



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA: Estudio de las presiones hidráulicas en un sistema de frenos ABS.

Diego Francisco Sanmartín Vaca
Mateo Alexander Marcillo Loayza

Director: Ing. Miguel Granja

Quito, noviembre 2017

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por darme la vida y la oportunidad de culminar mis estudios universitarios. Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y en especial de mi carrera universitaria.

Agradezco a mis hermanos por estar presentes siempre y en todo momento, dándome apoyo o aconsejándome para ayudarme a cumplir con mis objetivos. A mis abuelos por siempre tenerme presente en sus oraciones.

Quiero agradecer a mis amigos, profesores de la universidad y a todas las personas presentes a lo largo de este camino que de una u otra forma colaboraron con mi crecimiento personal y profesional.

Mateo Alexander Marcillo Loayza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por dejarme llegar hasta esta etapa de mi vida. A mi Papa, que con su ejemplo de líder me ha enseñado a no caer ni rendirme ante nada. A mi Familia por haberme brindado siempre su apoyo a cada momento.

Diego Francisco Sanmartín Vaca

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis padres y hermanos, ya que sin su apoyo incondicional no hubiera llegado a donde estoy ahora.

A mis abuelos por siempre estar presentes en cada etapa de mi vida y a mis compañeros de universidad por compartir este largo camino junto a mí.

Mateo Alexander Marcillo Loayza

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo en primer lugar a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento muy especial en mi formación profesional. A mi Papa, quien fue mi apoyo incondicional durante toda esta etapa de mi vida. A mi Mama, por demostrarme su apoyo y a pesar de los problemas estar siempre ahí. A mi hermano, por recibirme con una sonrisa y un abrazo brindándome su apoyo a cada momento.

A toda mi familia en general, porque han estado presentes en cada parte de mi trayecto en especial a mi Tía Susana y mi Tío Silvio quienes se preocuparon que me siga superando a pesar de las adversidades.

A mis Amigos, en especial a la Sra. Laura Jironza y el Crnl. Gabriel Armas ya que con su ayuda hicieron que esto se haga realidad brindándome su apoyo y lealtad a cada momento.

Diego Francisco Sanmartín Vaca

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

**ESTUDIO DE LAS PRESIONES HIDRÁULICAS EN UN SISTEMA DE
FRENOS ABS.**

Mateo Alexander Marcillo Loayza

Estudiante egresado de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: mateomarcillo@gmail.com

Diego Francisco Sanmartín Vaca

Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

UIDE, Quito, Ecuador

Email: diego.pancho1722@gmail.com

RESUMEN

Los estudios realizados en la Universidad Internacional del Ecuador sobre la presión hidráulica del sistema de frenos ABS, se realizó con dos vehículos de la misma marca, pero con sistema de frenado diferentes. Los mismos que fueron sometidos a una prueba de frenado en una máquina llamada frenómetro y en escáner. El objetivo de la prueba es determinar la diferencia del funcionamiento de un vehículo con frenos ABS y uno sin el mismo sistema y medir la efectividad de frenado de los dos vehículos. Una mejor respuesta de frenado y un menor bloqueo de las llantas significan que el auto va a ser más seguro al momento de tener que bajar la velocidad bruscamente.

Mediante las pruebas realizadas, se observó que el Chevrolet Sail tenía un mejor sistema de seguridad con el ABS, ya que evita que las ruedas se boqueen al momento de presionar el pedal de freno. El Chevrolet Aveo sin ABS demostró ser menos seguro al momento de realizar una frenada similar, ya que, al no contar con el sistema electrónico, las ruedas se bloqueaban. Al bloquearse las ruedas en el momento de la frenada, se pierde el

control del auto y no es posible esquivar obstáculos en la vía.

Palabras clave: ABS, frenómetro, respuesta de frenado, bloqueo de llantas.

ABSTRACT

The studies carried out at the International University of Ecuador on the hydraulic pressure of the ABS braking system were carried out with two vehicles of the same brand, but with different braking systems. The same ones that were subjected to a braking test in a machine called a brake tester and a scanner. The objective of the test is to determine the difference in the operation of a vehicle with ABS brakes and one without the same system and to measure the braking effectiveness of the two vehicles.

Through these tests, we observed that the Chevrolet Sail had a better security system with the ABS, because it prevents tire locking when the brake pedal is pushed on abruptly. The Chevrolet Aveo without ABS demonstrated being less safe at the time of braking in a similar manner, because by not having the ABS installed, the tires locked with ease. Tire locking is extremely dangerous when braking because vehicle control is totally lost, making obstacles in the road unavoidable.

Keywords: Fuel, Emissions, Regulations, Contamination.

1. INTRODUCCIÓN.

La prueba se realizará en dos vehículos de la misma marca, los cuales son de marca Chevrolet modelo Sail y Aveo. La prueba consiste en comparar las diferencias que existen entre un sistema de freno ABS y un sistema de freno convencional. El objetivo por el cual realizaremos esta prueba es por motivos de comprobar la seguridad que brinda el sistema ABS y sistema convencional, para que la población pueda estar al tanto de la seguridad que brindan y sirva como guía al momento de comprar un vehículo.

La prueba se realizará mediante un instrumento llamado frenómetro el cual tiene la función de comprobar la eficiencia y tiempo de freno de ambos sistemas.

El frenado de servicio debe permitir controlar el movimiento del vehículo y detenerlo de una forma segura, rápida y eficaz, cualesquiera que sean las condiciones de velocidad y de carga y para cualquier pendiente ascendente o descendente en la que el vehículo se encuentre. Su acción debe ser regulable.

El conductor deberá poder conseguir ese frenado desde su asiento, sin separar las manos del órgano de dirección. El dispositivo de frenado de servicio,

deberá actuar sobre todas las ruedas del vehículo. [1]

La medición de la frenada en el banco de rodillos de ITV, se realiza situando el vehículo sobre los rodillos que giran a una velocidad de 5km/h, que la rueda intentará detener mediante la frenada. En este proceso se registra el valor de la presión del circuito hidráulico de frenos del vehículo, y el valor deslizamiento sabiendo la velocidad angular tanto de los rodillos como de las ruedas del vehículo utilizado dos encoders de la marca OMRON uno modelo E6B2-CWZ6C, y otro modelo E6B2-CWZ1X”.

2. MARCO TEORICO.

2.1.Presión hidráulica

Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie. Y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza sobre una línea. [2]

2.2.Freno

Del latino *frenum*, es el mecanismo que permite que un dispositivo se detenga o reduzca su avance. Los frenos se

encargan de transformar la energía cinética de un objeto en trabajo o calor. [3]

2.3.Freno regenerativo

Un freno regenerativo o KERS (en inglés kinetic energy recovery system, «sistema de recuperación de energía cinética») es un dispositivo que permite reducir la velocidad de un vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es almacenada para un uso futuro. [4]

2.4.Freno hidráulico

El Freno hidráulico es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un líquido oleoso incompresible. La presión que se ejerce sobre un pistón que actúa sobre el líquido es transmitida a otros pistones que accionan los frenos, con lo cual se logra la misma presión de frenado en los distintos elementos de fricción y se evita la necesidad de realizar diferentes ajustes.

Su principal función es disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido. El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de

una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda. [5]

2.5.Sistema de frenos

El más importante para la seguridad vial del automóvil. Por tal motivo las autoridades de los diferentes países establecen reglas y parámetros a cumplir por los automóviles en cuanto a distancia y estabilidad de la carrera de frenado. Por su parte los fabricantes y desarrolladores del automóvil, se esfuerzan cada día más en lograr sistemas de frenos seguros y duraderos. [6]

2.6.Líquido de frenos

El líquido de frenos es un líquido hidráulico que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno a los cilindros de freno en las ruedas de automóviles, motocicletas, camionetas y algunas bicicletas avanzadas. El líquido de frenos se compone normalmente de derivados de poliglicol. En casos extraordinarios (ej. coches antiguos, ejército) se usan líquidos de silicona y aceites minerales. El punto de ebullición del líquido de frenos ha de ser elevado ya que las aplicaciones de frenos producen mucho calor, además la formación de burbujas puede dañar el freno, y la temperatura de

congelación ha de ser también muy baja, para que no se congele con el frío. [3]

2.7.Control de estabilidad electronico

El ESC (por sus siglas en inglés Electronic Stability Control) es un sistema computarizado que mejora la estabilidad del vehículo al detectar y reducir las pérdidas de tracción. Él sistema frena automáticamente para ayudar a curvar al vehículo, aplicando el freno en las ruedas independientemente con el ABS.

2.8.Sistema ABS

El ABS (por sus siglas en inglés, Anti-lock Braking System) es un sistema de frenado que evita que las ruedas se bloqueen y patinen al frenar, con lo que el vehículo no solamente desacelera de manera óptima, sino que permanece estable y direccionable durante la frenada (podemos girar mientras frenamos). Fue diseñado para ayudar al conductor a mantener cierta capacidad de dirección y evitar el arrastre durante el frenado. Con el sistema ABS se impide que ninguna de las 4 ruedas patine, lo que permite dirigir el vehículo y seguir manteniendo el frenado (frenar y dirigir al mismo tiempo).

2.9. Sistema de control de traccion

El TCS (por sus siglas en inglés, Traction Control System) funciona cuando la aceleración y el torque no concuerdan con las condiciones de la superficie. Este sistema funciona en conjunción con el ABS, ya que, al detectar una falta de tracción, aplica fuerza de frenado a una o más llantas independientemente, al mismo tiempo que corta potencia del motor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Vehículos

Para el estudio usamos como vehículos: Chevrolet Aveo 2006, (es un automóvil con un motor 1.6 cc de cuatro cilindros con una potencia de 103 HP, consta con frenos de disco en las llantas delanteras y tambor en las traseras, no cuenta con sistema ABS) y Chevrolet Sail 2018 (consta con un motor 1.6 cc de cuatro cilindros con una potencia de 109 HP, tiene frenos de disco en la parte delantera y tambor en las traseras, incluyen frenos antibloqueo (ABS) opcionales con distribución electrónica de fuerza de frenado).

Los vehículos son comparados con datos ideales tienen un diferente kilometraje y año de fabricación, para así tener datos diferentes y poder hacer un estudio más real y exacto.

3.2.Manómetro

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como "Manómetros de Presión".

Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica (la de fuera, la atmósfera) con la de dentro del circuito por donde circula el fluido. Por eso se dice que los manómetros miden la presión relativa.

3.3.Escáner automotriz

Las funciones con las que cumple el escáner automotriz son sumamente importantes para tener en cuenta el buen funcionamiento del auto. Para sacar todo el provecho del escáner debemos conocer su uso y sus principales funciones: leer o ver la identificación ECU; de igual manera, identificar los códigos de error de la lectura inicial, borrar los códigos de error que aparecen en la lectura inicial y realizar un

autodiagnóstico de forma global en el automóvil.

El escáner nos ayuda a medir la presión hidráulica hacia cada rueda por medio del sistema de frenado ABS y así tener un dato comparativo hacia un sistema de frenado de disco o tambor, ya que los modelos actuales de vehículos poseen sensores para tener dicho dato.

3.4.Frenómetro

Puede ser para vehículos livianos de hasta 2500kg por eje o para pesados de hasta 15.000kg por eje.

Mide las fuerzas de frenado, asimetría por eje, eficiencias parciales y totales, desaceleración y freno de mano.

El modelo de frenómetros para livianos viene equipado con motores de 5HP y el de pesados con 15 HP.

La eficiencia de los frenos es la diferencia de frenado que existe entre los ejes, y esta se expresa en forma de porcentaje. Y se calcula en función del peso del automóvil y la fuerza máxima de frenado de las cuatro ruedas, eje por eje, al pisar el pedal de freno el conductor hasta la situación límite de bloqueo. El valor de la eficacia admisible recomendada debe ser igual o superior al 60% para el equipo de frenos deservicio, e igual o superior al 20% para el freno de estacionamiento. Y Por lo general, los

rodillos de estos equipos están recubiertos por un asfalto plástico áspero cuyo coeficiente de adherencia equivalente es de 0.8.

3.5. Prueba de presión de frenado con manómetro

- 1.-Colocar el vehículo en una superficie plana con el freno de mano
- 2.-Levantando el vehículo con una gata hidráulica o elevador y retirar las llantas
- 3.-Al retirar las llantas esto da acceso a la pinza de freno
- 4.-Quitar la válvula de purga que está en la parte superior de la mordaza o pinza de freno
- 5.-Encontrar el adaptador para la mordaza, en el kit de prueba de presión de frenado. Que encaje en su lugar
- 6.-Colocar el indicador de presión al acople o adaptador
- 7.-Pidiendo a otra persona que pise el freno mientras la otra persona mira y anota la presión del freno con el medidor.

3.6. Prueba de presión de frenado con escáner

En este caso vamos a realizar un diagnóstico de nuestro sistema ABS con el escáner automotriz para lo cual seguiremos los siguientes pasos.

1. Encender el escáner

2. Seleccionar la marca del auto en la lista de nuestro escáner
3. Conectar el puerto OBD2 a la computadora de nuestros autos modelo.
4. Seleccionar la opción de chasis
5. Seleccionar la pestaña de análisis de ABS
6. Seleccionar la opción de lectura de datos actuales
7. Tomar nota de los datos que nos brinde el escáner automotriz

Al conocer los pasos de nuestro escáner automotriz, procederemos a hacer las pruebas en nuestros autos modelos para tener datos en vivo. Utilizando el escáner vamos a tener una cantidad de datos de cada rueda, de la presión con la que actúa el **ABS** en el auto.

3.7. Prueba de eficacia del freno

En la comparación que vamos a realizar con nuestros autos modelos, solamente uno de estos cuenta con el sistema ABS el cual le permite una mejor estabilidad al auto al momento del frenado, con lo cual es más fácil maniobrar y ejerce una presión equitativa.

Los pasos a seguir para utilizar el frenómetro son los siguientes:

1. Subir lentamente el vehículo al juego de rodillos.
2. Seleccionar el modo de operación (automático-manual).

3. Corregir variando la posición del volante.
4. Asegurar que las ruedas que están fuera del juego de rodillos con el freno de mano o calzos.
5. Secar los frenos (frenando).
6. Incrementar lentamente la fuerza de frenado.
7. Comprobar el eje siguiente.

3.8. Normativa

En el Ecuador se obliga que los automotores de 4 ruedas deban tener un sistema de frenos ABS, rigiéndose en la RTE Inen 034. Pues así se implementa un sistema de seguridad anti-derrape y bloqueo a los automotores ecuatorianos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

	Año	Kilometraje
Chevrolet Sail	2018	2000
Chevrolet Aveo	2006	210000

Tabla 1. Kilometraje actual de vehículos
Fuente: Autores

En la tabla 1 tenemos el kilometraje y el año de los vehículos de pruebas lo cual es muy esencial saber estos datos para poder analizar y determinar los datos extraídos de las pruebas, el año y kilometraje de los vehículos son esenciales porque es una ayuda para

saber si por el pasar del tiempo o el recorrido la presión disminuye.

Vehículo	Presión
Aveo 2006	13 N/m²
Sail 2018	16 N/m²

Tabla 2. Presión de frenado
Fuente: Autores

Los resultados de la tabla 2 fueron obtenidos gracias a un scanner automotriz el cual nos ayudó con los valores.

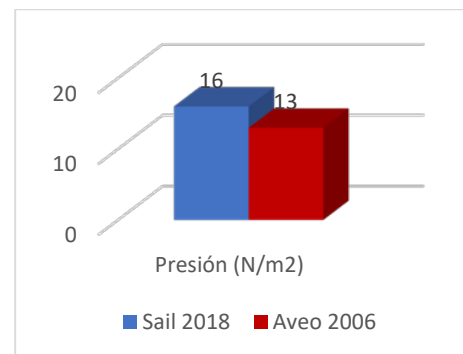


Figura 1. Presión de frenado
Fuente: Autores

La figura 1 representa el desgaste que existió en la prueba, en dos autos que tienen el mismo perfil, el vehículo Aveo presenta un desgaste por el año, también puede ser que el dueño no se preocupó de cambiar el líquido de freno y por ende puede estar bajando la presión, o puede ser que la bomba de freno este desgastada.

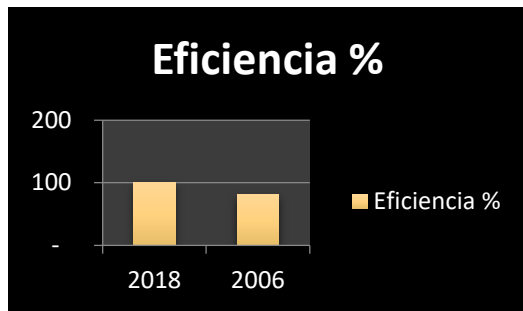


Figura 2. Eficiencia de frenado

Fuente: Autores

Podemos observar que la eficiencia de presión hidráulica de un sistema ABS es del 100% en el Sail 2018 y podemos ver que el Aveo 2006 tuvo un desgaste del 19% de la presión, el desgaste puede ser también por los sellos de los frenos.

La electroválvula ayuda mucho a la hora de enviar presión, la válvula se abre cuando la presión de la bomba de frenos es inferior a la presión del estribo.

Pero al igual podemos ver que la presión del sistema de frenado del Aveo cuando era nuevo, puede haber sobrepasado los 16 Nm², ya que el Sail de concesionario tiene los mismo 16Nm². Las piezas que se hacían antes, se las probaba para que duren y que tengan una mayor autonomía y de mejor calidad, en cambio, las piezas de ahora, se las hace más para que la concesionaria tenga más ingresos de servicio al cliente, ya sea taller o en venta de repuestos.

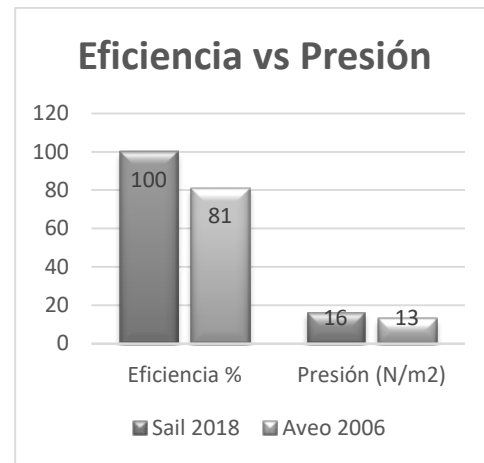


Figura 3. Eficiencia vs presión

Fuente: Autores

En esta tabla representa de mejor manera el desgaste que sufrió la presión del freno del Aveo 2006, y la calidad de bombas de freno actuales, que se venden en el mercado ecuatoriano.

5. CONCLUSIONES

El sistema de freno ABS nos permite maniobrar mientras se produce el frenado ya que no bloquea las llantas, le dan un mayor control al conductor sobre el vehículo, al igual que cuando el conductor desea realizar un frenazo de emergencia tiene que llevar el pedal del freno hasta al fondo así reduce la presión del sistema hidráulico y deja libre la dirección para poder maniobrar de mejor manera.

El sistema de frenos convencional bloquea por completo las llantas, por lo que al momento de realizar un frenazo de emergencia se pierde la maniobrabilidad

del vehículo y por ende el conductor se debe anticipar al frenado e ir frenando progresivamente para así tener posibilidad de maniobrar.

6. REFERENCIAS

- [1] I. D. L. S.A., «laitv,» 16 02 2016.
[En línea]. Available:
<http://www.laitv.com/control-de-frenos-en-la-inspeccion-tecnica-de-vehiculos-freno-de-servicio/>.
[Último acceso: 01 11 2017].
- [2] R. Resnick, Física vol. 1.,
Compañía Editorial Continental,
(1993).
- [3] J. P. Porto, «Freno,» *definicion.de* ,
2011.
- [4] FIA, «Technical Regulations
Released by FIA,» 209.
- [5] C. d. autores, sistema de direccion
y freno de los vehiculos
automotores, Habana, 1981.
- [6] D. Meganeboy, « Sistema de
Frenos,» *Aficionados a la
mecanica*, 2014.

7. ANEXOS

MAGNITUD DE PRESIÓN

En física, la presión (símbolo P) es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Presión: Magnitud que se define como la derivada de la fuerza con respecto al área.

$$P = dF/dA$$

Cuando la fuerza que se aplica es normal y uniformemente distribuida sobre una superficie, la magnitud de la presión se obtiene dividiendo la fuerza aplicada sobre el área correspondiente.

$$P = F/A$$

Donde:

P : es la presión en Pa.

F : es la fuerza en N

A : es el área en m^2

Se expresa en unidades del sistema internacional de unidades (SI) mediante la unidad derivada denominada pascal (Pa) que corresponde a un newton por sobre metro cuadrado (N/m^2), siendo el newton la fuerza aplicada a un cuerpo de masa igual a 1 kg que le produce una aceleración de $1 m/s^2$.

En la mayoría de los casos la presión se mide directamente por su equilibrio con otra presión conocida, que puede ser la de una columna líquida, un resorte, un pistón cargado con un peso conocido, un diafragma o cualquier otro elemento que puede sufrir una deformación cuantitativa cuando se le aplica la presión.

Presión absoluta: Es la presión medida con referencia al vacío perfecto o “cero absoluto” que es un sistema cerrado hipotético en el cual no existe ninguna molécula en su interior.

Presión atmosférica: Presión que ejerce la atmósfera que rodea la tierra (barométrica) sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella (la presión atmosférica cambia con la altura sobre el nivel del mar y las condiciones atmosféricas).

Presión atmosférica normal (estándar): Presión atmosférica equivalente a una atmósfera igual a 101325 Pa (En base a la resolución 4 de la 10a. Conferencia general de Pesas y Medidas. CGPM 1954).

Presión relativa: Presión mayor o menor a la presión atmosférica, es la presión medida con referencia a la presión atmosférica.

Presión diferencial: Presión entre dos sistemas aislados (la presión relativa es una presión diferencial en que la presión de referencia es la atmosférica).

Vacío: Presión menor a la presión atmosférica, el vacío también puede medirse con respecto al "cero absoluto" como una presión absoluta menor a la presión atmosférica.

Manómetro: Es el nombre genérico de los instrumentos que miden presión. Generalmente se usa para designar a los instrumentos que miden presión arriba de la presión atmosférica.

Vacuómetro: Es el instrumento que mide presión por abajo de la presión atmosférica, ya sea presión negativa o presión absoluta.

Barómetro: Es un instrumento que mide presión atmosférica o barométrica.

Manovacuómetro: Son los instrumentos que pueden medir presión relativa negativa y presión relativa positiva.

Manómetro diferencial: Instrumento que se utiliza para medir la diferencia de presión entre dos sistemas.

La diseminación de la unidad de presión en nuestro país, se realiza a partir de los patrones nacionales cuya exactitud se transfiere a otros patrones de medición mediante calibraciones sucesivas en los que intervienen los laboratorios secundarios acreditados, hasta finalizar en la calibración de los instrumentos utilizados cotidianamente en todas las actividades que involucren una medición. Este eslabonamiento de mediciones sucesivas establece la cadena de trazabilidad y tiene la finalidad de que el instrumento proporcione resultados compatibles con el valor o los valores del patrón nacional, confiables y uniformes en sus diferentes niveles de incertidumbre. Cuando el instrumento se enlaza a los patrones nacionales, en la forma indicada anteriormente, se dice que el resultado de su medición tiene trazabilidad.

Para la magnitud de presión (absoluta y relativa) el Laboratorio de Presión de LACOMET cuenta con balanzas de peso muerto (máquinas de pistón giratorio basadas en el principio

de equilibrio de fuerzas), tanto en presión neumática como en presión hidráulica. Estas balanzas permiten diseminar la trazabilidad a los manómetros digitales patrón, que a su vez brindan el soporte de trazabilidad a la red de laboratorios de calibración y ensayo y a la industria nacional, mediante los servicios de calibración de manómetros, barómetros, y otros transductores.

En presión neumática se brindan servicios en el alcance de de 35 kPa a 7000 kPa y en presión hidráulica en el alcance de de 100 kPa a 120 000 kPa.

La presión es una [magnitud física](#) que mide la proyección de la fuerza en dirección [perpendicular](#) por [unidad de superficie](#), y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. En el [Sistema Internacional de Unidades](#) la presión se mide en una unidad derivada que se denomina [pascal](#) que es equivalente a una [fuerza](#) total de un [newton](#) actuando uniformemente en un [metro cuadrado](#). En el [Sistema Inglés](#) la presión se mide en [libra por pulgada cuadrada](#) que es equivalente a una fuerza total de una [libra](#) actuando en una [pulgada cuadrada](#).

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la [presión atmosférica](#), denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o [presión manométrica](#).

En un fluido en movimiento la presión hidrostática puede diferir de la llamada presión hidrodinámica por lo que debe especificarse a cuál de las dos se está refiriendo una cierta medida de presión.

En el marco de la [teoría cinética](#) la presión de un [gas](#) es explicada como el resultado macroscópico de las fuerzas implicadas por las colisiones de las moléculas del gas con las paredes del contenedor. La presión puede definirse por lo tanto haciendo referencia a las propiedades microscópicas del gas:

Para un gas ideal con N moléculas, cada una de [masa](#) m y moviéndose con una velocidad aleatoria promedio v_{rms} contenido en un volumen cúbico V las partículas del gas impactan con las paredes del recipiente de una manera que puede calcularse de manera estadística intercambiando [momento lineal](#) con las paredes en cada choque y efectuando una [fuerza](#) neta por unidad de [área](#) que es la presión ejercida por el gas sobre la superficie sólida.

La fuerza asociada a la presión en un [fluido](#) ordinario en reposo se dirige siempre hacia el exterior del fluido, por lo que debido al principio de acción y reacción, resulta en una [compresión](#) para el fluido, jamás una [tracción](#).

La superficie libre de un líquido en reposo (y situado en un campo gravitatorio constante) es siempre horizontal. Eso es cierto solo en la superficie de la Tierra y a simple vista, debido a la acción de la gravedad constante. Si no hay acciones gravitatorias, la superficie de un fluido es esférica y, por tanto, no horizontal.

En los fluidos en reposo, un punto cualquiera de una masa líquida está sometida a una presión que es función únicamente de la profundidad a la que se encuentra el punto. Otro punto a la misma profundidad, tendrá la misma presión. A la superficie imaginaria que pasa por ambos puntos se llama [superficie equipotencial](#) de presión o [superficie isobárica](#).

APLICACIONES DE PRESIÓN

Frenos hidráulicos

Muchos automóviles tienen sistemas de frenado antibloqueo ([ABS](#), siglas en inglés) para impedir que la fuerza de fricción de los [frenos](#) bloqueen las ruedas, provocando que el [automóvil](#) derrape. En un sistema de frenado antibloqueo un [sensor](#) controla la rotación de las ruedas del coche cuando los frenos entran en funcionamiento. Si una rueda está a punto de bloquearse los sensores detectan que la velocidad de rotación está bajando de forma brusca, y disminuyen la presión del freno un instante para impedir que se bloquee. Comparándolo con los sistemas de frenado tradicionales, los sistemas de frenado antibloqueo consiguen que el conductor controle con más eficacia el automóvil en estas situaciones, sobre todo si la carretera está mojada o cubierta por la nieve.

Refrigeración

La [refrigeración](#) se basa en la aplicación alternativa de presión elevada y baja, haciendo circular un fluido en los momentos de presión por una tubería. Cuando el fluido pasa de presión elevada a baja en el evaporador, el fluido se enfría y retira el calor de dentro del refrigerador.

Como el fluido se encuentra en un ciclo cerrado, al ser comprimido por un [compresor](#) para elevar su [temperatura](#) en el condensador, que también cambia de estado a líquido a alta presión, nuevamente está listo para volverse a expandir y a retirar calor (recordemos que el [frío](#) no existe es solo una ausencia de calor).

Neumáticos de los automóviles

Se inflan a una presión de 206 842 [Pa](#), lo que equivale a 30 [psi](#) (utilizando el psi como unidad de presión relativa a la presión atmosférica). Esto se hace para que los neumáticos tengan elasticidad ante fuertes golpes (muy frecuentes al ir en el automóvil). El aire queda encerrado a mayor presión que la atmosférica dentro de las cámaras (casi 3 veces mayor), y en los [neumáticos](#) más modernos entre la cubierta de [caucho](#) flexible y la [llanta](#) que es de un [metal](#) rígido.

PRESIÓN EJERCIDA POR LOS LÍQUIDOS

La presión que se origina en la superficie libre de los líquidos contenidos en tubos capilares, o en gotas líquidas se denomina presión capilar.

Se produce debido a la [tensión superficial](#). En una gota es [inversamente proporcional](#) a su [radio](#), llegando a alcanzar valores considerables.

Por ejemplo, en una gota de mercurio de una diezmilésima de milímetro de diámetro hay una presión capilar de 100 atmósferas. La presión hidrostática corresponde al cociente entre la fuerza normal F que actúa, en el seno de un fluido, sobre una cara de un cuerpo y que es independiente de la orientación de esta.

Depende únicamente de la profundidad a la que se encuentra situado el elemento considerado. La de un vapor, que se encuentra en equilibrio dinámico con un sólido o líquido a una temperatura cualquiera y que depende únicamente de dicha temperatura y no del volumen, se designa con el nombre de presión de vapor o saturación.

FRENO

Freno viene del término latino frēnum, es el [mecanismo](#) que permite que un dispositivo se detenga o reduzca su avance. Los frenos se encargan de transformar la energía cinética de un objeto (como un automóvil) en [trabajo](#) o [calor](#).

Por ejemplo: “El accidente se produjo porque al Fiat le fallaron los frenos y su conductor no pudo detener el vehículo”, “Mañana voy a llevar el coche al mecánico para que revise los frenos”, “Creo que los frenos de la bicicleta funcionan mal”.

Utilizando este término que nos ocupa hay que establecer que en algunos países también está lo que se conoce como cinta de frenos. Esta no es ni más ni menos que el material que se utiliza para llevar a cabo lo que es el forrado de las zapatas de los mencionados frenos. Un material que suele estar formado por hilos metálicos y amianto.

Existen diversos tipos de freno. Los frenos de fricción son aquellos que actúan, justamente, a través de fuerzas de fricción. Cuentan con un elemento fijo que ejerce presión sobre el objeto que se pretende desacelerar. Dentro de este grupo, es posible distinguir entre los frenos de tambor (la fricción es producida por pastillas que realizan una presión sobre el interior de un tambor que gira y que está adherido al eje o la rueda), los frenos de cinta (con una banda flexible que ejerce tensión sobre un cilindro solidario al eje que se desea manipular), los frenos de llanta (habituales en las bicicletas) y los frenos de disco (actúan sobre la rotación de la rueda).

Otras clases de frenos son los frenos eléctricos (crean corriente eléctrica para el frenado), los frenos mecánicos (transmiten la fuerza a través de cables o palancas), los frenos neumáticos (que funcionan con aire comprimido) y los frenos hidráulicos (con un líquido que se transmite vía pistones).

En el ámbito automovilístico hay que subrayar el protagonismo que desde hace unas décadas tienen los llamados frenos ABS que son un sistema antibloqueo de las ruedas de los coches. Gracias al mismo lo que se consigue es que durante el proceso del frenado de aquellos los neumáticos consigan una mayor adherencia. De esta manera, se apuesta de manera contundente por la seguridad de todos los individuos que vayan en el interior de dichos vehículos.

Asimismo, no hay que obviar la existencia de multitud de expresiones que utilizamos y que utilizan el término que ahora estamos tratando. De esta manera nos encontramos, por

ejemplo, con “correr sin frenos” que viene a determinar que una persona en cuestión está viviendo a un ritmo vertiginoso que le está haciendo disfrutar de todo tipo de placeres.

Mucho más coloquial es la expresión “cuesta abajo y sin frenos”. La misma se emplea cuando se quiere expresar que bien una persona o bien una situación está en un punto en el que todo parece estar encaminado de manera peligrosa, no hay vuelta atrás, va muy rápido y parece indicar que los resultados van a ser nefastos.

En algunos países, se conoce como frenos al dispositivo odontológico que permite corregir la desviación de los dientes: “Uso frenos desde los catorce años”, “El dentista me recomendó que utilice frenos”.

Existen diversos tipos de freno. Los frenos de fricción son aquellos que actúan, justamente, a través de fuerzas de fricción. Cuentan con un elemento fijo que ejerce presión sobre el objeto que se pretende desacelerar. Dentro de este grupo, es posible distinguir entre los frenos de tambor (la fricción es producida por pastillas que realizan una presión sobre el interior de un tambor que gira y que está adherido al eje o la rueda), los frenos de cinta (con una banda flexible que ejerce tensión sobre un cilindro solidario al eje que se desea manipular), los frenos de llanta (habituales en las bicicletas) y los frenos de disco (actúan sobre la rotación de la rueda).

Otras clases de frenos son los frenos eléctricos (crean corriente eléctrica para el frenado), los frenos mecánicos (transmiten la fuerza a través de cables o palancas), los frenos neumáticos (que funcionan con aire comprimido) y los frenos hidráulicos (con un líquido que se transmite vía pistones).

En el ámbito automovilístico hay que subrayar el protagonismo que desde hace unas décadas tienen los llamados frenos ABS que son un sistema antibloqueo de las ruedas de los coches. Gracias al mismo lo que se consigue es que durante el proceso del frenado de aquellos los neumáticos consigan una mayor adherencia. De esta manera, se apuesta de manera contundente por la seguridad de todos los individuos que vayan en el interior de dichos vehículos.

Frenos de disco

Este tipo de freno adoptado en la mayoría de los vehículos de turismo, tiene la ventaja sobre el freno de tambor de que su acción de frenado es más energética, obteniendo, por tanto, un menor tiempo de frenado que se traduce en una menor distancia de parada. Ello es debido a que elementos de fricción van montados al aire, al disponer de una mejor refrigeración, la absorción de energía y transformación en calor se puede realizar más rápidamente.

Otra de las ventajas de estos frenos es que en ellos no aparece el fenómeno de "fading" que suele presentarse en los frenos de tambor. Este efecto se produce cuando por un frenado energético o frenados sucesivos, el tambor no tiene tiempo de evacuar el calor absorbido en la transformación de energía. En estas condiciones, el tambor se dilata alejando la superficie de adherencia del contacto con las zapatas, quedando momentáneamente el vehículo sin frenos.

En los frenos de disco al mejorar la evacuación del calor no existe calentamiento crítico y por tanto dilatación, pero en caso de haberla el disco se aproximaría más a las pastillas de freno, lo cual favorecería la presión y efecto de frenado.

Frenos de tambor

Este tipo de freno está constituido por un tambor, que es el elemento móvil, montado sobre el buje de la rueda por medio de unos tornillos o espárragos y tuercas, del cual recibe movimiento, y un plato de freno, elemento fijo sujeto al puente o la mangueta. En este plato van instalados los elementos de fricción, llamados ferodos, y los mecanismos de accionamiento para el desplazamiento de las zapatas.

Tambor

El tambor es la pieza que constituye la parte giratoria del freno y que recibe la casi totalidad del calor desarrollado en el frenado.

Se fabrica en fundición gris perlática con grafito esferoidal, material que se ha impuesto por su elevada resistencia al desgaste y menor costo de fabricación y que absorbe bien el calor producido por el rozamiento en el frenado. Cabe destacar también, para ciertas aplicaciones, las fundiciones aleadas, de gran dureza y capaces de soportar cargas térmicas muy elevadas.

Plato de freno

El plato de freno está constituido por un plato porta frenos o soporte de chapa embutida y troquelada, sobre el que se monta el bombín o bombines de accionamiento hidráulico y las zapatas de freno y demás elementos de fijación y regulación.

Las zapatas se unen por un extremo al bombín y por el otro a un soporte fijo o regulable; a su vez, se mantienen unidas al plato por medio de un sistema elástico de pasador y muelle, que permite un desplazamiento de aproximación al tambor y las mantiene fijas en su desplazamiento axial. El muelle, que une las dos zapatas, permite el retroceso de las mismas a su posición de reposo cuando cesa la fuerza de desplazamiento efectuada por el bombín.

Otros tipos de tipos de frenos Según el tipo de accionamiento:

Freno neumático o de aire

Es un tipo de freno cuyo accionamiento se realiza mediante aire comprimido. Se utiliza principalmente en trenes, camiones, autobuses y maquinaria pesada.

Al accionar el freno, la válvula deja pasar el aire comprimido del depósito hacia las cámaras de freno de las campanas, las cuales, mediante levas de accionamiento, desplazan las zapatas y forros contra el tambor en su interior. Al soltar el pedal, la válvula corta el paso del aire a presión y permite a la vez que salga el aire acumulado en las tuberías y cámaras de freno. La acción de la bomba depende de la presión ejercida por el conductor sobre el pedal de freno.

Frenos mecánicos

Es accionado por la aplicación de una fuerza que es transmitida mecánicamente, por palancas, cables u otros mecanismos a los diversos puntos del frenado. Se utiliza únicamente para pequeñas potencias de frenado y suele requerir frecuentes ajustes para igualar su acción sobre las ruedas.

Frenos hidráulicos

Es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un líquido oleoso incompresible. La presión que se ejerce sobre un pistón que actúa sobre el líquido es transmitida a otros pistones que accionan los frenos, con lo cual se logra la misma presión

de frenado en los distintos elementos de fricción y se evita la necesidad de realizar diferentes ajustes.

DEFINICIÓN DE PRINCIPIO DE PASCAL

El filósofo, matemático y físico Blaise Pascal, nacido el 19 de junio de 1623 en Francia y fallecido el 19 de agosto de 1662, realizó importantes aportes a la [ciencia](#). Uno de sus enunciados más famosos se conoce como principio de Pascal y hace referencia a que la [presión](#) que ejerce un fluido que está en equilibrio y que no puede comprimirse, alojado en un envase cuyas paredes no se deforman, se transmite con idéntica intensidad en todos los puntos de dicho fluido y hacia cualquier dirección..

La aplicación de esta [ley](#) puede observarse en diversos dispositivos que apelan a la [energía hidráulica](#). De acuerdo a lo advertido por Pascal, el agua que ingresa a un recipiente con las características mencionadas, puede ser expulsada por cualquier agujero que tengan a la misma presión y velocidad.

Para trabajar con el mencionado Principio de Pascal se recurre a la fórmula siguiente: $p = p_0 + \rho g h$. En esta la p es la presión total a la profundidad; la h es la medida en Pascales; la p_0 es la presión sobre la superficie libre del fluido; la ρ es la densidad del fluido y la g es la aceleración de la gravedad.

El principio de Pascal es la clave del funcionamiento de las prensas hidráulicas, un tipo de [máquina](#) se toma como base para la creación de frenos, elevadores y otros dispositivos que se utilizan en las industrias.

En concreto, la citada prensa hidráulica es una máquina muy sencilla y de corte similar a la famosa palanca de Arquímedes.

Una prensa hidráulica suele estar formada por un par de cilindros que se mantienen intercomunicados y que están llenos de aceite o de agua. A los lados de estos cilindros se instalan dos émbolos que se mantienen en contacto con el fluido. En el émbolo de menor sección se aplica una cierta [fuerza](#), generando una presión que se transmite a la totalidad del líquido. De acuerdo a la mencionada ley de Pascal, dicha presión será idéntica a la ejercida por el líquido en el otro émbolo.

No sólo en las prensas de tipo hidráulico se puede aplicar el mencionado Principio de Pascal. En concreto, tiene otras muchas utilidades en sistemas y dispositivos tales como los siguientes:

-En los neumáticos de los distintos vehículos existentes, que se inflan con una presión determinada teniendo en cuenta el argumento esgrimido por el físico francés.

-En el sistema de frenado antibloqueo de los automóviles, en el conocido sistema ABS. En concreto, en este caso, se parte del citado principio que nos ocupa para establecer un mecanismo que impide que las ruedas se bloqueen al frenar y que evita que el coche en cuestión pueda derrapar. Si apuesta por la seguridad del conductor y del resto de ocupación de un vehículo, este mecanismo además permite que quien está al volante tenga un mayor y mejor control de la conducción.

-De la misma manera, en los refrigeradores de cualquier tipo también se acude a hacer uso del Principio de Pascal. Así lo que se logra es que realicen su función correctamente, que no es otra que la de retirar el calor.

FRENO REGENERATIVO

Un freno regenerativo o KERS (en inglés kinetic energy recovery system, «sistema de recuperación de energía cinética») es un dispositivo que permite reducir la [velocidad](#) de un [vehículo](#) transformando parte de su [energía cinética](#) en [energía eléctrica](#). Esta energía eléctrica es almacenada para un uso futuro.

El freno regenerativo en [trenes](#) eléctricos alimenta la fuente de energía del mismo. En [vehículos de baterías](#) y [vehículos híbridos](#), la energía se almacena en un banco de [baterías](#) o un banco de [capacitores](#) para un uso posterior.

El freno regenerativo es un tipo de [freno dinámico](#). Otro tipo de freno dinámico es el [freno reostático](#), mediante el cual la energía eléctrica generada en la frenada es disipada en forma de [calor](#).

El frenado tradicional, basado en la [fricción](#), se sigue usando junto con el regenerativo por las siguientes razones:

El frenado regenerativo no reduce de manera efectiva la velocidad a niveles bajos

La cantidad de energía a disipar está limitada a la capacidad de absorción de ésta por parte del sistema de energía, o el estado de carga de las baterías o los capacitores. Un efecto no regenerativo puede ocurrir si otro vehículo conectado a la red suministradora de energía no la consume o si las baterías o capacitores están cargados completamente. Por esta razón es necesario contar con un freno reostático que absorba el exceso de energía.

Los frenos regenerativos se basan en el principio de que un [motor eléctrico](#) puede utilizarse como [generador eléctrico](#). El motor eléctrico de tracción se reconecta como generador durante el frenado y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica; es esta carga la que provee el efecto de frenado.

Un ejemplo temprano de este sistema fue el freno regenerativo desarrollado en [1967](#) para el vehículo [Amitron](#) de [American Motors Corporation](#) (AMC) y [Gulton Industries](#). Este vehículo era accionado completamente por baterías en fase prototipo que se recargaban por frenado regenerativo, lo que incrementaba el [rendimiento](#) del automóvil.

Durante el frenado, se modifican las conexiones del motor de tracción mediante un dispositivo electrónico, para que funcione como un generador eléctrico. Por ejemplo, los motores de corriente continua brushless (del inglés, sin escobillas), cuentan, normalmente, con sensores de [efecto Hall](#) para determinar la posición del rotor del motor, lo que permite tener información del vehículo y calcular cómo se ha de frenar la corriente generada en el motor hacia los sistemas de almacenamiento, que pueden ser [baterías](#) o [supercapacitores](#).

Los campos del motor se conectan al motor principal de tracción y las armaduras del motor se conectan a la carga. El motor de tracción excita los campos, las ruedas del vehículo, ya sea un [automóvil](#), un [trolebús](#), o una locomotora, al girar, mueven las armaduras, y los motores actúan como generadores. Cuando los motores funcionan como generadores, la corriente generada en ellos se puede hacer pasar a través de resistencias eléctricas, lo que daría lugar a un frenado reostático. Si se envía a la línea de suministro, en el caso de un trole, o una locomotora, o a las baterías o un supercapacitor, en el caso de un vehículo autónomo e independiente de una línea de corriente, se estaría hablando de frenado regenerativo.

Si el movimiento del vehículo es decelerado, el flujo de corriente a través de la armadura del motor durante ese frenado debe de ser contrario al que se utiliza para accionar al motor.

El esfuerzo de frenado es proporcional al producto de la fuerza magnética de las líneas de campo multiplicado por la velocidad angular de la armadura.

Los frenos reostáticos, a diferencia de los regenerativos, disipan la energía eléctrica en forma de calor al hacer circular la corriente generada durante el frenado, a través de enormes bancos de [resistores](#) variables o [reostatos](#). Los frenos reostáticos se utilizan en [carretillas elevadoras](#) y [trolebuses](#), además de las locomotoras eléctricas y diésel.

El calor generado por los resistores puede servir para calentar el interior del vehículo. Si el calor se disipa al exterior, se hace a través de capuchas enormes diseñadas para albergar los bancos de resistores.

La principal desventaja de los frenos regenerativos comparados con los reostáticos es la necesidad de igualar la corriente generada con la suministrada. Con las fuentes de corriente continua, esto requiere que el voltaje sea controlado estrictamente. Solamente con el desarrollo de la electrónica fue posible utilizar fuentes de [corriente alterna](#), pues la frecuencia del suministro también debe ser igualada.

Algunos ferrocarriles de montaña han usado corriente trifásica para accionar motores trifásicos de inducción. Esto redundaba en una velocidad casi constante mientras el motor funciona con la frecuencia necesaria al avanzar o al frenar.

Aplicaciones ferroviarias

Actualmente la energía eléctrica generada por el freno regenerativo se puede utilizar de diferentes maneras.

Devolución de la energía eléctrica a la red eléctrica.

En instalaciones ferroviarias con subestaciones de tracción en corriente alterna, al ser reversible el flujo de energía puede ser bidireccional, mientras que en las subestaciones de corriente continua el flujo es unidireccional no se podría devolver la energía a la red eléctrica. Para solventar este inconveniente hoy en día se pueden instalar un inversor conectado en paralelo a la subestación.

Almacenamiento en Acumuladores embarcados.

Este tipo de acumuladores lo utilizan por ejemplo los tranvías pertenecientes al modelo FREEDRIVE de la compañía CAF.

Almacenamiento en Acumuladores en tierra.

Un ejemplo práctico de este tipo de sistemas se pueden encontrar en los proyectos denominados FERROLINERAS.

Aplicaciones en el automovilismo

El dispositivo denominado KERS entró en vigor en 2009 en la competición de [Fórmula 1](#). Además de abaratar los costos, el objetivo de este dispositivo es aumentar la facilidad y el número de adelantamientos, que con el avance de la aerodinámica han ido disminuyendo. Se ha diseñado y desarrollado por Xtrac, Torotrak y Flybrid System con las especificaciones impuestas por la FIA y la UE.

Este componente funciona obteniendo la energía que se disiparía en forma de calor en las frenadas, acumulándola en un [volante de inercia](#). La idea es que esa energía almacenada otorgue una potencia extra de 60 [kW](#) (unos 81 [CV](#) / 80 [HP](#)) durante aproximadamente 6,67 segundos en la fase de aceleración tras la frenada. Sin embargo, es posible que la importancia del KERS vaya en aumento con los años, llegándose incluso a los 270 CV durante 8 [s](#) con los motores limitados a 400 CV que en principio llegarán en la próxima década.

Las escuderías podrán elegir entre tres opciones para diseñar el dispositivo: un sistema mecánico (similar a una [batería inercial](#)), un sistema eléctrico, o un sistema neumático. En principio la mayoría de equipos utilizarán la versión mecánica, ya que es más eficiente y compacta. Sin embargo, es posible que algún equipo se decante por la eléctrica ya que, aunque es menos eficiente porque debe convertir la energía mecánica en eléctrica y viceversa, tiene la ventaja de que puede colocarse en cualquier lugar del monoplaza (no como el mecánico que ha de estar cerca de la transmisión).

El desarrollo del KERS ha estado rodeado de problemas. Algunos equipos se opusieron a que se implementara en 2009, alegando problemas en el desarrollo y asegurando que retrasando su salida al 2010 se reducirían los costes. Además, un mecánico de [BMW](#) resultó herido por una descarga eléctrica mientras manipulaba un monoplaza que contenía el dispositivo en cuestión y la fábrica de [Red Bull Racing](#) hubo de ser evacuada por problemas de sobrecalentamiento con el KERS.¹ Los equipos convocaron una reunión en Hungría en la que se pretendía retrasar su implantación hasta 2010; sin embargo, no se llegó a tal acuerdo. No todos los equipos tuvieron listo el dispositivo para

el inicio de la temporada, y algunas escuderías anunciaron que no lo utilizarían en toda la temporada.

El uso del KERS se introdujo en los monoplazas de [Fórmula 1](#) en el 2009 al finalizar los tests en el [Circuito de Montmeló](#), siendo los primeros en implementar con relativo éxito este nuevo dispositivo la escudería [BMW](#). Los pilotos de la escudería [Nick Heidfeld](#) y [Robert Kubica](#), que se encontraban entre los pilotos con más peso corporal de la [Fórmula 1](#) mostraron su preocupación debido a que el peso reglamentario de los coches siguió siendo el mismo por lo que los pilotos que tenían mayor peso tenían menor lastre a repartir en el coche.

La escudería [Toyota](#) empezó la temporada en el Gran Premio de Melbourne sin el sistema KERS.²

[Ferrari](#) presentó su modelo F60 el 12/01/2009 con el sistema KERS incorporado y lo utilizó en el [Gran Premio de Australia](#) en Melbourne.

[Renault](#) fue el primer equipo en confirmar que usaría el sistema KERS en el [Gran Premio de Australia](#)

Aplicaciones en coches de calle

Si resulta ser un éxito, el [KERS](#) podría ser implementado en los coches de calle, evidentemente no de la misma forma que en un [Fórmula 1](#), sino usando continuamente la energía obtenida de las frenadas para reducir el consumo de combustible, de lo que se deduce que el KERS es un dispositivo ecológico.

La empresa [Toyota](#), desde 1997, comercializa el modelo Prius el cual usa un sistema de freno regenerativo; posteriormente desde el 2010, comercializa el modelo "[Auris Híbrido HSD](#)" que entre otras mejoras implementa este tipo de freno regenerativo.

La empresa [BMW](#), desde 2007 comercializa algunos modelos de serie con motorizaciones [diésel](#) y [gasolina](#) bajo la denominación Efficient Dynamics que entre otras mejoras incorpora un sistema que aprovecha la energía de frenado "Brake Energy Regeneration". Este sistema, de momento se utiliza para recargar la batería del vehículo sin necesidad de utilizar constantemente un [alternador](#) que mantenga la batería cargada, así ahorra combustible o gana potencia, según se mire.

También la empresa [Volvo](#) hizo público en 2011 sus resultados en el desarrollo de un sistema KERS propio de cara a implementarlo en sus vehículos de calle.⁵

La empresa Fiat S.P.A en 2013 ha proporcionado a su nuevo modelo Ferrari LaFerrari un sistema de KERS que desarrolla 163 cv de potencia

Kers en formula 1

Las ventajas del dispositivo KERS en [Fórmula 1](#) son bastante discutibles puesto que aunque aporta algo de potencia extra durante unos pocos segundos, penaliza los tiempos por el peso del propio dispositivo. La mayor parte de las escuderías que poseen este sistema en sus monoplazas deciden si lo utilizan o no dependiendo del tipo de circuito, ya que lo que en algunos circuitos es favorable en otros penaliza más de lo que aporta. En general en los circuitos rápidos y con rectas largas ([Monza](#), [Spa](#)) es mejor llevar KERS y en los más lentos y sin grandes rectas ([Mónaco](#), [Singapur](#)) es más favorable no llevarlo.

El 26 de julio de 2009 gana por primera vez un vehículo equipado con KERS una carrera de [Fórmula 1](#). El vehículo de la escudería [McLaren-Mercedes](#) y pilotado por [Lewis Hamilton](#) se impuso en el circuito de [Hungaroring](#), en Hungría.

El 23 de agosto de 2009 el GP de Europa realizado en el [Circuito urbano de Valencia](#) el KERS volvió a dar de que hablar, ya que pese a que el coche ganador no llevaba esta tecnología, el segundo y tercero llevaban KERS. Lo que pudo ser la segunda victoria del KERS se obstaculizó por un error en el pit lane de la escudería McLaren-Mercedes, donde se retrasó el coche de Lewis Hamilton y fue adelantado por el [Brawn GP](#) de [Rubens Barrichello](#).

El 30 de agosto de 2009 en el GP de Bélgica, en [Spa-Francorchamps](#), los monoplazas que aún mantienen el KERS han avanzado mucho, respecto a principios de temporada, adjudicándose por segunda ocasión un monoplaza con KERS la victoria; esta vez fue el [Ferrari](#) de [Kimi Räikkönen](#), quien admitió que tanto en la salida (donde ganó 4 posiciones), como luego de una bandera amarilla, atacó en las primeras tres curvas y en la salida de [Eau Rouge](#). Utilizando KERS logró colocarse en la primera posición, y pese a que el [Force India](#) de [Giancarlo Fisichella](#) era más veloz, pudo defender la posición hasta el final gracias a la utilización del KERS en las rectas y en la salida de curvas más lentas, dicho así por el mismo piloto.

El freno regenerativo es un tipo de [freno dinámico](#). Otro tipo de freno dinámico es el [freno reostático](#), mediante el cual la energía eléctrica generada en la frenada es disipada en forma de [calor](#).

El frenado tradicional, basado en la [fricción](#), se sigue usando junto con el regenerativo por las siguientes razones:

El frenado regenerativo no reduce de manera efectiva la velocidad a niveles bajos

La cantidad de energía a disipar está limitada a la capacidad de absorción de ésta por parte del sistema de energía, o el estado de carga de las baterías o los capacitores. Un efecto no regenerativo puede ocurrir si otro vehículo conectado a la red suministradora de energía no la consume o si las baterías o capacitores están cargados completamente. Por esta razón es necesario contar con un freno reostático que absorba el exceso de energía.

FRENO HIDRAULICO

El Freno hidráulico es el que aprovecha la acción multiplicadora del esfuerzo ejercido sobre un [líquido oleoso](#) incompresible. La [presión](#) que se ejerce sobre un [pistón](#) que actúa sobre el líquido es transmitida a otros pistones que accionan los frenos, con lo cual se logra la misma presión de frenado en los distintos elementos de [fricción](#) y se evita la necesidad de realizar diferentes ajustes.

Su principal función es disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido. El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda.

Los frenos deben cumplir los requisitos de inmovilizar al vehículo en pendiente, incluso en ausencia del conductor. Un freno es eficaz, cuando al activarlo se obtiene la detención del vehículo en un tiempo y distancia mínimos. La estabilidad de frenada es buena cuando el vehículo no se desvía de su trayectoria. Una frenada es progresiva, cuando el esfuerzo realizado por el conductor es proporcional a la acción de frenado.

Un freno de tambor, está fijado a la rueda por medio de tornillos, en cuyo interior van alojadas las zapatas, provistas de forros de un material muy resistente al calor y que pueden ser aplicadas contra la periferia interna del tambor por la acción del bombín, produciéndose en este caso el rozamiento de ambas partes. Como las zapatas van

montadas en el plato, sujeto al chasis por el sistema de suspensión y que no gira, es el tambor el que queda frenado en su giro por el frotamiento con las zapatas.

Frenos de disco: sustituyen el tambor por un disco, que también se une a la rueda por medio de tornillos.

Este disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas, que son accionadas por un émbolo y pinza de freno, que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro. Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos.

Los materiales de fricción que se utilizan son conocidos como balatas o zapatas y suelen ser piezas metálicas, semi-metálicas o de cerámica que soportan muy altas temperaturas y son los que crean la fricción contra una superficie fija, que pueden ser; o tambores o discos; y así logran el frenado del vehículo. Las balatas son piezas que sufren de desgaste y se tienen que revisar y cambiar en forma periódica.

El freno hidráulico principal es el que está constituido por un cuerpo de bomba principal que lleva el pistón unido al pedal de frenado. Su cilindro de mano está sumergido en un líquido especial. La base de aceite o de alcohol de aceite glicerinal que contiene un depósito al efecto del cilindro de los extremos libres de las zapatas.

Las partes más importantes son: depósito de líquidos, bomba, émbolos o cilindros de mano.

Su función consiste que al accionarse el pedal de freno el embolo de la bomba principal comprime el líquido y la presión ejercida se transmite al líquido existente en las condiciones, y por él, los cilindros de los frenos separados de sus émbolos que al ir unidos a las zapatas producen su separación.

Al accionar el sistema de frenado, las ruedas del vehículo giran con mayor dificultad por el rozamiento de los frenos, el motor es arrastrado por el vehículo al avanzar si no está desembragado. La masa del vehículo se desacelera. La fuerza que actúa en el sentido de la marcha mantiene en rodadura las ruedas sobre la calzada hasta que la energía cinética del vehículo se ha convertido en trabajo de frenado.

Frenos de tambor

Este es un dispositivo de freno con un tambor girando en el cual la rueda y el neumático son montados, interiormente este tambor es un mecanismo con material de fricción que genera fuerza de frenado cuando se empuja contra el tambor.

El freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas o pastillas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

Los frenos de tambor modernos se inventaron en 1902 por Louis Renault. En los primeros diseños las zapatas eran dirigidas mecánicamente; a mediados de los años '30 se introdujo un sistema hidráulico por medio de aceite, el sistema clásico se siguió utilizando durante décadas en algunos modelos. Esto se debe a que los frenos de tambor con zapatas internas tienen poca capacidad de disipar el calor generado por la fricción, lo que hace que el tambor se sobrecaliente fácilmente. En esos casos el tambor se dilata lo que hace necesario presionar con más fuerza para obtener una frenada aceptable.

Las zapatas son bloques de madera o metal que presiona contra la llanta de una rueda mediante un sistema de palancas.

La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro, causa que el cilindro de rueda presione las pastillas contra las paredes interiores del tambor, produciéndose así el descenso de velocidad correspondiente.

Frenos de disco

Este es un dispositivo de frenado con un plato redondo de rotación (disco) en el cual la rueda es montada. Las mordazas con materiales de fricción sobre ellos son presionadas contra el disco en ambos lados para generar fuerza de frenado.

Un freno de disco es un dispositivo cuya función es detener o reducir la velocidad de rotación de una rueda. Hecho normalmente de acero, está unido a la rueda o al eje. Para detener la rueda dispone de unas pastillas que son presionadas mecánica o hidráulicamente contra los laterales de los discos. La fricción entre el disco y las pastillas hace que la rueda se frene. Los frenos de disco son utilizados en automóviles, motocicletas y algunas bicicletas.

Consisten en un disco metálico sujeto a la rueda de forma tal que gira simultáneamente, en cada una de sus caras están las pastillas, que son planas y, puestas en funcionamiento, aferran el disco con una acción de pinzas. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro causa que un pistón presione las pastillas por ambos lados del rotor, esto crea suficiente fricción entre ambas pastillas para producir un descenso de la velocidad o la detención total del vehículo.

Se componen de un disco montado sobre el cubo de la rueda, y una mordaza colocada en la parte externa con pastillas de fricción en su interior, de forma que, al aplicar los frenos, las pastillas presionan ambas caras del disco a causa de la presión ejercida por una serie de pistones deslizantes situados en el interior de la mordaza. La mordaza puede ser fija y con dos pistones, uno por cada cara del disco.

SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenos es sin duda, el más importante para la seguridad vial del automóvil. Por tal motivo las autoridades de los diferentes países establecen reglas y parámetros a cumplir por los automóviles en cuanto a distancia y estabilidad de la carrera de frenado. Por su parte los fabricantes y desarrolladores del automóvil, se esfuerzan cada día más en lograr sistemas de frenos seguros y duraderos.

En todos los vehículos el sistema de frenos incluye dos posibilidades:

- 1.- Frenos de marcha:** Un sistema que puede manipular el conductor, generalmente con el uso de un pedal y que sirve para disminuir la velocidad del vehículo o detenerlo y poder mantenerlo inmóvil. La fuerza de frenado de este sistema la puede establecer el conductor de acuerdo a la presión que ejerza sobre el pedal de accionamiento.
- 2.- Frenos de estacionamiento:** Los que sirven para mantener el automóvil detenido cuando no está en movimiento o cuando se deja solo aparcado. Este sistema aplica una fuerza de frenado fija y suficientemente elevada como para bloquear la rueda. Normalmente en los vehículos ligeros se acciona a través de un pedal o con el uso de una palanca que se aplica manualmente. Para los grandes camiones y autobuses es común que sea de tipo neumático al retirar la presión de aire de las cámaras de frenado como se verá más adelante.

Ambos sistemas pueden ser completamente independientes, no obstante, en la mayoría de los vehículos es común encontrar que los dos sistemas accionen los mismos elementos de frenado con diferente vía de accionamiento.

Salvo raras excepciones, los sistemas de frenos producen una resistencia al movimiento de las ruedas por rozamiento entre una o varias piezas especialmente diseñadas para ello en cada rueda, y su accionamiento puede ser de tres formas básicas:

- 1.- Hidráulico: el que se acciona con la ayuda de un líquido.
- 2.- Neumático: el que utiliza aire comprimido.
- 3.- Manual: se acciona a través de un cable de acero.

Bombines y bomba de freno

La bomba de freno o cilindro principal es el encargado de crear las fuerzas necesarias para que los elementos de fricción frenen el carro.

La bomba dispone de dos dispositivos colocados uno continuación de otro. La fricción de la bomba frena es la de convertir o transformar la fuerza mecánica de la presión ejercida por la conducción de carro.

Las bobinas receptoras de la presión que genera la bomba se puede montar en cualquier de los sistemas de frenos que existen en la actualidad

Reguladores de frenado

El frenado consiste en transformar la energía cinética producida por el vehículo movimiento en calor producido por el rozamiento entre los elementos mecánicos de los frenos, la fuerza de frenado tiene el mismo valor.

Canalización y tuberías

Las canalizaciones se encargan de llevar la presión generada por la bomba a los diferentes receptores. Se caracteriza por que son tuberías rígidas y metálicas, que se convierten en flexibles cuando pasan del bastidor a los elementos receptores del bastidor.

Esta parte flexible se llama latiguillos y absorben oscilaciones de las ruedas del funcionamiento del vehículo

Fuerza de frenado y adherencia

Un vehículo en movimiento dispone de una energía cinética o trabajo que es equivalente a la fuerza de impulsión, por la velocidad media del desplazamiento. Este automóvil sufre una aceleración negativa o desaceleración cuando se aplica una fuerza igual y de sentido contrario a la fuerza que produce el movimiento es decir se debe aplicar una fuerza de frenado que anule a la fuerza de impulsión. La fuerza de freno tiene el mismo valor que la fuerza de adherencia o rozamiento.

Fenómeno del frenado

Cuando se conduce un vehículo con transmisión de tiempo parcial en el modo MWA particularmente cuando se conduce sobre una carretera pavimentada, este es un fenómeno que tiene el efecto como cuando se aplican los frenos cuando se giran básicamente el volante de dirección esto es muy notorio cuando se giran las ruedas básicamente al estacionarse.

Cuando un vehículo gira, las trayectorias de las ruedas delanteras y traseras giran en un círculo con un radio de giro más grande que las ruedas traseras.

Reparto de la fuerza de frenado

Cuando el vehículo se encuentra estático, la masa del vehículo se reparte en el eje delantero y el eje trasero con valores que el diseño del vehículo ha provisto.

El valor de la transferencia de carga que se produce al frenar el eje trasero al delantero depende de la altura del centro de gravedad del vehículo y de la distancia.

Distancia de parada

La distancia mínima de parada para un automóvil, está determinada por la efectividad del coeficiente de fricción entre los neumáticos y la calzada. La fuerza de fricción de la calzada.

Debe realizar suficiente trabajo sobre el coche para reducir su energía cinética a cero (principio o trabajo energía). Sin que las ruedas de los coches bloqueen y se deslicen sobre la superficie de la calzada.

Fuerza de rozamiento en los frenos

Los frenos deben responder lo más exactamente posible a la solicitud del conductor, deben ser al mismo tiempo sensible y graduales para modular la velocidad y asegurar la detención completa y la inmovilización total del vehículo.

Los frenos trabajan por rozamiento entre una parte móvil solidaria a las ruedas y otra parte física solidaria a la estructura del auto.

Circuito simple

El sistema hidráulico del circuito simple, consta de un sistema de émbolos, embalses y líquido hidráulico.

Los tres componentes básicos del sistema hidráulico del circuito simple son el cilindro maestro, el cilindro esclavo y el depósito que unen entre sí con mangueras hidráulicas y están llenas de líquido vital hidráulico sin comprimir, es decir, líquido de frenos, al pisar el freno en realidad se comprime un conjunto de pistones pequeños del cilindro maestro

Circuito doble

Los circuitos dobles se incorporan normalmente en vehículos de lujo de alta gama y motocicletas nuevas.

El sistema de circuito doble consta de los circuitos separados el circuito de mando que se activa cuando se aprieta el freno y un circuito de mando que se activa y un circuito separado que esta que está controlado por una computadora a bordo.

Análisis de las fuerzas desarrolladas en el frenado

Uno de los sistemas fundamentales de todo vehículo automóvil es el que le confiere la capacidad a reducir su velocidad incluso llegando a detenerlo si así lo decide el conductor. Dicho sistema es el sistema de freno. El principio de funcionamiento de un sistema de frenado es la reducción de la energía cinética y/o potencial para transformarla en energía calorífica. Con esta transformación de energía se consigue la reducción de la velocidad del vehículo. En el presente capítulo se analizarán los conceptos fundamentales relacionados con el frenado de los vehículos y especialmente los relacionados con el reparto óptimo de frenada y con el proceso de deceleración. Consideramos los vehículos como cuerpos rígidos, no dotados, por tanto, de suspensiones. Así mismo, se considerará que el movimiento se produce en línea recta y sin acciones laterales, por lo que el análisis

de los esfuerzos y movimientos asociados al proceso los estudiaremos a lo largo de este capítulo. El reparto de cargas sobre el eje en un vehículo moderno en parado, es aproximadamente de un solo 55% del peso total en el eje delantero, y del 45% sobre el eje trasero. Evidentemente, estos repartos estáticos de cargas se modifican en condiciones dinámicas según las aceleraciones o deceleraciones a que se ve sometido el vehículo.

FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN EN EL PROCESO DE FRENADO

Veremos a continuación los diferentes esfuerzos que intervienen durante el proceso de frenado, algunos de ellos nos podrían parecer irrelevantes, pero veremos que son de vital importancia dependiendo del tipo de conducción que realicemos.

FUERZA DE FRENADO

Las principales fuerzas retardadoras del vehículo en el proceso de frenado son las que se desarrollan en la superficie de las ruedas como consecuencia de su contacto con la calzada, al serles aplicados pares que se oponen a su movimiento, es decir, las fuerzas de frenado. La fuerza de frenado máxima así como la fuerza de tracción máxima tienen dos límites. En ambos casos el impuesto por el “neumático - suelo”. En lo relativo a las fuerzas de frenado, existe el otro límite impuesto es el que tiene el sistema de freno y en lo referente a las fuerzas de tracción máxima el que impone la potencia del motor. El límite crítico es el impuesto por la adherencia existente entre el neumático y el suelo. Cuando se rebasa este límite, en el caso del sistema de freno, se produce el bloqueo de las ruedas que deslizan sobre el pavimento, produciéndose efectos nefastos que más adelante comentaremos.

RESISTENCIA A LA RODADURA

La resistencia a la rodadura así como la resistencia aerodinámica del vehículo intervienen como fuerzas retardadoras en el proceso de frenado. Aunque su influencia es pequeña frente a la fuerza de frenado, pero aún así ayudan durante el proceso de deceleración. La resistencia a la rodadura, fundamentalmente está compuesta por la fricción neumático – suelo y pérdidas mecánicas en el sistema de transmisiones. Su valor es generalmente pequeño en comparación con las otras fuerzas en juego. El valor de la resistencia a la rodadura crece casi proporcionalmente a la velocidad

ACCIONES AERODINÁMICAS

Las fuerzas aerodinámicas al avance solo tienen interés como fuerzas retardadoras a altas velocidades. A velocidades moderadas o bajas pueden despreciarse frente al valor de la fuerza de frenado. Las fuerzas aerodinámicas son importantes a altas velocidades ya que su valor aumenta con el cuadrado de la velocidad que el vehículo lleve. Es decir que cuando doblamos la velocidad de un vehículo, por ejemplo de 80 km/h a 160 km/h la resistencia aerodinámica al avance, por ejemplo 40 Kg. se multiplica por cuatro siendo necesario un empuje de 160 Kg. En la siguiente tabla vemos como crecen las fuerzas aerodinámicas y de rodadura así como la potencia necesaria que debe tener el vehículo para superarlas.

RESISTENCIA DEL MOTOR Y TRANSMISIÓN

La resistencia que ofrece el motor constituye, en muchos casos, un factor importante en el proceso de frenado. La potencia, como el par resistente, que ofrece el motor en procesos de frenado en los que permanece conectado a las ruedas a través de la transmisión, es importante cuando gira a un gran número de revoluciones y disminuye con la velocidad, hasta hacerse pequeño en el último intervalo de un proceso de frenado. En bajadas prolongadas, especialmente si se trata de vehículos pesados, la retención efectuada por el motor es de suma importancia para preservar los elementos de fricción de los frenos del calentamiento y consiguientes desgastes elevados. Si la deceleración con la que deseamos frenar es lo suficientemente fuerte, y el motor se encuentra embragado, las exigencias requeridas por el sistema de freno son mucho mayores que si desembragásemos el motor para realizar la frenada. Evidentemente, este efecto de frenado es mayor en los motores diesel con relaciones de compresión del orden de 20:1 que en motores de gasolina en los cuales está establecido en valores de compresión de 9:1.

CONDICIONES IMPUESTAS POR LA ADHERENCIA

El bloqueo de las ruedas de un eje produce efectos negativos, ya que en una situación de bloqueo, el coeficiente de fricción entre el neumático y la calzada adquiere un valor inferior al de máxima adherencia ($m=0,75$), lo cual produce el deslizamiento del neumático sobre la calzada. En consecuencia, cuando las ruedas se bloquean, disminuye el valor de la fuerza de frenado respecto a la máxima fuerza potencial que puede obtenerse en condiciones de rodadura previas al bloqueo de las ruedas, ya que el coeficiente de fricción rueda / suelo cae a valores muy bajos del orden de $m=0,2$ o inferior en pavimentos mojados. El efecto anterior, con ser de gran interés, no es el más importante. El bloqueo

de las ruedas supone la superación de la adherencia neumático – suelo en la dirección longitudinal, razón por la cual, la interacción entre ambos elementos será incapaz de ofrecer una resistencia que equilibre una posible fuerza lateral, por muy pequeña que sea. Como, por otra parte, resulta en la práctica imposible que se produzca una situación exenta de todo esfuerzo lateral el vehículo podrá experimentar un desplazamiento lateral (viento, reparto de carga, etc.) cuyo efecto es diferente según sea el eje cuyas ruedas se bloquean. Si el eje que se bloquea es el trasero la adherencia de las ruedas de dicho eje con el suelo disminuye fuertemente como se ha visto antes, por lo que cualquier inestabilidad puede provocar el giro del vehículo sobre su eje haciendo perder totalmente la estabilidad direccional. Es decir, si en una situación de conducción normal nosotros tiramos con violencia del freno de mano, hasta llegar a bloquear los neumáticos, el vehículo tenderá a derrapar de la parte trasera hasta situarse a contradierección. Si las ruedas que se bloquean son las del eje delantero, las fuerzas de inercia aplicadas al centro de gravedad y las de rozamiento o adherencia en las ruedas, proporcionan un momento de guiñada que disminuye con el valor de la perturbación lateral. Esto provoca que el sistema sea estable, es decir, las fuerzas tienden a hacer que el vehículo recupere su posición longitudinal. En esta situación se origina una cierta pérdida de control direccional, menos grave, en términos generales, que la inestabilidad provocada por el bloqueo del eje trasero y el vehículo, tiende en principio a seguir una trayectoria recta sin obedecer a la dirección del mismo.

El bloqueo de las ruedas del eje trasero de un vehículo de dos ejes produce una gran inestabilidad direccional de carácter irreversible. El bloqueo de las ruedas del eje delantero de un vehículo de dos ejes puede producir pérdida de control direccional. De todos lo anterior podemos concluir que tanto en el diseño del sistema de frenos, como en la conducción, debe de actuarse de tal forma que se eviten tanto el bloqueo de las ruedas delanteras como traseras. En frenadas bruscas, especialmente en condiciones de baja adherencia, puede llegarse al bloqueo y será probable que las ruedas de ambos ejes no alcancen al mismo tiempo el bloqueo. En este caso, resulta menos desfavorable que el bloqueo se produzca antes en las ruedas delanteras. Por esto se añaden al sistema elementos que limiten la frenada en el eje trasero para que no se produzca su bloqueo antes que en el eje delantero. El bloqueo hace disminuir el coeficiente normal de adherencia ($m=0,7$), pasando al valor de rozamiento en deslizamiento ($m=0,2$), lo cual, en el mejor de los casos, si no se produjese alteración grave de la trayectoria, haría

aumentar la distancia de frenado respecto a la condición óptima, es decir si se aprovechara al máximo la adherencia. De este modo se puede comprender que es fundamental un buen aprovechamiento de la adherencia disponible en cada eje ya que constituye un problema crítico en el frenado. Tal aprovechamiento será máximo si el esfuerzo transmitido por el sistema de freno a cada rueda es proporcional a la carga dinámica que soporta. Para optimizar la frenada y evitar el bloqueo de las ruedas se estudia el reparto óptimo de las fuerzas de frenado. Adicionalmente, algunos fabricantes especifican el material de fricción del freno del eje trasero con un coeficiente de fricción (μ) inferior al del eje delantero. Otros, aceptan materiales de fricción de un mismo coeficiente, pero nunca que el freno trasero tenga un coeficiente de fricción superior al eje delantero en cualquier situación de presión en el circuito, velocidad o temperatura. En consecuencia, es muy recomendable sustituir las pastillas de freno en los dos ejes por pastillas de un mismo fabricante ya que el montar materiales de diferentes fabricantes puede dar lugar a problemas como los descritos anteriormente.

REPARTO ÓPTIMO DE LAS FUERZAS DE FRENADO

Cuando el vehículo se encuentra estático, la masa del vehículo se reparte entre el eje delantero y el eje trasero, con valores que el diseño del vehículo ha provisto. Casi todos los vehículos comerciales de nuestros días, son ligeramente más pesados en la zona delantera que en la trasera. Ya que, no solo, el motor está ubicado en la parte delantera, sino que además al traccionar en ese mismo eje, caja de cambio, diferencial, las transmisiones, etc. se encuentran en el eje delantero. El menor peso en el eje trasero implica que el diseño del reparto de fuerzas sea fundamental para no alcanzar el bloqueo de las ruedas traseras. Además como ya se ha comentado anteriormente, cuando nosotros frenamos aparece un momento de cabeceo alrededor del centro de gravedad, que genera una transferencia de carga del eje trasero al eje delantero. Esto significa, que no solo el eje trasero es menos pesado que el delantero, sino que además por dinámica vehicular en el eje trasero y siempre que se accione el freno, se va a descargar transfiriendo parte de esa carga al eje delantero. El valor de la transferencia de carga que se produce al frenar del eje trasero al delantero, depende de la altura del centro de gravedad del vehículo y de la batalla del vehículo, es decir, de su distancia entre ejes. Debido a todas estas variables, la fuerza frenante que se aplicará al eje delantero no es igual a la del eje trasero. Lo mismo debe decirse para las fuerzas que se aplican durante la aceleración. Si hiciésemos los cálculos para saber que porcentaje de la frenada debe producirse en el eje delantero y

cual en el eje trasero, considerando un coeficiente de fricción neumático – suelo de valor $\mu = 0,8$. El reparto sería de un 0,75 % de la frenada en las ruedas delanteras; y 0,25 % en las ruedas traseras (Punto O).

TRIBOLOGIA

La tribología es la ciencia y técnica que estudia la interacción entre superficies en movimiento y los problemas relacionados con ellos: desgaste, fricción, adhesión y lubricación. En la interacción entre dos superficies aparecen diversos fenómenos cuyo conocimiento es de vital importancia. Estos tres fenómenos fundamentales que aparecen son:

FRICCIÓN

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 a las mismas. · **DESGASTE:** Consiste en la desaparición de material de la superficie de un cuerpo como consecuencia de la interacción con otro cuerpo.

ADHESIÓN

Capacidad para generar fuerzas normales entre dos superficies después de que han sido mantenidas juntas. Es decir, la capacidad de mantener dos cuerpos unidos por la generación anterior de fuerzas de unión entre ambos. El objetivo de la tribología no solo es minorar las desventajas. Dependiendo de la situación el objetivo a alcanzar puede ser distinto. Mínimo desgaste y mínima fricción: rodamientos, engranajes, levas... gracias a la lubricación y las capas de recubrimiento. Mínimo desgaste y máxima fricción: frenos, embragues, neumáticos... con materiales resistentes al desgaste. Máximo desgaste y mínima fricción: lápices, deposición de lubricantes sólidos mediante deslizamiento. Máxima fricción y máximo desgaste: borradores. Para que nos hagamos una idea de lo importante que son las soluciones a problemas tribológicos. Por ejemplo, en los automóviles, en los que existen más de 2000 contactos tribológicos, las mejoras tribológicas pueden suponer un ahorro estimado de energía del 18,6 %. En el campo energético, se estima que en EE.UU. un 11% de la energía total consumida en cuatro grandes sectores: transportes, turbo máquinas, generadores de potencia y procesos industriales, pueden ser ahorrados introduciendo avances tribológicos. Desde el punto de vista económico un informe realizado en Alemania revelaba que las pérdidas como

consecuencia de la fricción y el desgaste, equivale a un desperdicio energético anual del orden de 3 billones de pesetas.

FRICCIÓN

Fricción es la resistencia al movimiento que existe cuando un objeto sólido se mueve tangencialmente con respecto a la superficie de otro sólido con el que está en movimiento. La fricción se expresa en términos relativos de fuerza, como el coeficiente entre la fuerza de fricción y la carga nominal a la superficies de contacto, suele representarse por μ , que es un coeficiente adimensional, es decir, carece de unidades ya que las dos fuerzas se miden en las mismas unidades.

Hay que distinguir entre dos situaciones:

FUERZA DE FRICCIÓN ESTÁTICA

La necesaria para iniciar el movimiento. Si la fuerza tangencial aplicada es menor a este valor, no existe movimiento y la fuerza de fricción es igual o mayor a la tangencial aplicada.

FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICA O DINÁMICA

La necesaria para mantener el movimiento. De valor menor a la anterior.

EL FRENADO

El frenado de un cuerpo en movimiento es uno de los estudios más complejos dentro de la tribología. Al frenar un vehículo lo que estamos consiguiendo por medio de la fricción entre dos materiales, es la transformación de energía cinética y/o potencial (la que lleva el objeto por moverse o por encontrarse a una determinada altura) en energía calorífica. Esta transformación de energía lo que provoca es un aumento de la temperatura global de todo el sistema. La transformación de la energía se produce en el contacto entre una parte fija que va anclada a la mangueta del vehículo (el caliper), y una parte móvil que gira solidaria con la rueda a la misma velocidad angular (el disco). Cuando accionamos el pedal del freno se presuriza el circuito y los émbolos de las pinzas empujan a las pastillas (elemento fijo) contra el disco (elemento móvil). En el contacto entre las pastillas y el disco es donde se produce la transformación de la energía, de ahí que las características de ambos elementos sean muy peculiares, ya que deben de soportar altas temperaturas sin

desgastarse en exceso pero con un buen coeficiente de rozamiento para poder conseguir frenar el vehículo. También, el coeficiente de rozamiento del material de fricción ha de ser lo más estable posible a distintas velocidades y a diferentes presiones en el sistema de freno de forma tal que el conductor pueda prever el resultado cuando trata de decelerar su vehículo.

SERVOFRENO

El servofreno es el sistema por el cual la fuerza que hay que ejercer sobre el pedal, para presurizar el circuito a una misma presión, se reduce. Es decir, es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal. Las ventajas del servofreno no son exclusivamente las de poder realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico, y por consiguiente, sobre los pistones de las pinzas con un mayor descanso del pie. Si no que lo que se consigue es una mejor dosificación de la frenada. Los servofrenos actuales más corrientes son aquellos que actúan por vacío. Estos aparatos aprovechan la depresión creada en el colector de admisión cuando se retira el pie del acelerador para aumentar la fuerza que el pie proporciona al pedal del freno.

CORRECTOR DE FRENADA

Los limitadores de frenada o correctores de presión tienen la función de reducir la presión que llega al tren trasero con el fin de que no se llegue al bloqueo en esas ruedas. Existen diferentes modos de funcionamiento de los correctores:

Con punto de corte fijo

Cuando la presión alcanza un valor fijo deja de admitir más presión.

De gravedad

Dependiendo de la carga del vehículo el corrector va dando más presión en el circuito, ya que al bajar la superficie por medio de un accionador de tipo mecánico va abriendo más la válvula. Recordemos que cuanto mayor sea el peso soportado por el eje mayor es la fuerza necesaria para frenar dicho eje.

PINZA DE FRENO

La pinza de freno es el elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema. La pinza es un elemento crítico del sistema de freno y está sometida a esfuerzos importantes durante el frenado tales como vibraciones, excesiva temperatura y otros elementos agresivos. Por lo tanto, la inspección, aunque sea visual, si no se dispone de una cámara ultravioleta para la detección de grietas, es muy importante. Existen diferentes tipos de caliper (pinzas) de freno según el sistema de freno y el fabricante. Sin embargo todas se basan en el hecho de que después de liberar la presión del circuito, permiten que la pastilla de freno, continúe en contacto con el disco de freno, de forma que en la próxima frenada, el efecto de esta sea inmediato sin necesitar un tiempo de aproximación entre la pastilla y el disco de freno. Este contacto queda garantizado por los retenes del pistón del caliper, por el propio sistema hidráulico y lógicamente genera un efecto permanente de frenado (residual torque) cuyo valor es crítico para el buen funcionamiento del sistema. Pares residuales (residual torque) de frenado altos pueden provocar el calentamiento del sistema dando lugar a problemas que se describen más adelante.

PINZAS DE PISTON OPUESTO

El freno de disco de pinzas de pistón opuesto se fija en la brida de montaje mediante dos pernos y las pinzas están montadas por encima del disco que gira con el cubo de la rueda. Los cilindros a ambos lados de las pinzas fijas están equipados cada uno con una junta que se mantiene en una ranura angular en alojamiento del cilindro. Los cilindros y pistones están protegidos contra la suciedad y agua con una cubierta antipolvo. Los conjuntos de pastillas están montados entre el pistón y el disco en la ranura de las pinzas y se mantienen en posición con pasadores. Las pinzas para las ruedas traseras pueden llevar incorporados orificios de fijación para unir un freno de mano de tipo pinzas accionado mecánicamente que sirva como freno de estacionamiento.

Su principio de funcionamiento es simple, es decir, cuando se pisa el pedal el cilindro principal presuriza el líquido de frenos que empuja por igual a cada uno de los pistones de la pinza, que a su vez empujan a las pastillas contra el disco. La ventaja de este sistema es que ambas pastillas se empujan con la misma fuerza contra el disco. El esfuerzo de pedal aplicado está siempre directamente relacionado con la fuerza de pistón (según una relación determinada por las dimensiones de los componentes), y por lo tanto con el grado de frenado. Cuando se suelta el pedal, la presión hidráulica que hay en el sistema de frenos disminuye, lo que hace que los pistones vuelvan a su posición original ayudado por la

junta que existe entre los pistones y el cuerpo de la pinza (también responsable de la estanqueidad del conjunto). Al desgastarse el material de la pastilla, los pistones se deslizan más a través de la junta al frenar, con lo que compensa automáticamente el desgaste.

PINZAS DESLIZANTES

Los frenos de disco de pinzas deslizantes se han diseñado para recuperar el espacio perdido por la instalación de las suspensiones tipo McPherson, que han restringido considerablemente el espacio disponible, ya que modifican el ángulo de caída de las ruedas. Este nuevo tipo de pinza está sustituyendo a la pinza de doble pistón por sus mejores ventajas como pueden ser: que el líquido de frenos se encuentra separado de la zona de disipación de calor, gran área y volumen de pastilla de freno con lo que se consigue mayor superficie de fricción para el frenado y al ser más anchas tienen mayor vida útil, peso menor, fuerza constante en las dos pastillas y par residual reducido debido a la retracción controlada de las pastillas. El cuerpo del freno, que no está expuesto a fuerzas centrífugas, se puede fabricar tanto en versión de aluminio de una sola pieza y en versión de dos piezas con el cuerpo de aluminio y un puente de hierro fundido dúctil. Para disipar mejor el calor la pieza de aluminio puede estar provisto de aletas de disipación, es decir, se aumenta la superficie de contacto entre el medio y la propia pinza. El principio de funcionamiento es sencillo, al pisar el pedal del freno se actúa sobre el cilindro principal (que puede ir dotado de servo o no) aumentando la presión de todo el sistema. Está presión al ser aplicada sobre el pistón empuja la pastilla de freno interior contra el disco. Debido que la presión aplicada y el líquido encerrado actúan uniformemente en todas las direcciones, se ejerce simultáneamente una fuerza reactiva en el cuerpo. Esta fuerza desliza el cuerpo sobre los pernos de guía y tira de la pastilla exterior contra el disco. El esfuerzo de frenado por lo tanto es igual a ambos lados. El ajuste de la separación de la pastilla con el disco después de completar el proceso de frenado se consigue de manera similar al de las pinzas fijas, por medio de la deformación controlada de la junta del pistón.

En este tipo de caliper, además de las comprobaciones rutinarias del pistón y sus elementos de estanqueidad, es muy importante verificar el buen deslizamiento de las guías del caliper para garantizar el reparto igual de esfuerzos sobre las dos pastillas de freno del caliper.

TUBERIAS Y LATIGUILLOS

Las tuberías y los latiguillos son los encargados de conducir el líquido de frenos, soportando la presión interna del líquido, además deben de resistir la agresión medioambiental y otros agentes agresivos del entorno. Las tuberías de freno normalmente son tubos de acero y muchas veces están recubiertas con polímero para resistir la corrosión; usualmente tienen un ánima nominal de 2,5 mm. y un diámetro externo de 4,5 mm. Cada extremo de la tubería está carenado con carena individual o doble para que coincida con el componente en el que se coloca, y tiene montada una tuerca de tuberías macho o hembra según sea necesario. Los tubos flexibles están contruidos en capas, de los que el revestimiento, ha de ser resistente al aceite mineral, y el externo a partículas duras y daños producido por piedras, agua, sal y demás contaminantes que puedan existir en la carretera. El producto que se utiliza es un polímero de mezcla de etileno propileno dieno (EPDM).

Se emplea tela de rayón de capas múltiples para las dos capas de refuerzo, que resisten la presión del tubo flexible. Los tubos flexibles de frenos están diseñadas para funcionar a una presión de 100 bares, su presión de rotura es unas 5 veces mayor.

La membrana interior del tubo flexible ha de ser resistente al líquido de frenos. El material empleado es EPDM ya que es muy poco permeable. El material de la capa interior es de rayón por presentar unas muy buenas cualidades de resistencia de presión interna. Algunos tubos flexibles tienen fundas de plástico o acero inoxidable enrollados alrededor de los mismos para dar protección adicional contra el doblado del tubo en otros componentes.

PASTILLAS DE FRENO

Con la aparición de los vehículos autopropulsados a finales del siglo XIX, surgió la necesidad de dotarles de un sistema que consiguiese detenerlos cuando el conductor decidiera. Las primeras soluciones aportadas fue la adaptación de los frenos de los coches de caballos en estos primeros automóviles. Esto era posible a que las velocidades que los vehículos de tracción mecánica desarrollaban eran relativamente bajas. Estos sistemas consistían en un accionamiento manual de una palanca que movía una zapata, la cual rozaba contra la banda de rodadura de las ruedas produciendo así la fricción necesaria para decelerar o frenar el vehículo de forma efectiva. En el año 1887 Herbert Froot, implemento el primer forro de fricción basado en la utilización de fibras de algodón,

trenzadas en forma de correa. Esto estaba todo ligado mediante soluciones bituminosas y hilos de latón. Este material no solo fue usado en los frenos de los coches de caballos, sino que además fue empleado en algunos de los automóviles de la época consiguiendo unos resultados aceptables. Lógicamente tenía unas limitaciones ya que el uso de una fibra natural como es el algodón significaba que por encima de 150°C perdía las propiedades de fricción y se rompían. Esta desventaja se hizo palpable enseguida, y tan solo diez años después se introdujo en la formulación las fibras de amianto. Sentando las bases de los materiales de fricción durante las décadas siguientes. Se eligió la fibra de amianto crisótilo para la mayoría de las aplicaciones. Las fibras de amianto eran fáciles de tejer de la misma forma que el algodón con lo cual fue fácil sustituir las fibras de algodón. Su mayor resistencia mecánica, la resistencia a la temperatura, la flexibilidad, sus excelentes propiedades de fricción y la compatibilidad con las resinas y demás sustancias ligantes, hacían de la fibra de amianto el mejor de los componentes para aplicaciones de fricción. La inclusión de latón y otros alambres en el tejido añadieron resistencia física y modificaron las características friccionales de comportamiento del material. Durante sesenta años los materiales de fricción de este tipo han contribuido enormemente en la seguridad de los automóviles, camiones y toda clase de vehículos que circulaban por todo el mundo. A principios de la década de los años 20, los químicos comenzaron el estudio de sustituir los trenzados de los forros de freno por piezas moldeadas. Comenzaron usando fibras cortas de crisotila, las cuales eran muy abundantes y de coste reducido. Uno de los primeros creadores de forros de freno no trenzados fue Mr. Blume, en 1926, su fórmula presenta unas similitudes muy interesantes con la primera fórmula de amianto desarrollada. La fórmula original se basaba en alambres de latón y en un refuerzo de tejido de amianto, unidos por un compuesto de aceite o goma de asfalto. La nueva fórmula moldeada utilizaba el mismo amianto, pero las fibras eran más cortas que las que se utilizaban en el tejido de amianto. El alambre de latón se sustituyó por partículas de latón y el asfalto original por aceite de linaza y un carbón bituminoso especial que aportaba un alto grado de volatilidad y un bajo desprendimiento de cenizas. La mayor parte de los avances posteriores fueron únicamente mejoras que se añadieron a este concepto original. Durante la década de los 30, los químicos comenzaron a investigar en resinas flexibles con mayor resistencia al calor. Estos nuevos materiales, junto con el proceso de mezclado en seco, abrió el camino a nuevos y muchos más sofisticados componentes y con ello a un nuevo mundo de materiales de fricción que todos conocemos hoy en día. Al mismo tiempo, otros pioneros en el desarrollo del material de fricción

provenían de la industria del caucho. Los trenzados de algodón y posteriormente los trenzados de amianto fueron recubiertos con compuestos de caucho que después iban siendo apilados en capas hasta obtener el espesor requerido, todo ello se conseguía gracias a la ayuda de la maquinaria típica de la industria del caucho. Más tarde se introdujeron compuestos de fibra de amianto y caucho, que podían laminarse y plegarse o extrusionarse, también utilizando la maquinaria convencional del caucho. Durante la década de los 50 se implementó una nueva formulación que contenía nuevas resinas que ligaban virutas metálicas dando paso así, a la aparición de las pastillas en base metálica. Esta formulación procedía del gran éxito que los materiales de fricción metálicos habían conseguido en aplicaciones industriales y aeronáuticas. Estos nuevos materiales metálicos eran una mezcla de resinas con lana de acero y grafito. Este tipo de formulas fueron muy usadas durante la década de los 70 en la fabricación de las pastillas. En los años 60, a medida que se avanzaban en el diseño de los vehículos y era necesario mejorar los sistemas de frenos, muchas empresas de materiales de fricción comenzaron a buscar alternativas al amianto como principal componente de los frenos de disco. El amianto es un material que posee sus propias limitaciones; es un recurso agotable, de calidad variable y su precio subía. Como alternativa, se contempló el uso de fibras de vidrio, fibras de metal y más recientemente, fibras de carbón sintéticas. Al mismo tiempo, comenzó a cuestionarse el efecto sobre la salud del uso del amianto. Muchos fabricantes dejaron de trabajar con este material debido a los problemas que se asociaron con él. Todo esto hizo que los materiales de fricción semi-metálicos llegaran a ser los más utilizados en los años 70 para la fabricación de frenos de disco.

Los semi-metálicos distan de ser materiales ideales para cualquier aplicación. Los materiales de fricción con alto contenido en metales son mejores conductores del calor que los materiales compuestos de amianto, y esto puede ocasionar problemas como por ejemplo, una excesiva transferencia de calor a la pinza y al líquido de frenos que puede entrar en ebullición. El desarrollo de los nuevos materiales de fricción continuó durante los 80. La aparición de la tracción delantera, la reducción de tamaño de las ruedas y el perfeccionamiento del diseño aerodinámico son sólo algunos aspectos del desarrollo de la industria automovilística que implicaron nuevas exigencias en el mundo de los materiales de fricción durante los últimos 20 años. El incremento de calor generado durante el frenado plantea problemas adicionales para la ingeniería de fricción y para quienes se dedican a formular materiales de fricción. Por esto, se está desarrollando una

nueva generación de productos con una menor conductividad térmica que los semi-metálicos, que supongan una reducción de la transferencia de calor al líquido de frenos. Durante los años 90 hace su aparición una nueva tendencia en los programas de desarrollo de los principales fabricantes de vehículos y materiales de fricción con el fin de sustituir los contenidos de metales pesados del material de fricción (trisulfuro de antimonio, sulfuro de plomo o galena, disulfuro de molibdeno, fibras de cobre y componentes del cobre lo mismo que fibras de silicio) por compuestos no tóxicos, a fin de evitar el impacto negativo de dichos materiales sobre el medio ambiente y los seres humanos. Se trabaja en un material orgánico que no se desintegre a altas temperaturas de frenado y mantenga sus características de fricción en un ancho rango de temperaturas. Un material que admita el desgaste sin dañar las otras superficies. Estamos ante la aparición de una nueva generación de materiales de fricción de superiores prestaciones y más respetuosos con el medio ambiente, así como con las personas que cada día están en contacto con estos materiales. No obstante, todavía quedan en el mercado productos de fricción que contienen amianto, y se recomienda, dadas sus propiedades cancerígenas, su manipulación siguiendo las normas estrictas de seguridad que están claramente definidas en todos los países para la manipulación de productos tóxicos y peligrosos.

COMPOSICIÓN

La obligatoriedad de eliminar el amianto supuso un cambio importante dentro de las formulaciones. El amianto era una fibra que constituía la base de cualquier formulación ya que era capaz de aportar las cualidades requeridas a cualquier material de fricción. No obstante, aunque los primeros materiales “sin amianto” que aparecieron en el mercado eran de prestaciones y duración inferiores a los de “con amianto”,

hoy en día los productos “sin amianto” han superados a aquellos en todos los requisitos exigibles a un material de fricción. En la actualidad la mayoría de los fabricantes de fricción emplea en mayor o menor medida la base que a continuación se ofrece. **LAS FIBRAS:** Las fibras son los elementos encargados de aglutinar y ligar el resto de los elementos. Es decir, las fibras son el “armazón” de las pastillas de freno, a través de sus múltiples ramificaciones van uniendo el resto de los elementos. Existen dos tipos principales de fibras las sintéticas y las minerales. Las más usuales en el campo de la fricción son: fibras de vidrio, fibras de aramida, lana de roca.

LAS CARGAS MINERALES

Las cargas minerales son las encargadas de dar consistencia mecánica al conjunto, es decir, le aportan resistencia a la abrasión, resistencia a cortadura... Están encargadas también, de aportar resistencia a las altas temperaturas. Las más usuales son: barita, magnesita, talco, mica, carbonato, feldespato y otros.

COMPONENTES METÁLICOS

Se añaden en forma de polvo o viruta para conseguir homogeneizar el coeficiente de fricción así como la transferencia de calor de la pastilla al caliper. Los más usuales son, latón, cobre, bronce entre otros. No obstante una gran parte de los componentes metálicos usados en los materiales de fricción, tienen efectos nocivos sobre la salud por lo que se recomienda seguir estrictamente la legislación referente a los productos que contengan tales metales pesados.

LOS LUBRICANTES O MODIFICADORES DE COEFICIENTE

Son los encargados de hacer variar el coeficiente de fricción normalmente a la baja, dependiendo del rango de temperatura de funcionamiento. Son empleados en forma de polvo suelen ser grafitos, coques, sulfuros, antracitas, etc.

LOS MATERIALES ORGÁNICOS

Son los encargados de aglomerar el resto de los materiales. Cuando alcanzan una determinada temperatura fluyen y ligan el resto de componentes, hasta que se polimerizan. Las más importantes son las resinas fenólicas termoendurecibles, aunque también son empleados diferentes tipos de cauchos, ceras, aceites.

LOS ABRASIVOS

Cumplen principalmente la misión de incrementar el coeficiente de fricción y también renuevan y limpian la superficie del disco permitiendo la formación de la capa intermedia o también conocida como tercera capa.

FABRICACIÓN

La fabricación de material de fricción es un proceso bastante estandarizado. Las variables del proceso son las que cada fabricante define en función del tipo de materiales que

emplea, es decir, de la composición que defina. A grandes rasgos los pasos fundamentales que se deben de seguir a la hora de fabricar son:

EL PROCESO DE MEZCLADO

Es uno de los principales pasos dentro del proceso de fabricación, ya que su misión es la de mezclar todos los componentes de forma homogénea. Para conseguir una buena homogeneización de la mezcla, el mezclador está provisto de un eje central que hace girar los componentes en forma de ochos y en otro eje dos cuchillas batidoras que son las que van homogeneizando la mezcla. En este proceso, uno de los factores críticos es el tiempo que los diferentes materiales pasen en el mezclador, ya que este periodo debe estar definido dependiendo del tipo de fibras que se vayan a mezclar. Cada fibra tiene un tiempo de apertura, es decir, un periodo en el cual su longitud es la mayor posible, a partir de ahí lo que sucede es que las fibras se van acortando con lo cual no realizarán la función anteriormente descrita.

PRENSADO EN CALIENTE

La misión del prensado en caliente es la de aglutinar los diferentes componentes. Por una parte, con la presión que se realiza se consiguen una reducción del volumen, pero a su vez con la temperatura lo que se hace es fundir las resinas para que estas fluyan por todo el material ligando los diferentes elementos. Este proceso lleva asociado unos ciclos de prensado, es decir, que la prensa actuará sobre las pastillas durante un determinado tiempo, para a continuación permitir la salida de los gases. En esta etapa es en la que los soportes son pegados al material de fricción. Esto se produce por dos motivos principales, uno de ellos es que el soporte lleva impregnado una resina que consigue la adhesión del material y por otro lado, existen unos huecos pasantes en los soportes cuya función es la de alojar el material de fricción que fluye para conseguir una completa fijación del material de fricción al soporte. El tiempo típico de prensado varía de 10 a 12 minutos según la fórmula empleada para permitir el curado en prensa de las resinas. " CURADO: El proceso de curado se realiza en hornos, su misión principal es la completa polimerización de las resinas, para conseguir una perfecta compactación del material además de ir perdiendo el contenido todavía existente de volátiles. Este proceso también es función del tiempo y de la temperatura que se va alcanzando en las diferentes etapas. Esto significa que las pastillas van sufriendo un ciclo de diferentes temperaturas, en las cuales van pasando durante un periodo determinado. " SCORCHADO: En esta última

fase, el material de fricción se sube a temperaturas de 500°C o superiores bajo la acción de una placa caliente o bajo el efecto de una llama. En este último proceso se elimina una gran parte de materiales orgánicos aún existentes, el polímero (resina) se grafitiza y la pastilla de freno adquiere sus características definitivas. Este es un proceso caro y delicado por lo que muy pocos fabricantes lo incorporan a sus procesos de fabricación. "

OPERACIONES DE MECANIZADO: En esta etapa las pastillas sufren diferentes proceso de mecanización para adaptarlas a las características dimensionales requeridas por cada aplicación. Es decir, por un lado se rectifican para conseguir el espesor de material de fricción necesario. Otro de los procesos que pueden sufrir es la realización de catas o ranuras, al igual que los chaflanes. "

PUESTA DE ACCESORIOS: Durante esta etapa se le añaden a las pastillas todos los elementos complementarios tales como los muelles, resortes, avisadores... "

MARCADO Y ESTUCHADO: Las pastillas están finalizadas solo queda marcarlas y estucharlas para poderlas servir a los diferentes clientes.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS PASTILLAS DE FRENO. Los requerimientos básicos del material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto. Los más relevantes son:

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

Para conseguir satisfacer todos estos requerimientos, cada fabricante implementa sus propias formulaciones, las cuales ensaya una y otra vez hasta conseguir los resultados que le aportan la calidad que buscaban. A continuación vamos a ver los diferentes componentes que pueden llevar consigo las pastillas de freno. **UNDERLAYER (Subcapa):** El underlayer es una capa de material cuya función es la de fijar el material de fricción en el soporte además de reducir la temperatura que llega al caliper. Esta capa de material tiene su propia formulación, ya que no tiene los requerimientos que del material de fricción se esperan sino que sus funciones son las de unir la capa de material de fricción al soporte además de variar la conductividad térmica del material de fricción para que el calor no pase a través de ella y no se caliente el líquido de frenos en el caso de materiales de fricción con una alta conductividad térmica.

En definitiva, es un elemento añadido que puede implicar riesgos adicionales por lo que si puede ser evitado en el proceso, es conveniente evitar el tener que usar este elemento.

EL SOPORTE:

El soporte es el elemento metálico cuya función es la de mantener el material de fricción en el porta pastillas de las pinzas. La característica principal es que debe de ser lo más plano posible para evitar que durante en proceso de prensado en caliente y posterior curado de las pastillas surjan fisuras entre el soporte y el material de fricción. Los soportes se fabrican por estampación a partir de un fleje del espesor requerido. Dependiendo de la complejidad del soporte se fabrican en varios pasos, aunque es uno de los procesos más automatizados de la fabricación de las pastillas. Los soportes son pintados con un barniz de alta resistencia para prevenir la corrosión con el paso del tiempo. La impregnación del soporte metálico con una resina de gran adherencia es una fase crítica del proceso de fabricación, ya que se debe de garantizar una correcta adherencia del material de fricción al soporte. ANTIRRUIDOS. Las láminas antirruido son accesorios cuya función principal es la de absorber las vibraciones que se producen en el contacto entre la pastilla y el disco, evitando la aparición de ruido. Existen diferentes materiales, como son láminas de fibra de vidrio, láminas metálicas... cada aplicación lleva definida un tipo de lámina diferente dependiendo del tipo de vehículo en el cual va montada la pastilla. La forma de fijarlas al soporte suele variar dependiendo del tipo de material de la lámina antirruido. Existen láminas que van pegadas por medio de una resina fenólica las cuales tienen que ser comprimidas contra el soporte sometido el conjunto a una temperatura de unos 150°C. Otras láminas van remachadas a los tetones del soporte. Existe otra posibilidad de que la lámina vaya fijada al soporte por medio de patillas y embutida en dos tetones del soporte, para impedir su movimiento.

Dichas láminas permiten aumentar la compresibilidad de la pastilla de freno en frío con el consiguiente efecto positivo sobre los chirridos sin aumentar sensiblemente la compresibilidad de la pastilla de freno en caliente que pudiera dar lugar a carreras del pedal excesivas.

OTROS ACCESORIOS

Las pastillas para absorber las vibraciones a las que son sometidas en el caliper cuando se frena, llevan una serie de accesorios que se denominan muelles. Estos muelles están fabricados a partir de flejes. Este tipo de elementos depende de la geometría de la pastilla, del sistema de anclaje... Existen otro tipo de muelles que van situados en el propio caliper pero cuya función es la misma que los que van situados en las pastillas. En definitiva, permiten un leve movimiento de las pastillas cuando se encuentran frenando lo que hace que las vibraciones que se producen sean absorbidas. Otro tipo de accesorios que van incluidas en las pastillas son los avisadores de desgaste. La función de estos elementos es la de alertar al usuario del vehículo de que sus pastillas están al límite de su vida útil y debe de ser sustituidas. Existen varios tipos:

SONOROS

Los avisadores sonoros son pequeños flejes que van alojados en los laterales del soporte, sobresalen unos dos milímetros de la superficie de fricción. Lo que produce que cuando la pastilla se ha desgastado y tan solo quedan 2 mm. de material de fricción este pequeño fleje roce contra el disco y se produzca un chirrido constante que avisa al conductor de que sus pastillas deben de ser sustituidas.

LUMINOSO

Los avisador es luminosos se componen de un cable conductor con una cabeza de polímero. Cuando este dispositivo va rozando con el disco, se debe a que a las pastillas solamente les quedan 3 mm. de superficie de fricción. El roce con el disco provoca su desgaste hasta que el cable llega a tener contacto con el disco, con lo cual hace masa, cerrando el circuito. Esto produce que se encienda un testigo en el cuadro que nos indica que debemos de pasar por el taller para cambiar las pastillas.

CONJUNTO PINZA – PASTILLA.

En el conjunto que presentamos a continuación veremos más claramente todos los elementos que componen el conjunto pinza – pastillas.

PARAMETROS QUE DEFINEN EL MATERIAL DE FRICCIÓN.

El parámetro básico que define cualquier material de fricción es su coeficiente de fricción (μ). Durante el desarrollo de nuevas formulaciones, el coeficiente de fricción 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. La herramienta fundamental sigue siendo el dinamómetro de inercia. Estos son bancos de ensayos completamente sensorizados, en los cuales se acopla el sistema de freno que se desee ensayar. Los dinamómetros están comandados por potentes sistemas informáticos que son capaces de medir cualquier parámetro durante el ensayo, desde la temperatura del disco, el coeficiente de fricción, la presión del circuito, la velocidad de giro, la deceleración, etc. Los dinamómetros de inercia en esencia son máquinas capaces de reproducir las fuerzas que se generan en un vehículo durante el proceso de frenado. Esto implica que se consiguen simular fielmente las condiciones de trabajo del sistema de frenos, especialmente del material de fricción durante su vida en servicio. El fundamento del dinamómetro de inercia es la conversión de la energía cinética del vehículo en energía cinética de rotación. Con lo cual, cuando se producen las 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.

Los dinamómetros de inercia están compuestos por un motor eléctrico que es el encargado de dar la velocidad necesaria a las inercias, la potencia del motor necesaria es la que determina la inercia que es capaz de mover. Las masas de inercia son discos de diferentes diámetros que determinan las características dimensionales del vehículo a ensayar, es decir, un vehículo con una determinada masa cuando se encuentra en movimiento lleva una energía que es la que hay que disipar al frenar, con lo cual, las masas de inercia son las que acumulan la misma energía que el vehículo que se desea simular. Lógicamente las inercias están unidas al motor eléctrico mediante un eje. En el extremo de dicho eje, se encuentra una brida donde va colocado el disco de freno. En el cabezal fijo se coloca la pinza que se desea ensayar, así como la bomba de freno, y el sistema hidráulico que comanda la bomba. Los ensayos que se pueden realizar en el dinamómetro son muy variados ya que software que controla el banco, puede ser programado de modo que se realice el ensayo que se desee. Existen una serie de ensayos que están reconocidos a escala internacional y que a las diferentes compañías les sirve como niveles estándar de ensayo.

Lo ideal para un buen material de fricción sería que su coeficiente de fricción se mantuviese constante en $\mu=0,4$ durante cualquier rango de utilización, ya sea en temperatura, de presión o de cualquier otro parámetro. Además debiera de desgastarse poco y no dañar la otra superficie contra la que entra en contacto, pero esto es una utopía ya que el material de fricción está sujeto a muchos cambios como ya hemos visto. El material de fricción no se caracteriza solo por el coeficiente de fricción sino que además existen otras características intrínsecas al material. Dichas características deben de mantenerse dentro de unos límites para que el material cumpla su función primaria.

DENSIDAD

La densidad (ρ) del material de las pastillas es la relación entre la masa del material de fricción dividido del volumen que ocupa. Es un dato importante porque puede darnos idea como estamos prensando durante el proceso de fabricación, y también como pueden ser las expectativas de vida en servicio. **POROSIDAD.** La porosidad es entendida como el volumen relativo de la proporción de cavidades en el material. Esto incluye poros, ampollas de aire y cualquier cavidad que presente el material. La proporción de cavidades debe de ser menor al 5% de la superficie de la pastilla y no afectar a su perfil para que así no sea rechazada la pastilla. Una porosidad elevada puede provocar desgastes prematuros y una porosidad reducida puede dar lugar a chirridos.

FUERZA DE CIZALLADURA

La fuerza de cizalladura es la resistencia que presenta el material de fricción a ser separado del soporte cuando sobre él actúa una fuerza tangencial. Este valor es de los más importantes ya que las pastillas de freno cuando se encuentran frenando están sometidas no solo a las fuerzas normales contra el disco sino también a grandes esfuerzos tangenciales que son los que realiza el disco al intentar arrastrar las pastillas en el sentido de su giro. El valor mínimo aceptable para un test de cizallamiento es de 250 N/cm^2 , según Reglamento 90, esta presión equivale a desarrollar una fuerza de 1250 kg. en una pastilla de tipo medio, con un área de 50 cm^2 . Si esta característica no se cumple es necesario el tomar medidas correctivas que consigan una mayor adherencia entre el soporte y el material de fricción. Las principales acciones encaminadas a corregir este defecto son el empleo de un adhesivo diferente, incluso variar el material de fricción para que fluya mejor por los huecos del soporte y su adhesión al mismo sea mejor. Es importante destacar no solo el valor de rotura o presión máxima de cizalladura que soporta el material, sino la adhesión que este presenta sobre el soporte metálico, ya que una vez

separado el material de fricción del soporte debe de quedar material adherido al soporte en cantidad superior al 80 % de la superficie del mismo. Si esto no fuese así sería necesario tomar las medidas oportunas, descritas anteriormente. En la figura se puede ver como se debe aplicar la fuerza de rotura en la máquina, es importante que el radio del útil que empujará a la superficie de fricción tenga el mismo radio que la pastilla para cumplir con lo estipulado según el Reglamento 90. El ensayo descrito anteriormente, se utiliza como ensayo de control, tanto en el desarrollo de nuevos materiales como en el control normal de Calidad que se realiza durante todo el proceso productivo.

COMPRESIBILIDAD

La compresibilidad es el cambio de espesor en las pastillas por la aplicación de una fuerza normal a la superficie de las pastillas. Este ensayo se realiza en dos condiciones diferentes, en un principio se realiza a temperatura ambiente, lo que se conoce como compresibilidad en frío y en posteriormente se realiza colocando la pastilla por el lado del material de fricción contra una superficie que se encuentra a 400°C durante 10 minutos, es el conocido como test de compresibilidad en caliente. Cuando el valor de la compresibilidad en frío es mayor a un 2% del espesor de la pastilla, se debería de modificar el material de fricción para que no se produzca una reducción tan grande en el espesor del material. Durante el ensayo en caliente el valor máximo de compresibilidad debe ser menor al 5%. Si se sobrepasase este valor de nuevo deberían de tomarse medidas correctivas ya que ambos límites máximos tanto para frío como para caliente están definidos según Reglamento 90. Es importante destacar que la compresibilidad de las pastillas de freno es una de sus características básicas ya que con una cierta compresibilidad se absorben vibraciones entre disco y pastilla reduciendo así los efectos nefastos que las vibraciones presentan en el sistema de freno y que normalmente se traducen en ruido. Por otro lado, una compresibilidad excesivamente alta puede dar lugar a carreras de pedal muy largas.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

La conductividad térmica de los materiales de fricción es la propiedad física por la cual tienen la capacidad de transmitir el calor hacia su interior. Para el caso de las pastillas de freno es muy importante que la conductividad térmica sea capaz de evacuar el calor hacia el exterior de la pastilla pero se debe controlar ya que si ese calor pasase a través del

soporte metálico hasta la pinza, llegaría hasta el líquido de freno. Dicho calor puede provocar que el líquido entre en ebullición con las consecuentes pérdidas de eficacia de frenada. Los síntomas claros de esta ebullición es el aumento de la carrera de pedal, que se iría al fondo, con la consiguiente pérdida de eficacia de frenado. Los valores de conductividad térmica son muy variables con la formulación de material de fricción, ya que si las pastillas son semi –metálicas (aquellas que tienen alto contenido en lana de acero, de cobre, latón u otros), su conductividad térmica será mayor ya que los metales son mejores conductores de la temperatura. Por ello en formulaciones semi-metálicas es muy importante colocar un underlayer que evite la transferencia de calor al líquido de freno para evitar que el líquido de freno, eventualmente, entre en ebullición. En materiales de fricción de base orgánica la conductividad térmica será menor de forma que no tendrán, en la mayoría de los casos, la necesidad de usar underlayer.

7. RESUMEN. Los factores descritos anteriormente pueden ser incluso contradictorios entre ellos mismos y en definitiva, el éxito para desarrollar una pastilla de freno de calidad, depende del criterio del fabricante en cuanto a como valorar y ponderar los efectos de dichos factores para poder ofrecer al usuario el mejor producto posible según las expectativas de los usuarios.

LOS DISCOS DE FRENO:

Los discos de freno son la superficie contra la cual interactúan las pastillas para frenar el vehículo, debido a que el disco gira solidario con las ruedas. Ese rozamiento entre discos y pastillas produce la transformación de energía cinética en energía calorífica, provocando una reducción de la velocidad. Los discos de freno no solo deben producir la transformación de energía sino que además deben conseguir que el calor producido sea transmitido a la atmósfera lo más rápidamente posible, ya que sino, las temperaturas a las que operaría el sistema serían muy elevadas llegando incluso al colapso del sistema. El material escogido para fabricar los discos de freno es la fundición gris nodular de grafito laminar, ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el periodo de vida de los discos. Existen también, discos de materiales compuestos en matriz de carbono, usados en la alta competición y en los frenos de los aviones, aunque debido al alto coste que tienen son inviables para los vehículos comunes. En la actualidad se están desarrollando discos de freno en aluminio con una base de carburo de silicio, ya que su menor peso los hacen muy atractivos, pero la mala disipación de calor que tienen los hacen inviables de momento, ya que necesitan un sobredimensionamiento importante que hacen que pierdan las ventajas del reducido peso.

La composición básica del material de los discos es una fundición gris nodular de grafito laminar, que contiene entre un 92% y un 93% de hierro. Además del hierro otros componentes básicos tales como el silicio, manganeso y otros garantizan la calidad de un elemento crítico en el frenado como es el disco. En el gráfico siguiente podemos ver el porcentaje de los diferentes materiales que junto con el hierro, que supone el 93% del total, el resto de materiales suponen entre el 7% y el 8% que resta de la composición total del disco.

LA GEOMETRÍA DEL DISCO DE FRENO.

La geometría de los discos de frenos siempre es la misma, es decir, una superficie circular perfectamente plana. Vamos a ver a continuación, las soluciones que se han ido aportando para mejorar la disipación del calor que almacena el disco. En primer lugar vamos a ir comentando las diferentes partes de las que está compuesto un disco.

LA 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 daños en el disco, tales como deformaciones geométricas, grietas, depósitos de material de fricción u otros que dañarían el disco de forma irreversible.

FIJACIÓN:

La fijación de los discos está situada en la parte central del mismo. Existe un taladro donde se aloja el buje, así como por la parte trasera un chaflán que debe de 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 taladro 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. LA CAMPANA: La campana es el cilindro que une la banda, con el plano de fijación. En algunos casos en el interior de la campana se está aprovechando para montar un pequeño sistema de freno de tambor de accionamiento mecánico, con la finalidad de que sirva de freno de estacionamiento (Peugeot 406 u otros). EL FILTRO TÉRMICO: El filtro

térmico es 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 calentamiento excesivo de la llanta y por consiguiente del neumático que ya sufre los efectos de la temperatura por su propio uso. El principio de funcionamiento de los frenos como ya hemos visto anteriormente se basa en que la energía cinética que lleva el vehículo debe de disiparse en forma de calor. Este calor se acumula principalmente en los discos. Pero lógicamente los discos 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 del disco en valores razonables a efectos de su integridad mecánica. Los discos deben de desempeñar dos funciones principales: mover el aire a su alrededor como lo haría un ventilador, y transmitir su energía a la atmósfera como lo hace un radiador. Para cumplir la primera de sus funciones, la propia geometría del disco hace que sea posible la circulación del aire desde la campana hacia el exterior de la pista. Además la velocidad de dicho aire es mayor cuanto mayor sea la temperatura que va adquiriendo. Este proceso se da en los discos macizos, que cumple con su función cuando la energía que han de disiparse es reducida o media. Cuando la energía térmica disipada aumenta, las superficies de un disco macizo ya no son suficientes. Si se intentase aumentar su tamaño tendríamos la limitación impuesta por el tamaño de la rueda por lo cual la solución adoptada por unanimidad es el disco ventilado que permite una mayor disipación térmica en el mismo espacio.

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 del disco sino que además se produce su enfriamiento por el interior. Este intercambio de energía depende en gran medida de la forma y la 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 es negativa. Por ello debe existir un compromiso entre la eficacia y la orientación - forma de las mismas. Generalmente son radiales y por lo tanto la colocación de los discos en la rueda izquierda o derecha, no afecta a las propiedades autoventilantes. 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 la otra, ya que no sería eficaz su ventilación si se intercambiara su ubicación.

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 banda frenante del disco, lo que antes hemos denominado filtro térmico. La sección de paso de calor se reduce, el gradiente térmico aumenta, es decir, la diferencia de temperatura entre un lado del canal y el otro se hace mayor, lo cual hace que la temperatura de la campana sea menor. Esto es muy importante ya que el calor que se transfiere a la llanta y por consiguiente a la goma del neumático es menor, consiguiendo así que no sufra en exceso la carcasa del neumático. También se consigue una reducción en la deformación del disco al reducirse la temperatura de la campana y sus consiguientes tensiones térmicas. 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 unida a la campana exclusivamente, ya que de aumentar el espesor de las dos pistas, el grueso total del disco aumentaría excesivamente con la necesaria reducción del grueso del material de fricción. Existen discos fabricados en dos piezas independientes, nacidos 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 discos 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, dado su elevado coste, normalmente solo se utiliza este tipo de disco en competición pero son la solución más extendida en las motocicletas.

EL BUEN MANTENIMIENTO DE LOS DISCOS DE FRENO

Una gran mayoría de los conductores, piensan que los discos de freno no se deben de sustituir nunca, ya que son piezas metálicas lo suficientemente duras como para no requerir su sustitución o una revisión. Lógicamente están equivocados y desde aquí vamos a intentar dar una visión de porqué el mantenimiento de todo el sistema de frenos de un vehículo es fundamental. En primer lugar hay que tener presente que los discos de freno no son infinitamente rígidos sino que como cualquier pieza de un vehículo se deforma. Para evitar lo máximo posible esta deformación, hay que tener en cuenta muchos parámetros, ya que incluso el valor de apriete de las ruedas es uno de los factores que

afectan a la deformación del disco. Es necesario que en el montaje de los neumáticos se lleve a cabo bajo el par de apriete que recomienda el fabricante. Usando una llave dinamométrica tarada a 10 kg· m si la llanta es de chapa y a unos 11 kg· m si la llanta es de aleación. Procediendo al apriete de forma equidistante. Las llaves de apriete neumáticas pueden deformar los discos, dando lugar a problemas de vibraciones, ruidos, e incluso roturas de la propia llanta, principalmente si esta es de aleación. Para un buen mantenimiento de los discos de freno conviene revisarlos cada 20000 km. como norma general. Este control no debe de ser solo visual, ya que existe una cota mínima tras la cual el disco debe de ser sustituido. Esta medida llamada MINIMUM THICKNESS (mínimo espesor) viene grabada en los cantos de los discos. Más adelante veremos que sucede cuando este espesor no es respetado. Los controles que se deben realizar, no son solo la medida del espesor con ayuda de un micrómetro de exteriores, sino que además debe de comprobar el alabeo del disco con ayuda de una base magnética y un reloj comparador unido a ella. El proceso de verificación del alabeo se lleva a cabo, pegando la base magnética en la mangueta del vehículo y la punta del reloj comparador debe estar en contacto con la pista frenante del disco. En esta posición se debe poner a cero el reloj. Una vez colocado todo el sistema debemos de hacer girar el disco fijándonos en la desviación que el reloj comparador nos va a ir dando. Si esta variación es mayor a 0,125 mm. debe de ser sustituido el disco por estar alabeado. Esto se hará patente en el freno ya que al frenar nos producirá vibraciones en el volante, incluso si el alabeo es muy grave se producirán pulsaciones en el pedal.

La planitud del disco es una característica crítica para una frenada progresiva y libre de vibraciones no solo en frío sino en caliente. Si esta planitud no se encuentra dentro de los valores requeridos, pueden aparecer puntos calientes “judder” que producen vibraciones muy desagradables al frenar. Como se verá más adelante el “judder” puede aparecer como vibraciones acústicas, vibraciones estructurales en la dirección del vehículo o como pulsaciones en el pedal del freno. Resolver este tipo de problemas es complejo y desde luego, pasa por la instalación de discos de freno de primerísima calidad y pastillas de freno con la compresibilidad y el coeficiente de fricción adecuado. En algunos casos, también podemos observar óxido en las pistas frenantes de los discos, formado al estar el vehículo en un entorno muy húmedo. Esto no implica un problema serio ya que en unas cuantas frenadas ese óxido debe ser eliminado por el contacto entre las pastillas y el disco. Si una vez realizadas estas frenadas existe alguna zona donde ese óxido no se haya

eliminado, significa que puede existir algún problema en la pinza, debido a que la pastilla no hace un perfecto contacto en el disco. Si se observan rayas circulares profundas o grietas radiales numerosas deberán de cambiar los discos obligatoriamente.

PROBLEMAS PRINCIPALES ASOCIADOS A LOS DISCOS

El estudio de los diferentes problemas de los discos demuestra que la mayoría de los mismos podrían evitarse si se prestara más atención al montaje. Esto no solo concierne a ciertos controles cuantificables mediante mediciones, sino que además debemos realizar un atento examen visual de los componentes.

APRIETE INCORRECTO DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El apriete excesivo de los discos crea grietas en la superficie de la campana que apoya sobre el buje. Estas grietas puede no ser visibles, o ser simplemente un principio de deformación que con el paso del tiempo y los continuos cambios de temperatura, producen, en casos extremos, que se acabe desprendiendo la campana de la banda frenante. Este problema también se produce por no respetar ni el orden de apriete ni las presiones de apriete, determinadas en este capítulo, para los neumáticos. Esta deformación es perceptible desde el principio del montaje y se detecta por vibraciones tanto en el pedal como en el volante con independencia de la velocidad, de la presión o de la temperatura del sistema de freno, con lo que resulta fácil atribuir este problema a un apriete incorrecto del disco o al montaje de un disco de freno defectuoso o mal mecanizado.

MONTAJE INCORRECTO DE LA PINZA

Si la pinza no ha sido colocada correctamente en su posición apreciaremos un desgaste irregular de las pastillas en forma cónica y antisimétrica. Se puede apreciar el defecto desde el principio del montaje ya que escucharemos ruidos muy fuertes al frenar, así como el golpeo de las pastillas y una fuerte reducción de la eficacia del sistema de freno.

EXCESIVA HOLGURA DE LOS RODAMIENTOS DEL BUJE

Una excesiva holgura de los rodamientos del buje provoca un desgaste irregular de las bandas frenante de los discos. Se observa un recalentamiento del disco localizado en la zona donde rozaban las pastillas al girar el disco, debido a la holgura en los rodamientos

del buje. Además se aprecia un desgaste excesivo en la zona en la que el contacto era permanente. Se notaran vibraciones frecuentes desde el principio que cada vez se irán haciendo más graves.

LIMPIEZA INCORRECTA DEL BUJE

Cuando durante el montaje de un disco nuevo no se limpia correctamente la superficie de apoyo del disco en el buje, se puede producir un asentamiento inestable del disco en el buje. Esto provoca que al girar el disco se produzca una oscilación del mismo, y en cada giro, roce contra las pastillas provocando no solo el desgaste excesivo de las pastillas sino el deterioro del disco. Esto provoca vibraciones que irán creciendo con el paso de tiempo. Además aparecerá un desgaste irregular debido a las vibraciones que se provocan en el disco. Para prevenir este efecto es fundamental limpiar perfectamente la superficie del buje. Siempre, para evitar este problema, medir con el comparador que las desviaciones máximas están dentro de las permitidas.

TEMPERATURA EXCESIVA

Los discos presentan vivos colores en la gama de los azules, que principalmente son visibles en la zona del filtro térmico donde se une las pistas frenantes con la campana. Esta zona cambia de color al sufrir un calentamiento brusco que transforma la estructura del material. El aumento de la temperatura hace variar la estructura del material de los discos que incluso puede formar zonas de cementita (Fe_3C), cuya estructura es nefasta para el sistema de frenos. Ya que la cementita es una estructura del hierro muy dura que provoca la aparición de vibraciones en el sistema de freno y un comportamiento del material de fricción diferente cuando entra en contacto con esa parte del disco. En comparación con el resto de la superficie del disco, en la zona donde se ha formado cementita, el coeficiente de fricción (μ) es diferente, lo tiene como resultado la diferencia de comportamiento del material de fricción en afectada por la transformación de la estructura. Además en esta zona se acumulan tensiones térmicas que favorecen la aparición y propagación de grietas. Para que este problema no aparezca es necesario el rodar las pastillas y los discos nuevos durante unos 250 o 300 km. Periodo durante el cual las frenadas deben de ser suaves y progresivas. Y luego durante la vida de los discos evitar el calentamiento excesivo de los mismos. Dicho calentamiento excesivo, suele tener los orígenes claramente diferenciados: una conducción en condiciones límite, o la costumbre de algunos conductores de mantener el pie sobre el pedal, ejerciendo poca presión, en

descensos prolongados para retener el vehículo. Este problema provoca vibraciones en los discos debido a las transformaciones estructurales del disco sufridas por los excesos de temperatura. Además estas vibraciones se harán cada vez más pronunciadas con el paso de los kilómetros.

DESGASTE POR ENCIMA DEL LÍMITE MÁXIMO

Cuando el disco ha sido usado más allá de su vida útil, es decir, cuando se han sobrepasado el espesor mínimo expresado por el fabricante, aparece un escalón en las pistas del disco que provoca una reducción de la masa del disco. Esto produce la mala disipación del calor debida a la pérdida de masa comentada anteriormente. Lo que llevará a un calentamiento excesivo, provocando la aparición de grietas, así como manchas de color más oscuro debido al sobrecalentamiento de dichas zonas. Es importante recordar que la pérdida de masa del disco provoca que disminuya la conductividad térmica del mismo con lo cual se produce un aumento de la temperatura mucho mayor y más rápida. Debido a ese exceso de temperatura los discos se deforman con la consiguiente aparición de ruido y vibraciones. Es recomendable la verificación periódica del espesor del disco, así como sustituir los discos cada dos juegos de pastillas. Es imprescindible siempre que se sustituyan los discos, sustituir las pastillas.

DISCOS AGRIETADOS

Los discos han sido sometidos a temperaturas de funcionamiento muy altas. En la parte exterior del disco se ven claros síntomas de sobrecalentamiento. Las altas temperaturas favorecen la aparición de las grietas, las cuales se forman al existir pequeños poros en el material, los cuales debido a las altas temperaturas, crecerán hasta forman la grieta. Las grietas hacen que el disco sea frágil, lo cual en definitiva, favorece el crecimiento de la grieta hasta romper en las partes el disco. Las grietas se producen debido a las deformaciones a las que son sometidos los discos y los impactos que las pastillas producen sobre los mismos. Se provocan vibraciones y existe la posibilidad de que una de las grietas crezca tanto que rompa el disco, con el consiguiente riesgo que ello conlleva. Antes de llegar a la rotura del disco, las características friccionales del conjunto pastilla / disco se ven fuertemente alteradas como consecuencias de la ruptura de la tercera capa. Con resultados imprevisibles sobre el frenado del vehículo y en cualquier caso mostrando un desgaste prematuro de las pastillas de freno. En la imagen vemos como el desgaste prematuro de las pastillas ha hecho muescas en el disco. Se aprecia claramente el surco

que el soporte de la pastilla ha dejado sobre el borde exterior del disco. Este tipo de problema se reconoce por las fuertes vibraciones que vamos a tener sobre el pedal y dirección, así como el ruido que provoca en cualquier situación de marcha.

DESGASTE EXCESIVO DE LOS DISCOS DEBIDO AL DESGASTE TOTAL DE LAS PASTILLAS

Si las pastillas se han desgastado tanto que ha llegado haber un contacto metal – metal entre el disco y el soporte de la pastilla, se aprecia un desgaste muy abrasivo que deja unos surcos muy pronunciados, también se observa transformación de material entre el disco ya que aparecen zonas oscuras. Se puede reconocer este problema por la disminución de la eficacia del freno así como por el ruido que produce al frenar, con el consiguiente incremento de la temperatura que se produce en el contacto metal – metal. Para evitarlo se debe de verificar el desgaste de las pastillas cada 10.000 km. así como debe de verificarse el estado del circuito eléctrico del testigo del desgaste para que un fallo de este no produzca el problema descrito.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Este problema está causado por materiales de fricción de baja calidad y en vehículos muy exigentes con el freno; debido a sus altas prestaciones, a ser vehículos dedicados al reparto u otras condiciones extremas impuestas por el conductor. Los principales síntomas de este problema son frenadas muy largas, ya que hay una perdida importante de propiedades de frenado. El pedal además de sentirse muy duro, se pierde toda la sensación de frenado.

Este problema es frecuente cuando se emplean pastillas de freno con un alto contenido de resinas para facilitar su producción o cuando las pastillas no “scorchadas” no han sido suficientemente curadas en prensa o en el horno. Normalmente este problema va asociado también a un alto nivel de chirridos. Es importante destacar que las pastillas de freno no se recuperan después de haber sufrido este problema. Con lo cual, deben ser sustituidas por unas nuevas pastillas de freno de calidad contrastada. SURCOS Y RAYAS PROFUNDAS La formación de rayas o surcos profundos pueden haber sido causados por la interposición de diferentes materiales extraños entre la pastilla y el disco. Estos materiales se pueden haber introducido entre la pastilla y el disco durante la conducción. También puede estar provocado por una acumulación del material duro de la pastilla al

tener un mal proceso de mezclado o elementos extraños durante el proceso de fabricación. Los síntomas que podemos detectar son la aparición de ruidos muy desagradables tanto durante el proceso de frenado, como sin frenar. Se aprecia una reducción de la eficacia de frenado debido a la reducción de la superficie útil de contacto entre el disco y la pastilla.

DEPÓSITOS DE MATERIAL DE FRICCIÓN EN LOS DISCOS

Se forman depósitos del material de fricción sobre el disco que se han quedado adheridos sobre el mismo debido a una alta temperatura. Se aprecian vibraciones muy leves en un principio y dependiendo de la presión de frenado, pero al ir transcurriendo el tiempo las vibraciones se hacen mayores así como aparecen ruidos.

Este tipo de problemas es típico de materiales de fricción de baja calidad en los que a partir de una cierta temperatura se produce la transferencia del material de fricción al disco con la consiguiente pérdida de la planitud de éste, así como la modificación de las características funcionales del conjunto pastilla / disco.

INSPECCIÓN DEL SISTEMA DE FRENOS

Lo primero que debemos de realizar antes de comenzar a trabajar en el sistema de freno de cualquier vehículo es el hacer una inspección previa la cual debe de incluir una breve charla con el conductor del vehículo ya que él quien mejor nos puede decir lo que le sucede al coche y a partir de ahí comenzar a trabajar.

PRUEBAS DE PEDAL

Presione y suelte el pedal varias veces (con el motor en marcha si se trata de sistemas con servofreno) y compruebe si hay fricción o ruidos. El movimiento del pedal debe ser suave y volver a situarse rápidamente, sin chirridos, ni del pedal ni de los frenos. Presione fuertemente el pedal y compruebe que el tacto es flexible, calcule la resistencia del pedal. El tacto del pedal así como la carrera del mismo ha de ser firme, no debe de existir un comportamiento esponjoso. Revise las fugas del líquido de frenos. Mantenga una ligera presión sobre el pedal durante 15 segundos y compruebe que no hay movimiento del pedal. Repita la prueba presionando fuertemente sobre el pedal. Presione ligeramente el pedal y suéltelo para comprobar que se encienden y se apagan las luces de frenado.

INSPECCIÓN DEL CILINDRO MAESTRO Y LIQUIDO DE FRENOS

Revise que estén abiertos y limpios los orificios de ventilación en la tapa de depósito del cilindro maestro. Compruebe que el nivel del líquido está próximo a la parte superior del depósito (ambos lados si son frenos dobles), y que esté limpio. Añada líquido en caso necesario pero cerciorándose de que el líquido a añadir es de la misma calidad que el que el vehículo lleva.

Revise si hay fugas externas de líquido. Vea si hay humedad alrededor del cuerpo, conexiones y tuerca de sujeción. Compruebe a su vez el interruptor hidráulico de la luz de frenado (sí lo hubiera).

INSPECCIÓN DE LATIGUILLOS Y TUBERÍAS

Levantando el capó, revise las mangueras, tubería y conexiones y compruebe que no hay fugas. Revise los platos de anclaje y las ruedas para ver si hay señales de fugas de líquido o de grasa. Compruebe que la tubería no está abollada ni tiene daños similares. Revise el estado de la manguera (que sea flexible, no tenga grietas, cortes o protuberancias).

INSPECCIÓN DESGASTE DE LAS PASTILLAS

Cada 10.000 km. o cada vez que revise el vehículo, quite la rueda delantera derecha y observe el estado de desgaste de las pastillas. Si sólo quedan 3 mm. de pastilla utilizable, hay que cambiar de pastillas. Si no está seguro, desmonte el resto las ruedas y examine las pastillas. Si existe un sistema de aviso de desgaste de las pastillas revise todo el cableado del mismo para ver que sigue cumpliendo su función.

INSPECCIÓN DE LOS MECANISMOS DE FRENO:

Revise las pastillas y observe que el material de fricción está correctamente pegado al soporte, si existen grietas, desgaste anormal o si tienen partículas extrañas incrustadas ó el material está deformado. Compruebe que las piezas de sujeción de las pastillas (pernos, resortes, grapas, etc.) están correctamente instaladas y que no están dañadas.

AVERÍAS MÁS COMUNES Y POSIBLES SOLUCIONES.

Lo que ha continuación se presenta es un resumen de las averías más frecuentes, la posible causa que las ha producido y cual sería la solución más recomendable. Pero como se puede entender pueden existir averías aquí reflejadas que puedan estar producidas por diferentes causas, e incluso que existan soluciones más apropiadas que las que a

continuación se analizan. En definitiva, sirva este apartado simplemente como guía para la posible localización y solución de las averías.

ANÁLISIS DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

FADING

El fading es uno de los fenómenos más peligrosos que se pueden dar en un sistema de freno, ya que, el fading es la pérdida de eficacia de frenada en caliente. El material de fricción presenta distintos valores de coeficiente a diferentes temperaturas, si este coeficiente de fricción comienza a bajar demasiado rápido y a una temperatura relativamente baja; se producirá el fenómeno del fading cuando la temperatura del sistema sea superior a ese límite que presenta el material de fricción, con lo cual el coeficiente caerá y la eficacia de frenado se verá reducida.

En la gráfica podemos ver la comparación de dos materiales de fricción distintos, en lo que se denomina un test de fading. El test de fading se realiza en un dinamómetro de inercia, esto es una máquina que es capaz de simular las condiciones impuestas en un vehículo, con la particularidad de que todos sus equipos de sensores son capaces de medir todos los parámetros de la frenadas.

El test de fading está compuesto por 20 frenadas consecutivas en las cuales se mide tanto la temperatura de inicio de la frenada, así como la temperatura final que se alcanza. Además del coeficiente de fricción que mide la capacidad que tiene el material de fricción de frenar el vehículo. Todas las frenadas se realizan desde 100 km/h hasta 0 km./h, el parámetro que siempre se debe de cumplir es que la deceleración media obtenida siempre sea de 4 m/s^2 . Para lo cual las presiones aplicadas en el circuito son las que consiguen la deceleración media antes comentada.

JUDDER

El judder es un fenómeno debido a las vibraciones del sistema. Es decir, las vibraciones se hacen, más o menos palpables para el conductor, dependiendo en gran medida, del conocimiento de su propio vehículo. El judder puede ir acompañado por ruido aunque siempre de baja frecuencia, ya que recordemos que el ruido está producido por las vibraciones que alcanzan las frecuencias audibles.

El primero es el judder “frío” (cold judder) estas vibraciones son provocadas por imperfecciones de los discos tales como defectos de mecanizado en origen, o por defectos de montaje, holguras excesivas. Esto significa, todas aquellas causas que provoquen un aumento de la deformación del disco. Este cold judder se suele ocasionar a baja presión y baja deceleración. El paso de las pastillas por estas imperfecciones provoca las vibraciones al ser repelidas contra el pistón. El cold judder puede ser notado tanto en el pedal, como en el volante, si este judder es muy acentuado se notará como vibraciones, como ruidos o ambos. Obviamente la calidad de las pastillas de freno puede aumentar o reducir el problema. El segundo grupo es el judder “caliente” (hot judder). Son vibraciones que aparecen a alta temperatura durante procesos de frenado a presiones medias y velocidades altas ya que las frenadas en estas condiciones se alargan mucho en el tiempo, y la temperatura aumenta bastante hasta valores de 400°C a 500°C. Se produce hot judder cuando la fricción entre las pastillas – discos es más elevada en alguna de las zonas del disco. En esa zona, la energía que se disipará será mayor con lo cual la temperatura será más alta aumentando rápidamente. Las vibraciones aparecen en los puntos calientes, que suelen estar distribuidos regularmente por el área del disco. Cuando estos puntos calientes se enfrían crean manchas oscuras o zonas de distinta coloración siendo más o menos visibles. Estas manchas son el resultado de la transformación de la estructura del material del disco. La estructura pasa de estar compuesta por un grafito laminar a ser de cementita. Esta estructura se caracteriza por su elevada dureza. Este cambio de estructura suele estar ocasionado por el propio material de fricción, el cual tenga alguna zona donde su coeficiente varíe, ya que puede deberse a incrustaciones de materias primas mal mezcladas o simples variaciones de coeficiente por efecto de la temperatura en las distintas zonas de la pastilla de freno.

La estructura del material del disco que se ha transformado ha pasado a ser cementita (Fe_3C), estructura que se caracteriza por su elevada dureza, con lo que si se sigue frenando en estas circunstancias, estas zonas se desgastarán menos, contribuyendo a acrecentar las vibraciones. El rectificado de los discos no solucionará este problema. Por ello, el efecto del hot judder es uno de los defectos más estudiados, que intentan ser eliminados con la investigación de nuevas calidades de materiales de fricción que puedan ofrecer una relación de compresibilidad en caliente y conductividad térmica adecuada para evitar en lo posible dicho problema, que va en aumento en las últimas generaciones de vehículos con masas no suspendidas más ligeras. Es decir, las ruedas, las suspensiones,

las pinzas de freno, etc. cada vez se fabrican en materiales más ligeros como el aluminio que reducen el peso del conjunto y hacen más fácil su excitación.

RUIDO

Los ruidos que se producen en el sistema de freno vienen derivados de las vibraciones a las que son sometidas tanto las pastillas, como los discos, los portapastillas, las pinzas, etc. debido al hecho de estar sometidos a un contacto entre varios elementos donde existe fricción entre ambos elementos. Aunque pueda parecer que durante el frenado las pastillas y el disco se encuentran en un contacto perfecto no es así, ya que las pastillas están siendo sometidas, al igual que el resto del sistema, a constantes microgolpes, que producen las vibraciones. Recordemos que cualquier material cuando es sometido a una percusión tiende a vibrar de una forma característica, es decir, sus modos de vibración dependerán de su masa, su densidad, su módulo de elasticidad, etc. Los ruidos se producen cuando esa vibración coincide con una frecuencia propia de algún elemento de los que compone el sistema, bien puede ser el portapastillas, la pinza, la mangueta... esto quiere decir que los ruidos si bien están causados por la fricción entre discos y pastillas, estos son simplemente los excitadores del sistema. Recordemos que para que se produzca un ruido necesitamos 3 elementos fundamentales, estos son: el excitador, el resonador y el propagador. Al igual que cuando cualquiera de nosotros habla, el excitador son nuestras cuerdas vocales que vibran produciendo ondas en el aire, que es el propagador, teniendo como resonador nuestra laringe. En el caso del sistema de freno el excitador son las pastillas que produce las vibraciones sobre el disco, que suele ser el resonador y lo que no varía es el propagador que sigue siendo el aire. El ruido es una de los principales problemas del sistema de frenos, ya que, puede llegar a ser impredecible. En muchos casos el ruido se produce en una determinada serie de un modelo mientras que en la siguiente serie de nº de chasis del mismo modelo no se produce. Existe la posibilidad que pequeños cambios en los hábitos de conducción, estado de carga o condiciones medio ambientales dan lugar a la aparición de chirridos.

¿Cómo evitar que se produzca el ruido?

Los desarrollos iniciales de las formulaciones, están encaminados a que este y otros efectos indeseables no aparezcan. Pero el rango de factores que afectan a este efecto, obliga a tomar otro tipo de medidas, ya que aunque en su inicio el material no produzca

ruido, puede que el estado de los discos, de las suspensiones, de las rotulas, etc. haga que este aparezca. Para evitar esto, los fabricantes introducen láminas anti – ruido. Estos elementos evitan que las vibraciones se propaguen a través del portapastillas. En muchos casos éstos elementos cumplen su función pero no son suficientes ya que la aleatoriedad del suceso hace que aún con estos elementos preventivos continúe dándose este problema en algunos casos. En otras ocasiones se intenta modificar el comportamiento de la pastilla frente a las vibraciones por medio de la variación de la superficie de contacto con el disco, es decir, lo que se realizan son canales, ranuras o chaflanes, que además de servir para la eliminación de partículas y refrigeración, consiguen que varíe el modo de vibración con lo cual puede conseguir que no surja el ruido. La amplitud de un sonido tendría que medirse como una variación de presión en el aire, pero el oído humano tiene respuesta casi logarítmica, con lo cual no podríamos hablar en términos de variación de presión totales. Por eso se crearon las unidades de presión denominadas decibelios, que representan variaciones de presión de aire en escala logarítmica. El oído humano puede percibir desde 30 dB hasta 140 dB, empezando en 120 dB el umbral del dolor. El hecho de que la respuesta fisiológica del oído humano sea logarítmica supone que amortiguadores de ruido del orden del 50 % al nivel mecánico, sobre un nivel de referencia de 100 dB solo represente un descenso en la percepción del ruido de 3 dB o de un 3 %. Dicho ejemplo ilustra claramente lo difícil que resulta la atenuación de ruidos no solo en el campo específico del freno sino en cualquier otro área en la que se pretendan atenuar los ruidos. En la siguiente tabla vemos como va creciendo la potencia requerida para escuchar un sonido a unos determinados decibelios, a un metro de distancia y si la onda tiene una frecuencia de 1000 ciclos por segundo. Si partimos de un altavoz estándar que con 1 W de potencia consigue que escuchemos la música a 90 dB, estando situados nosotros a 1 m del altavoz.

DESGASTES PREMATUROS

El problema del desgaste prematuro está muy relacionado con problemas de recalentamiento y alta temperatura en el sistema de freno o también por el uso de pastillas de freno de baja calidad. En la mayoría de los casos cuando se abusa excesivamente de los frenos y estos trabajan durante mucho tiempo en temperaturas superiores a 450°C, hace que el material de fricción se adhiera al disco (en casos de pastillas de freno de baja calidad) provocándose desgaste irregulares. Comienzan a aparecer grietas en el material de fricción que con el paso del tiempo podrán ser el inicio de pérdida de masa del material.

Otra de las causas que pueden provocar un desgaste prematuro de las pastillas se produce cuando durante el proceso de fabricación la distribución de la mezcla, durante el prensado, no ha sido todo lo homogénea que hubiese sido necesario. En el apartado de desgastes prematuros, y dejando al margen aquellas pastillas de freno de calidad insuficiente, la clave es el correcto funcionamiento del caliper, pues presiones residuales (después de liberar la presión del circuito) superiores a las necesarias para mantener el contacto pastilla / disco (par residual) suponen un calentamiento progresivo del sistema con los efectos consiguientes de incremento del desgaste con la temperatura.

PULLING

El efecto “pulling” indica el fenómeno de oscilación de coche durante una frenada o deceleración media / fuerte hacia un lado y después al otro. Este fenómeno no se debe a una avería en el sistema de freno sino a unas malas prestaciones del material de fricción.

La oscilación del vehículo se debe a que los pares frenantes de las pastillas no son constantes durante una revolución de la rueda, sino que van variando por un mal desarrollo del material de fricción. Como obviamente dicho defecto no está sincronizado en las dos ruedas, se produce un efecto de frenado diferente en cada rueda que da lugar a fuerzas laterales sobre el vehículo que obviamente modifican la trayectoria del mismo apartándola de la línea recta en forma de ondulación.

PASTILLAS CRISTALIZADAS

La cristalización de la superficie de las pastillas ocurre durante frenadas a altas temperaturas (450°C – 700°C), como sucede durante descensos de puertos de montañas o durante una conducción muy deportiva con altas deceleraciones. Este problema se presenta principalmente en pastillas de freno con exceso de resina y tecnología de fabricación antigua. ¿Qué ocurre con las pastillas? Cuando el material de fricción se encuentra caliente en contacto con los discos, a temperaturas superiores a 350°C, los contenidos orgánicos del compuesto se queman, llegando en primer lugar al estado líquido hasta producirse la carbonización completa, generando gases y humos. Durante este proceso de transformación se puede formar en la superficie de la pastilla una película superficial muy fina y brillante, que hace disminuir el coeficiente. Esto hace que las prestaciones del material de fricción sean menores y que la carrera del pedal se haga más larga al disminuir el coeficiente de fricción como consecuencia de dicha película. Si el material de fricción está bien diseñado, una vez que se enfríen las pastillas, recuperará en

unas 50 o 100 frenadas el nivel de prestaciones que tenía en un principio. Es decir, una vez que la capa cristalizada “se limpie” de la superficie de las pastillas, las prestaciones serán parecidas a las iniciales. En materiales mal diseñados, cuando el coeficiente de fricción baja a niveles de aproximadamente $\mu=0,10$, estas prestaciones no se recuperaran. Esto lo comprobaremos porque el pedal estará muy duro, con una sensación de falta de frenado aunque nos apliquemos con mucha fuerza sobre el pedal. Cuando desmontamos las pastillas veremos la película con aspecto cristalizado en la superficie. Normalmente este problema suele ir acompañado de un nivel importante de chirridos. El material de fricción en estas condiciones es totalmente irrecuperable por lo que resulta imprescindible el cambio de pastillas de freno.

REGLAMENTO 90

LA LEGISLACIÓN ACTUAL

INTRODUCCIÓN. En la actualidad los fabricantes de pastillas de freno de reposición no están obligados al cumplimiento de ninguna norma que obligue a mantener unos determinados estándares de prestaciones. Pero existe una normativa de carácter europeo que será aplicable en España a partir del 31 de Marzo del 2001 por la cual toda las pastillas que se vendan en el mercado de reposición, para las cuales sea aplicable dicha legislación, deben de haber pasado una homologación que a continuación se describe.

REGLAMENTO 90.

El crecimiento del mercado libre de los componentes de automoción y la proliferación de marcas en el sector del frenado ha generado por parte de la administración europea la necesidad de introducir una normativa que regula las prestaciones de algunas piezas de seguridad. Esta normativa define las características del producto de frenado en sí, con independencia de otras homologaciones que puedan tener las empresas en cuanto a proceso de fabricación y evaluación de su gestión tales como las normas ISO9000 o la QS14000. La pastilla de freno es hoy el centro de toda la atención, ya que los organismos legislativos europeos han elaborado unas directivas que definen rigurosamente los criterios de seguridad y de eficacia que tiene que cumplir este importante componente del automóvil. Uno de los aspectos más restrictivos de la normativa son los ensayos que se deben realizar sobre el vehículo con el material de repuesto para más tarde compararlo con los ensayos a realizar con el material de origen. Los resultados no deben de diferir en un $\pm 15 \%$ de las prestaciones del repuesto a las de origen.

Los controles y pruebas debe ser realizados por organismos homologadores oficialmente autorizado por cada estado de la Unión Europea. Así mismo cada referencia que se desee vender a partir de la fecha de entrada en vigor de la normativa, debe pasar su propio proceso de homologación si éste es exigible para dicha referencia en cuestión. Esto implica no homologar un material de fricción sino homologar todas y cada una de las referencias, de forma individual, que se deseen vender y a las cuales aplique dicha homologación. La normativa ECE R-90 es un gran paso adelante en la búsqueda del mejor producto y del mejor servicio al consumidor. Define unos estándares de calidad a los cuales los fabricantes deben atenerse para poder operar en el mercado independiente y supone una garantía de confianza en los productos de seguridad que su empresa comercializa. Es, por fin, una garantía para el consumidor final, el cual podrá exigir en cualquier momento la homologación del producto, y proceder en consecuencia si el producto que le han instalado en el vehículo no está homologado bajo el R-90. A partir del 31 de Marzo del 2.001, vender, instalar, o circular con una pastilla no homologada, para aquellos vehículos que lo requieran, será considerado ilegal, y su propietario deberá atenerse a las consecuencias tanto de carácter civil como penal que la legislación imponga.

HOMOLOGACIONES ECE R-90

La homologación de una referencia de pastilla para pasar el Reglamento 90, se debe de realizar tanto con pruebas en el laboratorio como con el propio vehículo. Cada referencia de pastilla debe de ser homologada en el vehículo en el que se han de montar, con el vehículo sensorizado, es decir, debemos de saber a que temperatura se encuentran los frenos, que presión se está ejerciendo en el circuito, conque fuerza estamos pisando el pedal y que deceleración sufre el vehículo cuando frenamos.

ENSAYOS SOBRE EL VEHÍCULO

Una serie de test de homologación tipo 0

Una secuencia de frenadas en diferentes condiciones de velocidad y carga. Se trata de comprobar el correcto funcionamiento en diferentes condiciones de servicio, así como en condiciones de emergencia y de estacionamiento. Este ensayo es una repetición de las pruebas realizadas por el fabricante del vehículo para la homologación del mismo bajo el Reglamento 13 (Reglamento de homologación de frenos).

Un test de pérdida de eficiencia en caliente:

Primeramente, se realiza una secuencia de 15 frenadas a alta velocidad con objeto de situar el freno en condiciones extremas de temperatura y posteriormente se comprueba su correcto funcionamiento, comparándolo con los resultados en frío. Los resultados obtenidos no deben encontrarse por debajo del 80% de las deceleraciones obtenidas en el ensayo de rendimiento en frío.

Un test de equivalencia del rendimiento en frío

Con el vehículo a plena carga, una temperatura inicial igual o inferior a 100°C y a una velocidad de 80 km/h se ejercen una serie de seis frenadas consecutivas con diferentes presiones en los ejes delanteros y traseros, llegando hasta la presión de bloqueo. Se trata de comprobar que las prestaciones del freno de recambio están situadas en torno al $\pm 15\%$ de las prestaciones del equipo original, que previamente ha sido testado en el mismo vehículo.

Un test de sensibilidad a la velocidad

El test de sensibilidad a la velocidad es quizás uno de los más relevantes y difíciles de pasar en las homologaciones R-90. Se trata de comparar el comportamiento de las pastillas es muy similar en cualquier rango de velocidad. Ya que se trata de realizar 3 frenadas a 65 km/h, 3 frenadas a 90 km/h y 3 frenadas a 135km/h, con la presión en el circuito que haya hecho, en el test de rendimiento en frío, que da una deceleración de 5 m/s² . La media de la deceleración obtenida a las diferentes velocidades no debe de diferir en un $\pm 15\%$ el valor de deceleración obtenido en la frenada de referencia, es decir, en aquella que se ha conseguido la deceleración de 5 m/s² . El inconveniente principal del ensayo, es que las frenadas se alargan mucho ya que la presión del circuito se debe mantener constante, lo cual provoca que la temperatura instantánea en el contacto de las pastillas con el disco, se incrementa. Independientemente de ese incremento de temperatura el material debe ser capaz de mantener las mismas propiedades independientemente de la velocidad a la que circule el vehículo. Es decir, que el vehículo frene “igual” a 180 km/h que a 40 km/h si que el efecto de la velocidad influya en sus características de frenado.

ENSAYOS EN LABORATORIO:

Este tipo de ensayos lo que pretenden es que las características mecánicas del material se encuentren dentro de unos determinados valores predeterminados, en cuanto a la compresibilidad del material de fricción (carrera de pedal) y sus características de resistencia mecánica.

Un test de compresibilidad

Usando una máquina de compresibilidad se comprueba el valor que presenta la pastilla tanto en caliente como en frío. La compresibilidad de la pastilla es una característica importante del material de fricción ya que el material debe de ser compresible para conseguir una buena adaptación en el disco, es decir, que con esa compresibilidad sea capaz de absorber vibraciones.

Sin embargo, una muy alta compresibilidad en caliente puede dar lugar a graves desplazamientos del fluido de freno que podría resultar en un agotamiento de la carrera del pedal de freno y la consecuente pérdida del control del vehículo al quedar este sin freno. Los límites de compresibilidad según el R-90 son de un 2% del espesor de la pastilla para la compresibilidad en frío, y un 5% del espesor de la pastilla para el test en caliente.

Un test de resistencia al cizallamiento

Usando una máquina de cizalladura se mide la resistencia del material de fricción a ser despegado del soporte metálico, por medio de una fuerza tangencial a ambas superficies. Este valor es muy importante ya que recordemos que el material de fricción estará sometido a fuerzas de cizalladura mientras trabaje friccionando contra el disco. Los valores mínimos aceptables para un 100% de adherencia del material de fricción sobre el soporte metálico son de 25 kg/cm² , equivalentes a 1250 kg. de resistencia para una pastilla de freno para un vehículo de tipo medio, que tenga un área de 50 cm² . Obviamente, las exigencias impuestas en los distintos apartados del Reglamento 90, no son todas las que podrían ser exigibles para unas pastillas de freno, pero al menos representan unos mínimos que excluirán a priori algunos fabricantes o productos de calidad dudosa.

LIQUIDO DE FRENOS

El líquido de frenos es un líquido [hidráulico](#) que hace posible la transmisión de la fuerza ejercida sobre el pedal de freno a los cilindros de freno en las ruedas de [automóviles](#), [motocicletas](#), [camionetas](#) y algunas [bicicletas](#) avanzadas.

El líquido de frenos se compone normalmente de derivados de [poliglicol](#). En casos extraordinarios (ej. coches antiguos, ejército) se usan líquidos de [silicona](#) y [aceites minerales](#).

El [punto de ebullición](#) del líquido de frenos ha de ser elevado ya que las aplicaciones de frenos producen mucho calor, además la formación de burbujas puede dañar el freno, y la temperatura de congelación ha de ser también muy baja, para que no se congele con el frío. Los líquidos de frenos convencionales tienen, según el Department of Transportation, DOT (del inglés Departamento de Transportes) temperaturas de ebullición de 205 °C (DOT 3), 230 °C (DOT 4) o 260 °C (DOT 5.1). Como puede observarse, cuanto mayor es el índice DOT mayor es la temperatura de ebullición.

Debido a que el líquido de frenos es [higroscópico](#), es decir, atrae y absorbe humedad (ej. del aire) se corre el peligro de que pequeñas cantidades de agua puedan llevar consigo una disminución considerable de la temperatura de ebullición (este fenómeno se denomina “desvanecimiento gradual de los frenos”). El hecho de que el líquido de frenos sea higroscópico tiene un motivo: impedir la formación de gotas de agua (se diluyen), que puedan provocar [corrosión](#) local y que pueda helarse a bajas temperaturas. Debido a su propiedad higroscópica se ha de cerrar la tapa del recipiente lo antes posible.

Debido al incremento con el tiempo del porcentaje de agua en el líquido de frenos, se recomienda reemplazar cada 2 años y a mucho tardar cada 4 años. Porcentajes de agua superiores al 3% pueden dañar los frenos, ya que podrían formarse burbujas de vapor, las cuales, a diferencia de los líquidos, son comprimibles. Además el agua contribuye a la corrosión de los conductos del líquido de frenos y puede agravar el desgaste de los [pistones](#) de freno.

El líquido de frenos es [tóxico](#) si se ingiere e irrita los ojos y la piel al contacto (RS 22 y 36). Por ello ha de utilizarse [guantes](#) y gafas protectoras para su manipulación.

Además el líquido de frenos puede atacar la [pintura](#) y componentes de [plástico](#). Por ello ha de eliminarse lo antes posible en caso de derrame.

El líquido de frenos usado ha de depositarse en un contenedor de [residuos](#) especiales.

Debe usarse siempre el líquido adecuado. Un líquido de frenos no aprobado, incorrecto, contaminado o vencido puede provocar daños al sistema de frenos del vehículo ya que hace que se hinchen las partes de caucho y las copas del cilindro maestro. En caso de que esto ocurriera, deben ser reemplazadas estas piezas, lavarse todo el sistema y rellenar con el líquido apropiado.

TIPOS DE LIQUIDO DE FRENOS

DOT 3 frenos convencionales, el cual tiene un punto de ebullición seco de 205°C, húmedo de 140°C y una viscosidad de 1500cSt.

.- DOT 4 (frenos ABS y convencionales): este es un líquido convencional con un punto de ebullición seco de 230°C, húmedo de 155°C y tiene una viscosidad de 1800cSt.

.- DOT 5.1 este es un líquido con un punto de ebullición seco de 260°C, húmedo de 180°C y tiene una viscosidad de 900cSt. El inconveniente que tiene el DOT 5.1 es que tiene una viscosidad mucho más baja (900 cSt) que los otros dos, esto puede provocar que en determinadas circunstancias y con esta viscosidad, el circuito de frenos tenga fugas.

El líquido de frenos DOT 5 a base de silicona, no se pueden mezclar con líquidos a base de glicol.

¿Que es DOT?

DOT es un acrónimo del departamento de transporte (Department Of Transportation en inglés). Ellos regulan la calidad de los líquidos vendidos. En Estados Unidos solo hay tres productores de líquido. Todos los aceites de EE UU son producidos por Dupont, Dow o Unión Carbide.

CONTROL DE ESTABILIDAD ELECTRONICO

El control de estabilidad es un elemento de [seguridad activa del automóvil](#) que actúa frenando individualmente las ruedas en situaciones de riesgo para evitar derrapes, tanto [sobrevirajes](#), como [subvirajes](#). El control de estabilidad centraliza las funciones de los sistemas [ABS](#), [EBD](#) y de [control de tracción](#).

El control de estabilidad fue desarrollado por [Bosch](#) en 1995, en cooperación con [Mercedes-Benz](#) y fue introducido al mercado en el [Mercedes-Benz Clase S](#) bajo la denominación comercial Elektronisches Stabilitätsprogramm (en alemán "Programa Electrónico de Estabilidad", abreviado ESP). El ESP recibe otros nombres, según los fabricantes de vehículos en los que se monte, tales como Vehicle Dynamic Control ("control dinámico del vehículo", VDC), Dynamic Stability Control ("control dinámico de estabilidad", DSC), Electronic Stability Control ("control electrónico de estabilidad", ESC) y Vehicle Stability Control ("control de estabilidad del vehículo", VSC), si bien su funcionamiento es el mismo.

El sistema consta de una [unidad de control electrónico](#), un grupo hidráulico y un conjunto de sensores:

sensor de ángulo de dirección: está ubicado en la dirección y proporciona información constante sobre el movimiento del volante, es decir, la dirección deseada por el conductor.

sensor de velocidad de giro de rueda: son los mismos del ABS e informan sobre el comportamiento de las mismas (si están bloqueadas, si patinan ...)

sensor de ángulo de giro y aceleración transversal: proporciona información sobre desplazamientos del vehículo alrededor de su eje vertical y desplazamientos y fuerzas laterales, es decir, cual es el comportamiento real del vehículo y si está comenzando a derrapar y desviándose de la trayectoria deseada por el conductor.

El ESP está siempre activo. Un microordenador controla las señales provenientes de los sensores del ESP® y las chequea 25 veces por segundo para comprobar que la dirección que desea el conductor a través del volante se corresponde con la dirección real en la que se está moviendo el vehículo. Si el vehículo se mueve en una dirección diferente, el ESP® detecta la situación crítica y reacciona inmediatamente, independientemente del conductor. Utiliza el sistema de frenos del vehículo para estabilizarlo. Con estas intervenciones selectivas de los frenos, el ESP® genera la fuerza contraria deseada para que el vehículo pueda reaccionar según las maniobras del conductor. El ESP® no sólo inicia la intervención de los frenos, también puede reducir el par del motor para reducir la velocidad del vehículo. De esta manera el coche se mantiene seguro y estable, dentro siempre de los límites de la física.

El control de estabilidad puede tener multitud de funciones adicionales:

Hill Hold Control o control de ascenso de pendientes: es un sistema que evita que el vehículo retroceda al reanudar la marcha en una pendiente.

"BSW", secado de los discos de frenos.

"Overboost", compensación de la presión cuando el líquido de frenos está sobrecalentado.

"Trailer Sway Mitigation", mejora la estabilidad cuando se lleva un remolque, evitando el efecto "tijera".

Load Adaptive Control (LAC), que permite conocer la posición y el volumen de la carga en un vehículo industrial ligero. Con esta función se evita un posible vuelco por la pérdida de la estabilidad. También se le denomina Adaptive ESP para la gama de vehículos de Mercedes.

Numerosas organizaciones relacionadas con la seguridad vial, como euroNCAP, así como clubes de automovilismo como RACC, RACE o CEA aconsejan la compra de automóviles equipados con el control de estabilidad, ya que ayuda a evitar los accidentes por salida de la carretera, entre otros, y podría disminuir el índice de mortalidad en las carreteras en más de un 20%.

El ESP reduce el número de accidentes por derrape. Los estudios globales que han realizado los fabricantes de coches, las compañías de seguros y los ministerios de transporte han demostrado que el sistema ESP® previene hasta el 80 % de los accidentes por derrape. Esto también se refleja en los gráficos de accidentes respectivos. Cuando hablamos de sistemas de seguridad que salvan vidas, el ESP® está en segundo lugar, sólo después de los cinturones de seguridad.

En junio de 2009, la Unión Europea aprobó una legislación que hace obligatorio el uso del ESP para todos los vehículos de las categorías N1, N2, N3 y M1, M2, M3: turismos, vehículos industriales ligeros, autobuses y vehículos industriales medianos y pesados a partir de noviembre de 2014.

SISTEMA ABS

ABS son las siglas tras las cuales se encuentra el sistema antibloqueo de frenos, al anti-lock braking system o, en alemán Antiblockiersystem. Digo en alemán, porque la primera patente de un sistema que impidiese el bloqueo de los frenos parece ser propiedad del

fabricante alemán Bosch, en 1936. Sin embargo el primero en usar frenos ABS (para aviación) fue Gabriel Voisin en 1929, así que lo tomamos como inventor. Además, hasta mediados de los 60 no se pudo poner en práctica este sistema para los coches.

El problema que trata de solucionar el ABS es impedir que los neumáticos se bloqueen durante una frenada fuerte y, por tanto, se pierda adherencia y estabilidad en frenada y a consecuencia de esto, la distancia de frenado se multiplique. Y con ella se multiplican también las probabilidades de tener un accidente.

Creo que el ABS es el sistema de seguridad que más ha contribuido en favor de la vida humana, junto con el cinturón de seguridad y el airbag. El ABS es un sistema que reacciona ante los indicios de bloqueo de neumáticos regulando la presión sobre el sistema de frenado sin que el conductor intervenga. Y como resultado de ello, los neumáticos no se bloquean y el conductor, en todo momento, mantiene el control sobre el volante.

La situación es como sigue: la mejor frenada, la más eficaz, se da cuando, dada una velocidad, la fuerza ejercida sobre el sistema de frenado es máxima sin que ninguno de los elementos que contribuyen al frenado deje de funcionar correctamente. El factor limitante es el neumático. Aunque suene un poco “duro”, el bloqueo se produce cuando el coeficiente de rozamiento entre neumático y calzada adquiere un valor inferior al de máxima adherencia.

En ese momento, dejamos de tener control sobre la frenada y el volante. Es peligroso. Esa situación se da sobre todo en las frenadas de emergencia, momentos en los que nosotros no podemos tener el tacto suficiente como para regular la presión de frenado y volver a tener adherencia suficiente como para seguir frenando: el sistema lo hace por nosotros, actuando de forma independiente en cada rueda y comprobando si la velocidad de rotación de la rueda es la que debe ser de acuerdo a la velocidad actual.

Si la velocidad de rotación es menor de lo esperada, se está aplicando demasiada potencia de frenado y el sistema “intuye” bloque, por lo que reduce la presión de frenado para evitar la situación. Esto, amigos, salva vidas. Y muchas.

¿Cuándo no conviene llevar el ABS activado? En condiciones de nieve o terrenos sueltos, donde la adherencia es mínima (gravilla suelta, polvo, etc.). En esas condiciones

es extremadamente fácil bloquear los neumáticos, por lo que el ABS trabajará a destajo alargando considerablemente la distancia de frenado. Sin ABS, los neumáticos se bloquearán, pero también “abrirán surco” en la nieve o la gravilla, contribuyendo a encontrar un “suelo” más adherente y facilitándonos la vida.

Otra situación en donde no es conveniente utilizar ABS es en el automovilismo de alto nivel. Por ejemplo, en la Fórmula 1. ¿La razón? El ABS, igual que el control del tracción, hace los coches más lentos (alarga la distancia de frenado), pero eso es otra historia, y debe ser contada en otro lugar.

El ABS tal vez sea el sistema de seguridad activa que más situaciones de riesgo haya evitado a la mayoría de los conductores, garantizando en todo momento la capacidad de gobierno sobre la dirección durante una frenada y, gracias a su perfeccionamiento, reduciendo la distancia de frenado.

Sistema Anti Bloqueo de frenos, así de sencillo suena en español el significado de estas tres siglas inglesas que hacen referencia a uno de los mayores avances en seguridad activa (la destinada a reducir la probabilidad de tener un accidente) en el automóvil.

La finalidad principal del equipo de frenos de un vehículo es reducir la velocidad a la que se desplaza y, por lo tanto, hacer que las ruedas dejen de dar vueltas. Sin embargo, debido a la inercia es posible que nuestro coche siga en movimiento aunque las ruedas estén completamente paradas. Esto tiene un inconveniente muy importante y es que si las ruedas no giran, pero el coche sigue moviéndose, lo hace sin control sobre la trayectoria que queramos realizar.

Si en una frenada bloqueamos las ruedas delanteras, no tendremos gobierno sobre la dirección. Por más que giremos el volante a un lado o a otro, no seremos capaces de dirigirnos hacia donde queramos (esquivar el peatón que nos sorprende, el coche que se salta el cruce, etc.). El vehículo seguirá la trayectoria que la inercia le marque en ese momento. Puede continuar recto, girar hacia el lado donde el asfalto esté en mejores condiciones, hacia el interior del peralte de la curva, etc....

Quedarnos sin dirección es una de las mayores pesadillas que nos pueden sorprender mientras conducimos. Para evitar este inconveniente y así aumentar la seguridad activa de los automóviles, se empezaron a desarrollar distintos sistemas anti bloqueo para garantizar que pudiéramos dirigir nosotros la trayectoria de nuestro coche.

En los años 60 eran meramente mecánicos, desde finales de los 70 y durante todos los 80 se desarrollaron los sistemas electrónicos, de forma que a partir de los años 90 ya la mayoría de los automóviles lo instalaban de serie. Afortunadamente, hoy en día todos los coches que se matriculen deben instalarlo y cada vez son menos los vehículos que ruedan por nuestras carreteras sin ABS.

Bien, la idea es muy sencilla. Cuando pisamos el pedal del freno, lo que hacemos es empujar un líquido. Como éstos no se comprimen, transmitimos esa presión a los frenos de las ruedas. Si las ruedas se bloquean, basta con levantar un poco el pie del freno para que vuelvan a girar.

Ya tenemos el principio de funcionamiento: quitarle presión al líquido que comprimimos con el pedal, aunque el conductor no levante el pie. Para ello se intercalan unos grifos en el circuito de frenos (electroválvulas) que al recibir una señal eléctrica desde la centralita del ABS, abren el paso de líquido a un canal distinto del de la rueda, de forma que el freno de esa rueda se libera.

Hemos nombrado a dos elementos del ABS: La centralita, que es el cerebro del sistema, y las electroválvulas, que son las que abriéndose y cerrándose aprietan o aflojan la presión del freno en cada rueda. La unidad de mando tiene que saber cuándo debe abrir o cerrar las válvulas y, para tomar esa decisión, necesita que unos sensores le digan si las ruedas están girando o no. Ya tenemos todos los componentes del sistema ABS, que son:

Unidad de mando.

Electroválvulas (suelen ir montadas en una unidad compacta llamada grupo hidráulico).

Sensores de giro en las ruedas.

¿Cómo toma las decisiones el ABS?

En todo momento la unidad de mando recibe información de la velocidad de giro de cada una de las ruedas. En el instante en el que la velocidad de una de ellas es menor que la de las demás, esto significa que está bloqueada a punto de hacerlo, lo cual hace que la unidad de mando dé la orden de quitar presión al freno de esa rueda para igualar su velocidad de giro con la de las demás.

En condiciones normales no notamos nada en absoluto, sólo cuando tienen que trabajar las electroválvulas sentimos una vibración en el pedal de freno que es provocada por el retorno del líquido al liberar presión la electroválvula correspondiente.

Pues exactamente igual que en un coche sin ABS. La única diferencia es en el caso de una frenada extrema o de emergencia. En un coche sin ABS debemos pisar el pedal a fondo, soltar un poco el pedal para girar el volante y esquivar el obstáculo, y volver a pisar una vez superada la esquiwa. En un automóvil con ABS simplemente debemos pisar a fondo el freno y el embrague y dejar que el sistema trabaje durante toda la frenada. Un coche con ABS nos va a permitir esquivar el obstáculo mientras frenamos con todas nuestras fuerzas (siempre dentro de los límites de la física, claro). Debemos pisar el pedal de embrague para evitar que se nos cale el motor. Con él apagado no podremos volver a nuestro carril tras una esquiwa, ni la dirección asistida trabajará.

Lo más importante es cambiar el líquido de frenos según el programa de mantenimiento del fabricante (normalmente, 2 años). Éste es un fluido que tiene la particularidad de absorber el agua de la humedad del aire. Esto hace que poco a poco contenga más agua, lo cual baja su punto de ebullición (hierve antes) y además estropea las electroválvulas, gomas etc.

En los sistemas más modernos, en lugar de una corona dentada, se emplean rodamientos polarizados en el buje. Son más precisos, pero también más delicados, ya que el calor extremo si abusamos del freno o fuertes vibraciones pueden reducir la eficacia de los imanes.

Lo mejor de todo es que además, el ABS es la base de muchos otros sistemas que se sirven de sus sensores para tomar decisiones. Añadiendo elementos como en un mecano, podemos convertir el ABS en un control de tracción, control de estabilidad, etc. De ellos hablaremos en futuras entregas.

SISTEMA DE CONTROL DE TRACCION

Los sistemas de control de tracción evitan que las ruedas motrices patinen en determinadas situaciones, como arrancadas en suelo húmedo, curvas cerradas, etc. Tomando como base los sensores del sistema ABS y coordinados con la gestión del

motor, el dispositivo puede actuar sobre el acelerador y los frenos para garantizar la máxima motricidad.

Los sistemas de control de tracción (TCS, ASR... sus siglas dependen del fabricante) tienen como finalidad principal el evitar que las ruedas motrices patinen cuando iniciamos la marcha o bien en determinadas situaciones -como curvas muy cerradas- en las que un exceso de potencia transmitida a la rueda puede provocar un deslizamiento del neumático.

Los primeros sistemas de control de tracción provienen del mundo del ferrocarril. Una rueda de acero y una vía del mismo material no poseen demasiada adherencia. Además, la potencia de las locomotoras es enorme, de forma que es fácil que pierdan motricidad. En los dispositivos iniciales, una aceleración súbita de las ruedas de tracción hacía saltar una alarma para que el maquinista accionase el arenero (un pequeño depósito de arena con una trampilla delante de las ruedas de tracción) y dejase caer arena sobre la vía, aumentando así la adherencia de la llanta de acero sobre el carril.

Control de tracción: dos clases

En el automóvil, existen básicamente dos tipos de sistema de control de tracción: los que actúan simplemente reduciendo la potencia del motor cuando detectan que el neumático no es capaz de transmitir el esfuerzo al asfalto y los que, además, trabajan sobre el sistema de freno, reteniendo la rueda que pierde tracción.

En ambos casos, el secreto está en que el [sistema ABS](#) se comunique con el dispositivo de gestión del motor. Por simplificar un poco el esquema, se podría decir que mediante los sensores del ABS, la gestión del motor detecta si está enviando demasiada potencia a las ruedas y éstas han empezado a patinar.

[auto_quote quote="Concepto "drive by wire"" quote_title="Acelerador electrónico" quote_description="Los sistemas TCS existen gracias a aceleradores con sensor de posición y mariposas de admisión electrónicas."]

Los sistemas en los que simplemente la gestión del motor corta la alimentación para reducir la potencia que debe transmitir a las ruedas tienen un inconveniente: es muy fácil que no podamos salir de una situación tan sencilla como tener una cubierta sobre la pintura mojada de un paso de cebra y la otra sobre el asfalto. Por efecto del diferencial, el neumático con menos adherencia comenzará a patinar. En ese punto, el control de

tracción cortará el acelerador y así sucesivamente, de forma que nos quedaremos parados, sin apenas avanzar. En ese tipo de situaciones en las que tenemos una adherencia distinta en un lado y otro del eje, los sistemas que trabajan frenando la rueda que patina tienen un funcionamiento similar al diferencial autoblocante y nos sacan del apuro de forma muy eficaz.

De nuevo, los más puristas suelen criticar que se trata de un dispositivo que limita las prestaciones del automóvil y es cierto, ya que, como vemos, se basan en quitarle potencia al motor y en frenar una rueda. Un conductor con buena sensibilidad sabe dosificar el acelerador y el embrague para evitar patinar al iniciar la marcha o mientras traza una curva... pero no todos tenemos esa habilidad.

Mitos: Control de tracción sobre la nieve, ¿sí o no?

Existe una situación en la que normalmente el control de tracción es contraproducente, y es sobre la nieve. En ese caso, al patinar las ruedas, el sistema nos dejará sin acelerador. Sin embargo, puede que nos interese hacer patinar las ruedas y, girando la dirección a un lado y a otro, buscar una zona de adherencia que nos permita iniciar la marcha o, si la nieve no está demasiado fría y no es muy gruesa, llegar a la capa de asfalto bajo la nieve y lograr el deseado agarre.

Encontrarás más consejos para este tipo de situaciones en nuestro especial “[Cómo conducir en invierno](#)”.

Cómo funciona el control de tracción

En este caso, entran en juego los sensores de giro de las ruedas que emplea el [ABS](#) y, además, el sensor de posición del acelerador (y el del acelerador y mariposa, en los motores de gasolina). Los de las ruedas detectan si una o varias giran más rápido que las otras, y el sensor de pedal del acelerador indica a la unidad de mando que es debido a un exceso de “gas”. Aquí tenemos dos supuestos:

Lo más normal es que sea una de las ruedas la que empiece a patinar, bien porque estamos trazando una curva y la cubierta interior pierde adherencia al transferirse peso a la exterior o bien porque estemos sobre la pintura de un paso de cebra, etc. En este caso, el control de tracción primero intenta frenar la rueda que patina aplicando el freno sobre ella y provocando una especie de efecto de diferencial autoblocante. Si con la acción del freno

no es suficiente para corregirlo, se activa la segunda fase, en la cual reduce la potencia del motor cortando el acelerador, por más que el conductor siga insistiendo con el pie derecho. Es conveniente darse cuenta de que, en este caso, los frenos se calientan bastante. Por seguridad, para evitar que el coche se quede sin frenos por fading (pérdida total de la capacidad de frenada por exceso de temperatura), la mayoría de los sistemas de control de tracción se desactivan cuando se abusa demasiado de ellos. Si las dos ruedas del mismo eje patinan por un exceso de acelerador, directamente se activa la fase dos, reduciendo el suministro de combustible al motor.

El predecesor de los sistemas modernos de control de tracción puede encontrarse en los primeros coches de alto [par motor](#) o de gran [potencia](#) en las ruedas traseras. Estos comenzaron a limitar el de una rueda con respecto a la otra, mediante un sistema conocido como Positraction. Este sistema conseguía transferir la potencia a las ruedas de forma individual reduciendo así el deslizamiento de estas, aunque permitía en algunos casos que la rueda patinase.

Bosch fue el primero en fabricar el sistema de serie en 1986 y [Mercedes-Benz](#) fue la marca de automóviles pionera e introductora del sistema electrónico de control de tracción en el mercado.

Anteriormente, en [1971](#) la división Buick de la [General Motors](#) introdujo el MaxTrac, que utilizaba un sistema capaz de detectar el deslizamiento de las ruedas y de modificar el mecanismo de transmisión para proveer a las ruedas de la máxima tracción posible, sin deslizamiento. Una exclusiva de Buick en el tiempo, que fue opcional para todos los modelos de coches, incluyendo el Riviera, Estate Wagon, Electra 225, Centurion y el popular LeSabre. [Cadillac](#) también introdujo el TMS (Traction Monitoring System) en [1979](#) en el rediseñado Eldorado. Fue criticado por su lenta reacción y frecuentes fallos.

En vehículos de carretera: el control de tracción ha sido tradicionalmente un aspecto de seguridad para coches de alto rendimiento, los cuales necesitan ser acelerados muy sensiblemente para evitar que las ruedas patinen, especialmente en piso mojado o con nieve. En los últimos años, los sistemas de control de tracción se han convertido rápidamente en un sistema instalado en todo tipo de vehículos por sus ventajas en seguridad.

En [automóvil de carreras](#): permite una máxima tracción al acelerar después de una curva, sin que las ruedas patinen.

En vehículo [todoterreno](#): el control de tracción es usado en lugar de o en añadido a la mecánica de patinaje limitado. Esto es frecuentemente implementado con un límite electrónico de patinaje, tan bueno como otros controles computarizados del motor de transmisión. El patinaje de las ruedas es menor con pequeñas actuaciones del freno, desviando más par de giro a las ruedas que no están patinando. Esta forma de control de tracción tiene una ventaja sobre un sistema de bloqueo del diferencial, y es que la dirección y el control del vehículo es más fácil, por lo que estos sistemas pueden estar continuamente activados. Esto crea un menor estrés a la transmisión que es muy importante en vehículos con una suspensión independiente (generalmente más débil que los ejes rígidos). Por otra parte, sólo se aplicarán a la rueda con tracción la mitad de las vueltas de un sistema de bloqueo del diferencial, y el manejo es menos predecible.

El control de tracción está prohibido en algunas competiciones, sea para reducir el costo de desarrollar el sistema o para que el piloto sea el encargado de evitar pérdida de tracción. El control de tracción se puede implementar como parte del programa de la [Unidad de Control del Motor](#) (ECU), y esto es muy difícil de detectar por los comisarios deportivos. En [Fórmula 1](#), todos los automóviles deben tener desde 2008 una ECU estándar, que pueda ser verificada, para asegurarse de que ningún participante disponga de control de tracción.

En situaciones de acumulación de nieve virgen, barro o arena conviene desconectar el sistema, a través del botón de desconexión, ya que en ese tipo de situaciones la única forma de que el vehículo avance es si las ruedas patinan. Si el sistema está activo, en cuanto las ruedas patinen, el sistema lo detectará y comenzará a cortar inyección y, por tanto, parar al motor, con lo que las ruedas tenderán a enterrarse más.

MANOMETRO

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en [fluidos](#) (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la [presión atmosférica](#), llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como "Manómetros de Presión".

Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica (la de fuera, la atmósfera) con la de dentro del circuito por donde circula el fluido. Por eso se dice que los manómetros miden la presión relativa.

La presión manométrica es la presión relativa a la presión atmosférica. La presión manométrica es positivo para presiones por encima de la presión atmosférica, y negativa para presiones por debajo de ella. La presión absoluta es la suma de presión manométrica y presión atmosférica.

Recuerda que la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. $P = F/S$.

Como ves en esta última imagen podemos tener manómetros que nos midan la presión absoluta y la diferencial (diferencia entre dos presiones), pero los más utilizados son los que miden la presión manométrica, es decir la relativa a la presión atmosférica.

Los aparatos que miden la presión atmosférica son los barómetros, no confundirlos con los manómetros que se usan en la industria en los [circuitos neumáticos e hidráulicos](#) generalmente.

Hay unos manómetros llamados Detectores de Vacío que son sensores calibrados para ser utilizados para medir la presión inferior a la presión atmosférica dentro de un sistema, incluso para la presión de vacío en el interior. Son muy utilizados en la fabricación de alimentos enlatados, detectando cuando se ha hecho el vacío dentro de la lata de comida.

Las unidades de presión son muy variadas. En el Sistema Internacional de unidades es el Pascal (Pa), en química se usa el mm de Hg, al que se llama también torr (en honor a Torricelli) y la atmósfera (atm). El problema del Pascal es que es una unidad muy pequeña para los valores habituales de presión en los fluidos, es por eso que se utilizan otras.

En la industria se usa el kp/cm^2 . Cuando alguien dice que la presión de un neumático es de "2 kilos" se está refiriendo a esta unidad, el kp/cm^2 , ($\text{kp/cm}^2 = 98.000 \text{ Pa}$). Esta forma de expresar la presión es incorrecta, pero casi todo el mundo la usa en la industria.

Los manómetros industriales suelen tener una escala graduada que mide la presión, normalmente, en bares, pascales o en psi (fuerza por pulgada cuadrada).

Todos los manómetros de presión tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión. Este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondientes. La aguja nos mide la presión en el interior del circuito.

Como ves en el ejemplo de la imagen hay dos escalas, la de arriba nos marca los bares y la de abajo los psi. En la escala tenemos colores para identificar franjas de presión, por ejemplo el color rojo peligrosa por ser muy alta.

Algo muy importante a la hora de utilizar un manómetro de presión es su exactitud o precisión. La exactitud se define como la diferencia máxima (error) entre el valor verdadero y el valor indicado por el manómetro expresado como porcentaje.

La precisión del manómetro está estrechamente relacionada con su precio. Las aplicaciones que requieren lecturas menos precisas, pueden utilizar una precisión de "3-2-3", que significa que los indicadores tienen una precisión de más o menos 3% en el tercer y último tercio inferior de su rango de medición (escala), y dentro de 2% en el tercio medio. Hay manómetros que pueden ser tan precisos y llegar al 0,25%.

El símbolo que se utiliza en los circuitos para el manómetro depende del tipo. Aquí vemos los 3 utilizados. El primero es el manómetro en general, el segundo es un manómetro diferencial que sirve para medir la diferencia de presión entre dos puntos y el tercero vale para cualquier medidor de presión.

Los medidores de presión o manómetros son ampliamente utilizados en todo el mundo para tareas que van desde el control de la presión de los neumáticos en un coche antes de un viaje a la vigilancia de la presión de varios sistemas dentro de una planta de energía nuclear. Otros usos pueden ser el control de presión en un circuito neumático o hidráulico, el control de la presión del líquido de frenos en un coche, en los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y de refrigeración.

Ser capaz de controlar la presión en estos sistemas puede ser muy importante, ya que permite a las personas identificar potenciales amenazas de seguridad tales como presiones altamente peligrosas, junto con los fallos del sistema por baja presión.

Muchos manómetros de presión son automáticos, apagando el sistema de control que controlan cuando la presión puede llegar a ser peligrosa para el circuito.

Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la [presión atmosférica](#) como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta

y la presión atmosférica, llamándose a este valor [presión manométrica](#); dichos aparatos reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de [mercurio](#) y los [aneroides](#). La presión manométrica se expresa ya sea por encima, o bien por debajo de la presión atmosférica. Los aparatos que sirven exclusivamente para medir presiones inferiores a la atmosférica, o negativas, se llaman [vacuómetros](#). También manómetros de vacío.

MANÓMETRO DE DOS RAMAS ABIERTAS

Estos son los elementos con los que se mide la presión positiva, estos pueden adoptar distintas escalas. El manómetro más sencillo consiste en un tubo de vidrio doblado en U que contiene un líquido apropiado (mercurio, agua, aceite, entre otros). Una de las ramas del tubo está abierta a la atmósfera; la otra está conectada con el depósito que contiene el fluido cuya presión se desea medir (Figura 1). El fluido del recipiente penetra en parte del tubo en U, haciendo contacto con la columna líquida.

MANÓMETRO TRUNCADO

El llamado manómetro truncado (Figura 2) sirve para medir pequeñas presiones gaseosas, desde varios hasta 1 Torr. No es más que un barómetro de [sifón](#) con sus dos ramas cortas. Si la rama abierta se comunica con un depósito cuya presión supere la altura máxima de la columna barométrica, el líquido barométrico llena la rama cerrada.

TUBO DE BOURDON

El más común es el [manómetro o tubo de Bourdon](#), consistente en un tubo metálico, aplanado, hermético, cerrado por un extremo y enrollado en espiral.

Elementos estáticos:

- A. Bloque receptor: es la estructura principal del manómetro, se conecta con la tubería a medir, y a su vez contiene los tornillos que permiten montar todo el conjunto.
- B. Placa chasis o de soporte: unida al bloque receptor se encuentra la placa de soporte o chasis, que sostiene los engranajes del sistema. Además en su [anverso](#) contiene los tornillos de soporte de la placa graduada.

C. Segunda placa chasis: contiene los ejes de soporte del sistema de engranes.

D. Espaciadores, que separan los dos chasis.

Elementos móviles:

Terminal estacionario del tubo de bourdon: comunica el manómetro con la tubería a medir, a través del bloque receptor.

Terminal móvil del tubo de bourdon: este terminal es sellado y por lo general contiene un pivote que comunica el movimiento del bourdon con el sistema de engranajes solidarios a la aguja indicadora.

Pivote con su respectivo pasador.

Puente entre el pivote y el brazo de palanca del sistema (5) con pasadores para permitir la rotación conjunta.

Brazo de palanca o simplemente brazo: es una extensión de la placa de engranes (7).

Pasador con eje pivote de la placa de engranes.

Placa de engranes.

Eje de la aguja indicadora: esta tiene una rueda dentada que se conecta a la placa de engranes (7) y se extiende hacia la cara graduada del manómetro, para así mover la aguja indicadora. Debido a la corta distancia entre el brazo de palanca y el eje pivote, se produce una amplificación del movimiento del terminal móvil del tubo de bourdon.

Resorte de carga utilizado en el sistema de engranes para evitar vibraciones en la aguja e [histéresis](#).

MANÓMETRO METÁLICO O ANEROIDE

En la [industria](#) se emplean casi exclusivamente los manómetros metálicos o aneroides, que son barómetros modificados de tal forma que dentro de la caja actúa la presión desconocida que se desea medir y afuera actúa la presión atmosférica. Cabe destacar principalmente que los manómetros nos indican la presión que se ejerce en libras por pulgada cuadrada en un momento determinado es decir PSI (Pound per square inches) - Libras por pulgada cuadrada.

MANOMETRO DIGITAL

El [manómetro digital](#) es un dispositivo que integra en un mismo elemento tanto el sensor de presión (eléctrico o electromecánico) y un dispositivo electrónico que dotan al instrumento de diferentes funciones interesantes para el usuario (valores mínimos y máximos, cambio de resolución, cambios de unidad,...). En función del sensor utilizado el indicador digital debe tener una tecnología de medida integrada u otra.

Los [manómetros digitales](#) tienen dos entradas de presión en las cuales se pueden conectar diferentes presiones y medir las diferentes presiones de dos cámaras por ejemplo.

En cuanto a su exactitud y precisión es necesario [calibrar manómetro digital](#) para trabajar conforme a un sistema de calidad. Es recomendable que la [calibración manómetro digital](#) sea realizada por laboratorios de calibración acreditados por ENAC. Estos dos parámetros son fundamentales para un buen control de la calidad de los productos. En el proceso de medición no es tan importante la precisión de la medida sino la fiabilidad del resultado y que el técnico conozca bien los distintos conceptos estadísticos y metrológicos.

HISTORIA DE LA MEDICION DE PRESION

1594- [Galileo Galilei](#), obtiene la patente de una máquina para bombear agua de un río para el riego de tierras. El centro del bombeo era una tipo de [jeringa](#). Descubrió que 10 metros era el límite de altura al que podía llegar el agua en la succión de la jeringa, pero no encontró explicación alguna para este fenómeno.

1644- [Evangelista Torricelli](#), llenó un tubo de un metro de largo sellado herméticamente con mercurio y lo colocó de forma vertical, con un extremo abierto en un recipiente con mercurio. La columna de mercurio, invariablemente, bajaba unos 760 mm, dejando un espacio vacío encima de este nivel. Torricelli atribuyó la causa del fenómeno a una fuerza en la superficie de la tierra, sin saber de dónde provenía. También concluyó que el espacio en la parte superior del tubo estaba vacío, que no había nada allí y lo llamó un [vacío](#).

1648- [Blaise Pascal](#), conoció los experimentos de Torricelli y Galileo. Llegó a la conclusión de que la fuerza que mantiene la columna a 760 mm es el peso del aire de encima. Por lo tanto, en una montaña la fuerza se reducirá debido al menor peso del aire. Predijo que la altura de la columna disminuiría, cosa que demostró con sus experimentos en el monte Puy-de-Dôme, en el centro de Francia. De la disminución de altura se puede

calcular el peso del aire. Pascal formuló también que esta fuerza, que la llamó [presión hidrostática](#), actúa de manera uniforme en todas las direcciones.

1656- [Otto von Guericke](#). La conclusión a la que había llegado Torricelli de un espacio vacío era contraria a la doctrina de un Dios omnipresente y fue atacado por la iglesia. Pero la existencia del vacío fue demostrada experimentalmente por Guericke, que desarrolló nuevas bombas para evacuar grandes volúmenes y llevó a cabo el dramático experimento de Madgeburgo, en el cual extrajo el aire del interior de dos hemisferios de metal. Ocho caballos en cada hemisferio no fueron lo suficientemente fuertes para separarlos.

1661- [Robert Boyle](#) utilizó los tubos con forma de “J” cerrados en un extremo para estudiar la relación entre la presión y el volumen de un gas y estableció la ley de Boyle [1] (P: presión, V: volumen, K: constante) lo que significa que el aumento de uno de los dos términos provocará la disminución del otro (si se aumenta la Presión disminuirá el Volumen o si se aumenta el Volumen del depósito que contiene al gas, la Presión disminuirá), esto se cumplirá siempre que se mantenga invariable el otro término de la ecuación, que es la Temperatura.

1802- Casi 200 años después, [Joseph Louis Gay-Lussac](#) estableció la ley de Gay-Lussac [2] (P: presión, T: Temperatura, K: constante), lo que significa que un aumento de la Temperatura conlleva un aumento de la presión, y un aumento de la Presión conlleva un aumento de la temperatura (por ejemplo en un compresor). Esta ley se cumple siempre que se mantenga invariable el otro término de la ecuación, que es el volumen.

Veinte años más tarde, William Thomson ([Lord Kelvin](#)) define la [temperatura absoluta](#).

ESCANER AUTOMOTRIZ

Cuando se habla del escáner automotriz surgen dudas como: ¿cuál es la función del escáner?, ¿para qué sirve?, ¿qué revisa el escáner?, ¿el escáner solucionará la falla que tiene el auto?, ¿cuándo debo escanear el auto?, ¿el escáner es algún secreto que tiene el taller para solucionar las fallas?, etc.

Cuando nos dicen que hay que escanear el vehículo, parece que nos hubieran dado una mala noticia, ¿se dañó el motor!, ¿así de grave es? O es el elemento ultra secreto del taller, top secret.

Los automóviles integran computadores que procesan información, existe computador de inyección, para la caja, para los frenos, para los [airbag](#), para controlar las válvulas, etc. Y uno que maneja todos los computadores del auto, la automatización de varios procesos integra unidades centrales, el escáner es el medio de comunicación y existe un protocolo de comunicación que es a través de códigos, este se llama obd (On Board Diagnostic) y se creó para controlar las emisiones de gases.

El escáner ha tenido evoluciones, inicialmente cada marca tenía su propio tipo de puerto e interface de comunicación, al igual que sus propios códigos, esto hacia más engorroso diagnosticar las diferentes marcas, se requería un conector para cada marca o un escáner para cada marca. Posteriormente con la salida del obdII (On Board Diagnostic II) se estandarizó a un puerto universal de 16 pines y se estableció una tabla universal de códigos, con el tiempo y los avances ya no es un elemento que solo permite diagnosticar el motor y sus emisiones, también hace posible diagnosticar elementos de seguridad y de la carrocería del auto, con diferentes sensores y actuadores y es allí donde volvió a ser específico de la marca.

En el mercado internacional existen escáner de dos clases (control positivo y control universal), de control positivo es el escáner exclusivo de la marca (chevrolet-TechII, VW y audi-Vas, Renault-clip, Nissan-consult, etc.) y escáner de control universal o multimarcas (g-scan, multiscan, autoboss, hanatech, elm scan) donde existen software compatibles para instalar en la laptop que viene con la interface para conectarlo al auto, este tipo de escáner genérico o universal tiene las limitantes en cuanto a actualizaciones de la marca y accesorios o equipamiento, hay algunos que pueden diagnosticar elementos como [abs](#), airbag y otros no. La diferencia con el escáner de la marca es la precisión, la lectura de los elementos de equipamiento del vehículo y los códigos que están enlazados a los manuales del fabricante, se puede obtener el código pero se debe tener el manual del fabricante para poder determinar a que corresponde el código.

Dependiendo de la tecnología el escáner puede obtener un código, una gráfica, parámetros, tensiones, corrientes y señales del auto. Las señales que recibe el escáner son eléctricas, también señales informativas, se puede programar el radio, codificar la llave en el caso que sea codificada, calibración, recetear parámetros, datos congelados, borrar códigos y redes multiplexadas, etc.

Hay factores que pueden forzar a escanear el vehículo sin que presente algún testigo encendido, entre ellos tenemos la desconexión de la batería, el testigo de mantenimiento, sustitución de la batería o de un radio codificado. Se debe diagnosticar con el escáner un vehículo que presenta alguna falla o testigo encendido o si en la rutina de mantenimiento lo requiere.

Hay autos que traen un testigo en el tablero que es una llave, o una mano con una llave, o un indicador de porcentaje para el próximo mantenimiento, no siempre se debe escanear para quitar este indicador, hay marcas como chevrolet que pisando el pedal del freno cierta cantidad de veces se elimina o marcas como Renault que obturando el botón del computador de abordo por unos segundos la elimina, o en algunos casos con el cambio del aceite desaparece del tablero, e innegablemente habrán otros donde solo se borra eliminándolo desde el escáner.

Hay mucho sobre el tema de escáner, hoy día no solo es una herramienta de diagnostico para el motor sino también para los sistemas de seguridad y control, un elemento infaltable en cualquier taller automotriz.

Son varias las herramientas que se usan en el mercado de la revisión y reparación de los automóviles. Una de estas herramientas son los famosos scanner para autos. Si has escuchado hablar de ellos pero no sabes lo que son y te preguntas lo que es un scanner automotriz.

Debe saberse que los fabricantes de autos ubicaron hace ya muchos años un conector de diagnóstico en los vehículos. A estos conectores se les conoce como DLC y por medio de estos es posible entrar al sistema que se conoce como de autodiagnóstico. Esto es posible ya que los autos cuentan en su mayoría con una computadora.

Ahora y es ahí donde entran los scanner y la respuesta a lo que es un scanner automotriz ya que estas son las herramientas por medio de la cual se puede conocer esta información.

Atraves de los scanner son entonces elementos electrónicos que permiten el acceso al vehiculo DLC.

Actualidad de los scanner

De esta útil herramienta debe saberse varios hechos:

Lo primero es que en su inicio eran herramientas muy costosas las cuales solo se encontraban en los grandes talleres automotrices.

Así mismo debe saberse que con el paso del tiempo estos scanner se hicieron más portables y mas rapidos en su funcionamiento y procesamiento de datos.

- De igual forma debe saberse que son herramientas muy importantes a la hora de conocer las fallas de un automóvil ya que por medio de ellos se puede conocer toda la información del motor, caja, sistemas ABS, Air Bag y Climatizacion.

Para terminar debe saber que estos scanner tienen una variedad de usos y que todos ellos son de mucha ayuda.

Cuando se hablan del escáner para autos muchas personas se preguntan cuál es su función o para qué sirven estas herramientas. Frente a esta pregunta son varias las funciones que se pueden de estos elementos.

Para que conozcas sus funciones aquí explicare algunas de ellas.

Funciones de un escaner automotriz

Como ya decía son varias las funciones que se pueden tener con un escáner de tipo automotriz. Algunas de estas son las siguientes:

La primera de ella y tal vez la más básica es poder leer o ver la respectiva identificación ECU. Así mismo nos muestra códigos que presenten error.

Un uso que se relaciona con el anterior es borrar esos códigos de error que aparecen en la lectura inicial.

Dentro de las funciones más buscadas y usadas está la de realizar un autodiagnóstico de forma global en el automóvil.

Otras funciones de un escaner automotriz: programación y la adaptación

Pero además de las funciones anteriores se puede decir que los escáneres para autos cuentan con otras funciones que también son muy útiles y que son de mucho atractivo. Estas son las de programación y también las de adaptación.

Esto es muy importante ya que después de realizar los arreglos pertinentes en un auto es fundamental programar nuevamente su funcionamiento ideal.

Para finalizar debe saberse que algunos escáneres solos pueden realizar la lectura de aquellos códigos que presentan problemas o fallas. En este caso el escáner no es de mucha utilidad ya que para poder entender estas lecturas es necesario tener el manual en el cual se encuentre la información sobre el respectivo código que esté presentando problemas.

Además cabe señalar que algunos de estos escáner no pueden realizar el monitoreo de los diferentes sistemas y en algunos casos tampoco pueden simular las respectivas funciones.

SISTEMA OBDI

OBD (On Board Diagnostics) es un sistema de [diagnóstico a bordo](#) en vehículos ([coches](#) y [camiones](#)). Actualmente se emplean los estándares OBD-II ([Estados Unidos](#)), EOBD ([Europa](#)) y JOBD ([Japón](#)) que aportan un monitoreo y control completo del [motor](#) y otros [dispositivos](#) del vehículo. Los vehículos pesados poseen una norma diferente, regulada por la [SAE](#), conocida como [J1939](#).

Para reducir la contaminación del aire, la "California Air Resources Board" ([CARB](#)) determinó en 1988 que todos los automóviles a gasolina contaran con OBD (On Board Diagnostics), que controlara los límites máximos de emisiones y además un autocontrol, el On Board Diagnostics de componentes relevantes de las emisiones de gas a través de dispositivos de mando electrónicos. Para que el conductor detecte un mal funcionamiento del OBD se impuso la obligación de tener una lámpara que indique fallos (MIL - Malfunction Indicator Lamp).

Medidas más estrictas en los límites de emisiones en 1996 llevó a la creación del OBD II. En Europa se introdujo el OBD ajustándose al OBD-II americano. Desde 1996 el OBD II es un requisito legal para automóviles nuevos en Estados Unidos. Con base en esta regla americana se impuso en los noventa la inclusión de sistemas de diagnóstico también para los automóviles destinados al mercado europeo.

En Europa, según la Directiva 98/69EG, los automóviles a gasolina del año 2000 en adelante, los diésel de 2003 en adelante, y los camiones de 2005 en adelante tienen que estar provistos de un OBD. La interfaz estándar del OBD-II no solamente es utilizada por el fabricante para sus funciones avanzadas de diagnóstico sino también por aquellos que van más allá de lo que la ley exige.

La siguiente etapa planeada es el OBD-III, en el que los propios automóviles se comunican con las autoridades si se produce un empeoramiento de las emisiones de gases nocivos mientras está en marcha. Si esto sucede, se pedirá a través de una tarjeta indicativa, que se corrijan los defectos.

OBD I fue la primera regulación de OBD que obligaba a los productores a instalar un sistema de monitorización de algunos de los componentes controladores de emisiones en automóviles. Obligatorios en todos los vehículos a partir de [1991](#), sin embargo fue creada esta tecnología en 1983 así como implementada en algunos vehículos americanos en 1987 y 1988, los sistemas de OBD I no eran tan efectivos porque solamente monitorizaban algunos de los componentes relacionados con las emisiones, y no eran calibrados para un nivel específico de emisiones.

OBD II es la segunda generación del sistema de diagnóstico a bordo, sucesor de OBD I. Alerta al conductor cuando el nivel de las emisiones es 1.5 mayor a las diseñadas. A diferencia de OBD I, OBD II detecta fallos eléctricos, químicos y mecánicos que pueden afectar al nivel de emisiones del vehículo. Por ejemplo, con OBD I, el conductor no se daría cuenta de un fallo químico del catalizador. Con OBD II, los dos sensores de oxígeno, uno antes y el otro después del catalizador, garantizan el buen estado químico del mismo.

El sistema verifica el estado de todos los sensores involucrados en las emisiones, como por ejemplo la inyección o la entrada de aire al motor. Cuando algo falla, el sistema se encarga automáticamente de informar al conductor encendiendo una luz indicadora de fallo (Malfunction Indication Lamp (MIL), también conocida como Check Engine o Service Engine Soon).

Para ofrecer la máxima información posible para el mecánico, guarda un registro del fallo y las condiciones en que ocurrió. Cada fallo tiene un código asignado. El mecánico puede leer los registros con un dispositivo que envía comandos al sistema OBD II llamados [PID](#) (Parameter ID).

Generalmente el conector OBD II suele encontrarse en la zona de los pies del conductor, consola central o debajo del asiento del copiloto.

Actualmente se puede conectar con la máquina de diagnosis de diferentes maneras, mediante Bluetooth, WiFi, USB, cayendo en desuso el protocolo de conexión, el puerto serie (RS232). Este enlace, unido a un software ejecutándose desde un ordenador o un

terminal móvil permite la monitorización en tiempo real de códigos de error y diversos parámetros directamente de la [centralita del motor](#) tales como las revoluciones del motor, el consumo de combustible en tiempo real (sin que el automóvil lleve equipado ordenador de abordo) o la temperatura del aceite, entre muchos otros parámetros dependiendo del modelo. El controlador ELM327 es el más extendido para establecer dichos enlaces entre la centralita del motor y el dispositivo con el software instalado.

Existen controladores más avanzados, clones del software original de los fabricantes, que permiten adicionalmente programar ciertas configuraciones del vehículo, como el equipamiento y la realización de testeos. OP-COM, VAG-COM, etc son algunos ejemplos.

EOBD es la abreviatura de European On Board Diagnostics (Diagnóstico de a Bordo Europeo), la variación europea de OBD II. Una de las diferencias es que no se monitorizan las evaporaciones del [depósito de combustible](#). Sin embargo, EOBD es un sistema mucho más sofisticado que OBD II ya que usa "mapas" de las entradas a los sensores basados en las condiciones de operación del motor, y los componentes se adaptan al sistema calibrándose empíricamente. Esto significa que los repuestos necesitan ser de alta calidad y específicos para el vehículo y modelo.

En el tablero del vehículo se encuentra presente un elemento que alerta al conductor de que debe chequear la ingeniería del motor, una la luz color ámbar señalando “check engine”. Cuando esto ocurre la computadora del vehículo está utilizando valores de contingencia para mantener el motor en marcha, aun y cuando se esté presentando un problema en el mismo, y de allí el aviso de que se debe determinar donde se presenta la falla. De esta forma se da paso al siguiente problema “el descubrir que componente del sistema está fallando”, la misma puede ser atribuida a los sensores iac, map, entre otros, o hasta puede estar en otro sub sistema.

En ese sentido se hace necesario el utilizar un escáner y al especialista capacitado en su manejo, que a la vez posea los códigos de falla para el tipo de vehículo, el modelo y la versión. Por lo que se recomienda llevar el vehículo a un Taller Mecánico Automotriz que posea un equipo que contenga los protocolos de comunicación adecuados, el lenguaje de programación, para captar la información que envía la computadora sobre la falla presente, y finalmente los parámetros normales de funcionamiento.

El termino proviene de las siglas en inglés, “On Board Diagnostics II Generation”, que en español sería “Segunda Generación de Diagnóstico a Bordo”, siendo un sistema que se incorpora en todos los vehículos estándar y camiones a partir del año 1996 en Estados Unidos, que poco a poco fue adoptado por otros fabricantes a nivel mundial, hasta convertirse en un estándar mundial. El OBD II monitorea algunos de los componentes más importantes de los motores, incluyendo controles de emisión individual. Por lo que cuando esta detecta un problema envía la alerta al conductor por medio del encendido de la luz en el tablero. En consecuencia, el sistema protege al vehículo, al usuario y al dueño del mismo, al instante de emitir la señal, previniendo de fallas mayores que requieran mayor inversión en la reparación a realizar.

Adicionalmente existe el EOBD o European On Board Diagnostic, el cual es un estándar adoptado por la Comunidad Europea, con el propósito de dar a las autoridades una herramienta para el control de las emisiones de gases, está se encuentra en uso desde el 2001, para vehículos con motores nafta o gasolina, para vehículos a gas y diésel se implementó desde el 2005.

En general cuando un vehículo es compatible con OBD II y EOBD se puede leer información guardada en la ECU del vehículo tal como: códigos de error (DTC), borrar códigos de error, leer datos Freeze Frame, obtener información en tiempo real, resultados de monitorea de los sensores de oxígeno resultados para el test de preparación. De esta forma se hace necesario el poseer una interfaz que permita leer la información suministrada, bajo OBD II y EOBD.

Para la definición del sistema OBD II se tuvo en cuenta que la computadora de a bordo, debe poder dialogar con algún equipo externo, en este caso denominado escáner, siendo el lenguaje elegido para la comunicación los comandos AT, llamados comandos OBD. Los vehículos tienen una computadora central que dialoga con el escáner y sistemas secundarios que vigilan las diferentes partes del vehículo. En ese sentido existe también los “protocolos”, que es la forma en la que los comandos OBD se transfiere entre la computadora a bordo y el escáner, que entre otras cosas determina, el tipo de conector, los pines de conexión para la transmisión y recepción, la velocidad de transmisión, entre otros aspectos.

Los fabricantes disponen la construcción de escáners específicos para sus diferentes modelos, los cuales suelen ser muy costosos, gracias a que están conformados por sistemas estándares pueden construirse dispositivos de menos costo. Una de las formas es de utilizar una computadora como sistemas de procesamiento de los datos comunicados por el vehículo, una interfaz que adapte los datos presentes en el OBD II del coche con los datos presentes que entiende un puerto de una computadora de escritorio y un programa o interfaz gráfica que permita mostrar los datos traducidos por el escáner y entregados a la PC. Es decir, para poder escanear un vehículo mediante un procedimiento económico es preciso contar con: una Interfaz OBD II, una computadora tipo PC y una interfaz gráfica.

RTE INEN 034

Que a fin de ejecutar el proyecto denominado “Vehículos más Seguros”, que tiene como fin garantizar la seguridad de los usuarios y disminuir los niveles de mortalidad e invalidez a causa de accidentes de tránsito, provocados por fallas mecánicas de los vehículos que circulan en nuestras carreteras, se ha formulado la TERCERA REVISIÓN del Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 “ELEMENTOS MÍNIMOS DE SEGURIDAD EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES”; el mismo que ha sido elaborado y analizado en coordinación con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas – MTOP, el Ministerio Coordinador de la Producción, Empleo y Competitividad – MCPEC, el Ministerio de Industrias y Productividad – MIPRO, la Agencia Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre y Seguridad Vial – ANTTTSV y otras instituciones del sector público y privado.

REQUISITOS DEL PRODUCTO

Dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa y de visibilidad

Los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa, y de visibilidad deben cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1155. Vehículos automotores. Dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad; ó deben cumplir con las dos siguientes regulaciones en simultáneo: a) Reglamentación Técnica No. 48 de la ONU, “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES WITH REGARD TO LIGHTNING AND LIGHT SIGNALING DEVICES” “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación de vehículos en los referente a

iluminación y dispositivos de señalización luminosa”, vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado y; b) Reglamentación Técnica No. 7 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF FRONT AND REAR POSITION LAMPS, STOP-LAMPS AND END- OUTLINE MARKER LAMPS FOR MOTOR VEHICLES (EXCEPT MOTOR CYCLES) AND THEIR TRAILERS – “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación lámparas frontales y traseras de posición, lámparas de freno y lámparas marcadoras de fin para vehículos motorizados (excepto motocicletas) y sus remolques”, vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado.

Los vehículos que van a ingresar al parque automotor deben contar con una tercera luz de freno tal como lo indica la norma NTE INEN 1155 ó deben cumplir con las dos siguientes regulaciones en simultáneo

Reglamentación Técnica No.48 de la ONU, “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES WITH REGARD TO LIGHTNING AND LIGHT SIGNALING DEVICES” – “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación de vehículos en los referente a iluminación y dispositivos de señalización luminosa”, vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado y; b) Reglamentación Técnica No. 7 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF FRONT AND REAR POSITION LAMPS, STOP-LAMPS AND END- OUTLINE MARKER LAMPS FOR MOTOR VEHICLES (EXCEPT MOTOR CYCLES) AND THEIR TRAILERS – “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación lámparas frontales y traseras de posición, lámparas de freno y lámparas marcadoras de fin para vehículos motorizados (excepto motocicletas) y sus remolques”, vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado.

Condiciones ergonómicas

Asientos y sus anclajes

todos los asientos de los vehículos automotores deben tener apoya cabezas. Se exceptúan de esta obligación las motocicletas, los asientos de pasajeros de autobuses de transporte

urbano, los asientos plegables y los asientos ubicados en sentido paralelo al eje longitudinal del vehículo. Se exceptúan la posición central trasera siempre y cuando el modelo no tenga en ninguna versión mundial del apoya cabezas en la posición central trasera.

Los apoya cabezas deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 25 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF HEAD RESTRAINTS (HEADRESTS), WHETHER OR NOT INCORPORATED IN VEHICLE SEATS” – “Disposiciones Relativas Uniformes a la aprobación de apoya cabezas (reposacabezas), incorporados o no en asientos de vehículos” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada en su texto. Los apoya cabezas deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico Global GTR 7 Apoya cabezas - HEADRESTRAINTS en su última versión lo cual afecta a la categoría de vehículos que el reglamento técnico mencionado indica en su texto.

Los asientos deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No.17 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES WITH REGARD TO THE SEATS, THEIR ANCHORAGES AND ANY HEAD RESTRAINTS” – “Prescripciones Baquerizo uniformes sobre la aprobación de vehículos en lo que concierne a los asientos, a sus anclajes y a los apoya cabezas” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el Reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto. Los vehículos no contemplados en el reglamento técnico de la ONU anterior deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No.80 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF SEATS OF LARGE PASSENGER VEHICLES AND OF THESE VEHICLES WITH REGARD TO THE STRENGTH OF THE SEATS AND THEIR ANCHORAGES” – “Prescripciones uniformes relativas a la aprobación de asientos de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros y de estos vehículos por lo que respecta a la resistencia de los asientos y de sus anclajes vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU

mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto.

Los anclajes de cinturones de seguridad deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 14 de la ONU “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF VEHICLES WITH REGARD TO SAFETY-BELT ANCHORAGES, ISOFIX ANCHORAGES SYSTEMS AND ISOFIX TOP TETHER ANCHORAGES” – “Prescripciones Uniformes relativas a la aprobación de los vehículos en lo que concierne a los anclajes de los cinturones de seguridad, anclajes ISOFIX y los anclajes superiores ISOFIX vigente en la última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto. Los vehículos automotores deben incorporar los anclajes ISOFIX de acuerdo a lo establecido en la reglamentación antes mencionada para los vehículos que el mismo reglamento indica en su texto.

Frenos

Los vehículos automotores que correspondan a la categoría L conforme a la norma NTE INEN 2656 deben contar como mínimo de dos sistemas de frenado, uno que actúe sobre la rueda o ruedas delanteras y otro que actúe sobre la rueda o ruedas posteriores.

Los frenos de los vehículos deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 13-H de la ONU - “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF PASSENGER CARS WITH REGARD TO BRAKING”- “Disposiciones uniformes sobre la aprobación de los vehículos automóviles de pasajeros en lo relativo al frenado” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en un laboratorio acreditado para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto.

Los vehículos automotores de cuatro ruedas deben disponer de frenos ABS, conforme con lo que establezca la Reglamentación Técnica No. 13-H de la ONU, aplicada a los vehículos que la regulación indica en su texto.

Los frenos de los vehículos deben cumplir con lo establecido en la Reglamentación Técnica No. 13 de la ONU – “UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE

APPROVAL OF VEHICLES OF CATEGORIES M, N AND O WITH REGARD TO BRAKING” – “Disposiciones uniformes relacionadas con la aprobación de vehículos de categorías M, N Y O con relación al sistema de frenos” vigente en su última versión para el cual fue homologado el modelo en el ó los laboratorio(s) acreditado(s) para certificar el reglamento técnico ONU mencionado. Este requisito afecta a las categorías de vehículos que la reglamentación mencionada indica en su texto.