *National Highway Traffic Safety Administration* de EEUU, aunque no obliga a aplicar la norma ISO 21069-1 ni, por tanto, a que los vehículos acudan cargados a la inspección.

Esto ocasiona múltiples problemas, tanto para las estaciones donde se realiza la inspección técnica, que deben realizar fuertes inversiones para adaptar nueva maquinaria, como para los usuarios de los vehículos industriales, que muchas veces no disponen de la carga necesaria para la realización de esta inspección, debiendo de proceder incluso a varias operaciones de carga y descarga cuando el vehículo es rechazado en la inspección, que, en ocasiones debe ser reparado para posteriormente volver a comprobar la subsanación de los defectos hallados.

RESUMEN

En enero de 2012 entró en vigor la Directiva 2009/40/CE, relativa a la inspección técnica de los vehículos a motor y sus remolques, cuyo Anexo II fue modificado por la Directiva 2010/48/UE. Dicha directiva establece que, para la medición de la eficacia de frenado de servicio de los vehículos de más de 3500 kg, se debe aplicar la norma ISO 21069-1:2004 o un método equivalente. La consecuencia fundamental es el establecimiento de valores de eficacia de frenada para vehículos industriales cargados, lo que supone, en la práctica, variar los procedimientos de medición en todos los centros de inspección técnica de vehículos, con fuertes inversiones en maquinaria y obra civil, además de plantear un problema para los usuarios de cierto tipo de vehículos que no pueden presentarse a inspección cargados, como es el caso de los autobuses y los vehículos que transportan mercancías peligrosas.

En el presente artículo, se analizan los procedimientos descritos en la citada norma con el propósito de encontrar el más adecuado para su implantación en las estaciones de ITV, útil para todos los tipos de vehículos, minimizando las inversiones a rea-

VALIDACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA CALIBRACIÓN DE FRENÓMETROS PARA MOTOCICLETAS Y PARA VEHÍCULOS LIVIANOS

Paula Raquel Solano Sánchez

Resumen

Los frenómetros para motocicletas y vehículos livianos son equipos de medición utilizados para evaluar la eficacia de frenado de las motocicletas y de los vehículos livianos. Este artículo presenta un modelo matemático propuesto para la calibración específica de estos equipos de medición, las fuentes de incertidumbre consideradas para el modelo en cuestión y su cuantificación, así como los principales resultados de la validación de este modelo matemático. Al finalizar el proceso de investigación se concluye que el modelo matemático propuesto es adecuado para la calibración de este tipo de frenómetros, dado que el índice de idoneidad es de 2,2. Por otro lado, al comparar la mejor capacidad de medición del método propuesto con el método utilizado actualmente, se puede observar una mejora del 20 %.

Palabras clave: metrología, calibración, frenómetros, incertidumbre.

Abstract

The force measurement equipment used for motorcycles and light vehicles are measuring equipment used to assess the effectiveness of the braking of motorcycles and light vehicles. This article presents a mathematical model for the specific calibration of these measurement equipment. The sources of uncertainty considered for the model and their quantification as well as the main results of the validation of the mathematical model are included.

At the end of the research process it can be concluded that the mathematical model is adequate for the calibration of this type of force measurement equipment given that the suitability is 2,2.

On the other hand, when you compare the improved capacity of the proposed method, with the method used now, a 20 % improvement is observed.

Key words: metrology, calibration, force measurement equipment, uncertainty.

Recibido: 06 de febrero del 2009 • **Aprobado:** 17 de abril del 2009.

1. INTRODUCCIÓN

La inspección técnica vehicular es un conjunto de operaciones realizadas para la verificación del estado general de los vehículos automotores. Esta actividad propicia una cultura de mantenimiento vehicular permanente, incrementa la seguridad al detectar deficiencias de los vehículos producidas por el uso, favorece la reducción del consumo de los combustibles y consigue la reducción de la contaminación que produce el vehículo.

El proceso de inspección vehicular incluye la revisión visual de la estructura del vehículo, tal

como el estado de las llantas, el parabrisas, las luces, los cinturones de seguridad, entre otros. También se revisa la alineación de la dirección, la suspensión del vehículo, los frenos y los niveles de contaminantes en el gas de escape.

Para la verificación del estado del sistema de frenos de los vehículos se utiliza un frenómetro. Con él se evalúa la eficacia de frenado; es decir, la relación entre la fuerza total de frenado del vehículo y el peso de este, expresada en porcentaje.

En Costa Rica se utilizan tres tipos de frenómetros de rodillos: frenómetros para motocicletas, frenómetros para vehículos livianos,

Control de la eficacia de frenado en vehículos de masa máxima admisible (MMA) mayor de 3500 kg



Antonio González-Carpena*
Félix Cesáreo Gómez-deLeón-Hijos*
Mariano Alarcón-García**

Ingeniero de Materiales
Dr Ingeniero Industrial
Dr. Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD DE MURCIA. Facultad de Informática* y Facultad de Química**.
Campus de Espinardo – 30100 Murcia. Tfno: +34 868 887191. agoncar@um.es

Recibido: 10/09/2012 • Aceptado: 04/02/2013

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5272>

CONTROL OF BRAKING EFFICIENCY IN THE VEHICLES OF MAXIMUM ALLOWABLE MASS (MAM) GREATER THAN 3500 KG

ABSTRACT

• In January 2012 Revision 7 of the Road Vehicles Inspection Manual came into force. The text of this Manual is based on Directive 2009/40/EC, amended by Directive 2010/48/EC, which modifies Annex II to the Directive, regarding technical inspections of motor vehicles and their trailers. It establishes, to measure the effectiveness of the service braking system of wheeled vehicles exceeding 3500 kg, that ISO 21069-1:2004 or any equivalent method shall be applied. Procedures described in the Standard were analysed in this paper with the aim to select the best one to be implemented in Vehicle Technical Inspection (VTI) test stations

• Keywords: Road Safety, ISO 21069, Brakes, Inspection, VTI.

RESUMEN

El 1 de Enero de 2012 entró en vigor la Revisión 7ª del *Manual de procedimiento de inspección*. En dicho manual se indica que para el cálculo de la eficacia de frenada se tendrá en cuenta la Masa Máxima Admisible del vehículo. Esta normativa obliga a que los vehículos de más de 3500 kg de MMA se presenten a inspección cargados. Después de un periodo de adaptación el 01 de Julio de 2012 se puso en marcha la citada normativa para vehículos de hasta 10.000 kg de MMA, siendo demorada esta puesta en marcha al 01 de Septiembre para vehículos de más de 10.000 kg. En el presente artículo se describen las adaptaciones necesarias para la puesta en marcha de la citada normativa y la problemática asociada a las mismas.

Palabras clave: Seguridad Vial, ISO 21069, Frenos, Inspección, ITV.

INTRODUCCIÓN

En junio de 2010 se publica la directiva 2010/48/CE [1] relativa a la inspección

técnica de los vehículos a motor y de sus remolques entrando en vigor antes del 31 de Diciembre de 2011. En el punto 1.2.2. de dicha directiva, referido a la eficacia de frenada, se indica literalmente: “Prueba en aparato estático de comprobación de frenos o, si no pudiera utilizarse por razones técnicas, una prueba en carretera empleando un decelerómetro registrador. Se deben inspeccionar los vehículos o remolques de masa máxima autorizada (MMA) superior a 3500 kg, de acuerdo con las normas dadas por la ISO 21069-1:2004 [3] o los métodos equivalentes”.

Según datos del Ministerio de Industria, durante el año 2010 se realizaron en España un total de 976.356 inspecciones de vehículos de MMA > 3500 kg, afectados por la citada normativa y cuya distribución por tipo de vehículo se puede observar en el Gráfico 1. Dicha norma establece que la prueba se debe realizar en vehículos cargados o bien simulando carga.

Se entiende por eficacia de frenado (E) la relación de las fuerzas de frenado con respecto a la masa máxima autorizada (MMA) o, si se trata de semirremolques, a la suma de las cargas por eje autorizadas.