

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ciencias Técnicas

Escuela de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFECTIVIDAD DE LOS DIFERENTES
MATERIALES DE LAS PASTILLAS DE FRENO EN UN VEHÍCULO**

Carlos Andrés Solís Gallardo

Director: Msc. Miguel Estuardo Granja Paredes

Quito, diciembre 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi familia en especial a mis padres quienes con su apoyo y esfuerzo me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y a lo largo de la vida se han convertido en mi soporte, a mi hermano que ha sido mi cómplice y mi amigo, se la dedico a mis abuelitos y amigos, quienes han aportado a lo largo de mi vida una razón para continuar con mis sueños, a todos ellos se los dedico.

- Carlos Andrés Solís Gallardo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por convertirme en ser un profesional en lo que me apasiona y bendecirme cada día, agradezco a mi mamá Patricia, a mi papá Carlos y a mi hermano Paul que han confiado en mis capacidades a lo largo de mi vida universitaria, y han sido mis principales promotores de mis sueños.

De manera especial quiero agradecer a mi director Ing. Miguel Estuardo Granja Paredes quien creyó en mí para realizar este proyecto, y a la Universidad Internacional del Ecuador, por haberme enriquecido en conocimientos.

- Carlos Andrés Solís Gallardo

ÍNDICE

Certificación.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
EStudio comparativo de la efectividad de los diferentes materiales de las pastillas de freno en un vehículo.....	8
Resumen.....	8
1. Introducción	9
2. Marco teórico	9
2.1. Accionamiento del sistema de frenado.....	9
2.2. Tipos de freno	11
3. Materiales y metodología.....	13
3.1. Materiales.....	13
3.2. Metodología	13
3.3. Pruebas	14
4. Resultados	15
5. Análisis de resultados.....	19
6. Conclusiones	20
7. Referencias.....	20
ANEXOS.....	21
Anexo 1 Manual Técnico del Sistema de Frenado.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados	16
Tabla 2. Resultados de las pruebas.....	16
Tabla 3. Pastilla ceramica.....	16
Tabla 4. Pastilla metalica	16
Tabla 5. Pastilla semimetalica.....	16
Tabla 6. Durabilidad.....	17
Tabla 7. Resistencia a la temperatura.....	17
Tabla 8. Ruido.....	17
Tabla 9. Desgaste del disco.....	18
Tabla 10. Residuos.....	18
Tabla 11. Eficiencia de frenado.....	18
Tabla 12. Costo	18
Tabla 13. Ventajas de desventajas.....	19
Tabla 14. Comparacion	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frenado mecanico	10
Figura 2. Frenado hidralico	10

Figura 3. Frenado neumatico.....	10
Figura 4. Frenado electrico.....	10
Figura 5. Freno ABS	11
Figura 6. Freno de Servicio.....	11
Figura 7. Freno de Socorro.....	11
Figura 8. Freno de cinta.....	12
Figura 9. Freno de disco.....	12
Figura 10. Partes de freno de disco	12
Figura 11. Freno de tambor	13
Figura 12. Partes de freno de tambor	13
Figura 13. Grafica etapa de fading	15
Figura 14. Medidor de presion de frenos	15
Figura 15. Medidor de temperatura infrarrojo.....	15

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFECTIVIDAD DE LOS DIFERENTES MATERIALES DE LAS PASTILLAS DE FRENO EN UN VEHÍCULO

Ing. Miguel E Granja P. MSc¹, Carlos A Solís G.²

¹ *Ingeniería Automotriz -Universidad Internacional del Ecuador, migranjapa@uide.edu.ec*

² *Ingeniería Automotriz -Universidad Internacional del Ecuador, casolisga@uide.edu.ec*

RESUMEN

Con el avance de la tecnología y la tendencia de fabricar automóviles con menor emisiones de gases contaminantes y sobretodo la mejora de los sistemas de seguridad, los vehículos han ido en desarrollo de tal manera que el sistema de frenos en los años 1910-1919 pasaron de funcionar como un accesorio a posicionarse como el sistema de seguridad activa del vehículo más importante. El propósito es llevar a cabo pruebas controladas en donde se pueda verificar la eficacia de frenado según la composición de la pastilla de freno con la que el vehículo está equipado. Dentro del proceso se tomará en cuenta los diferentes tipos de sistemas de frenos y las características de las pastillas de freno en el sector automotriz. Para finalizar con recomendaciones para el usuario sobre cual pastilla de freno ayudaría de una mejor manera en el proceso de frenado del vehículo

El siguiente estudio tiene por objeto determinar técnicamente cuál es la mejor pastilla de freno, en términos de mayor: vida útil, su eficiencia de frenado y en efecto la seguridad que proporciona al usuario. Esto comparando materiales, los cuales serán sometidos a pruebas de: frenado, velocidad, presión, y temperatura. Analizando posteriormente los pros y contras de cada uno de los materiales.

Palabras clave: temperatura, fricción, dureza, seguridad, frenado.

SUMMARY

With the advancement of technology and the trend of manufacturing cars with lower emissions of polluting gases and, above all, the improvement of safety systems vehicles has evolved in such a way that the braking system in the years 1910-1919 went from functioning as an accessory to positioning itself as the most important active safety system of the vehicle. The purpose is to carry out controlled tests where the braking efficiency can be verified according to the composition of the brake pad with which the vehicle is equipped. The process will take into account the different types of brake systems and the characteristics of brake pads in the automotive sector. To finish with recommendations for the user on which brake pad would help in a better way in the braking process of the vehicle.

The following study aims to determine technically which is the best brake pad, in terms of longer: service life, braking efficiency and indeed the safety it provides to the user. This will be done by comparing materials, which will be subjected to tests of: braking, speed, pressure, and temperature. Subsequently analyzing the pros and cons of each of the materials.

Keywords: temperature, friction, hardness, safety, braking.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de frenos del vehículo tiene la función principal de disminuir la velocidad y detenerlo de forma segura en lo posible en el menor tiempo y distancia. Esto gracias a la transformación de la energía cinética de la masa del vehículo y sus ocupantes, en calor disipado hacia el aire, mediante la fricción de pastillas y zapatas.

El mecanismo de frenos se ubica en posición fija con relación al movimiento de las ruedas. Y este cumple con requisitos esenciales accionar el pedal de freno, en situaciones a la que se enfrente el vehículo en el camino, a determinada carga o peso y velocidad.

- **Eficacia:** detener del vehículo en tiempo y distancia mínimos.

- **Estabilidad:** conservar la trayectoria del automotor. Sin producir deslizamientos de las ruedas, desviaciones, o reacciones en el volante.

- **Comodidad:** producir la menor cantidad de ruido y vibraciones.

Idealmente la fuerza de frenado se reparte entre los ejes. Donde la presión de frenado suele ser mayor en el eje delantero para evitar pérdida de trayectoria. Esta distribución varía en función de la posición del motor, sistemas de suspensión, y de asistencia al frenado

El frenado eficaz se da cuando las ruedas siguen girando y no se bloquean, evitando que las ruedas pierdan contacto o adherencia con el suelo. Los frenos reducen la velocidad de los neumáticos, tal que estos últimos se encargan de detener realmente el vehículo.

Un exceso de fuerza de frenado produce que las ruedas pierdan adherencia tras bloquearse, y consecuentemente se pierde la maniobrabilidad del vehículo.

Al frenar el vehículo se produce el fenómeno de redistribución dinámica de los centros de masa.

De forma que el centro de masa del vehículo se desplaza hacia el eje delantero, donde es posible la pérdida de adherencia y de control de la dirección, si hay un exceso de esfuerzo en las ruedas delanteras. [1]

2. MARCO TEÓRICO

Los elementos de trabajo más empleados son de: disco, tambor y de cinta. [2]

2.1. ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FRENADO

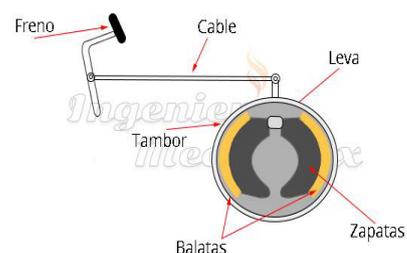
Considerado como el mecanismo de seguridad principal del vehículo, mediante el cual se salvaguarda la vida de los pasajeros del automotor y de los demás actores viales. Este ha ido en desarrollo en función de los requerimientos de frenado y del tipo de vehículo, ya que, a grandes capacidades de aceleración y velocidad, debe corresponder un equipo de frenado competente, capaz de reducir la velocidad y detener el vehículo en tiempo y distancia adecuados.

Existen diferentes sistemas de frenado: [3]

Sistema de Frenado Mecánico

La fuerza de frenado se transmite a través de varillaje hacia las pastillas de freno, para permitir su apertura y bloqueo.

Ampliamente empleado en la antigüedad, fue reemplazado por sistemas hidráulicos y neumáticos. Ya que no podía mantener una presión de frenado uniforme en todas las ruedas y a las altas velocidades que los vehículos actuales son capaces de desarrollar.



ingmecafenix.com

Figura 1. Frenado Mecánico.

Fuente: Ingmecafenix

Sistema de Frenado Hidráulico

Su funcionamiento se basa en el desplazamiento de líquidos a presión. Una bomba hidráulica genera flujo de líquido a presión, el cual llega hacia el cilindro hidráulico encargado de presionar los patines de frenado contra la superficie de trabajo del tambor o disco.

Tras soltar el pedal de freno, se reduce la presión de la columna de líquido. Los resortes ubicados internamente retraen los discos o zapatas a su posición original, libera el movimiento de la rueda.

En el caso de automotores más pesados se incorpora el servofreno, para permitir mejorar la fuerza de frenado.

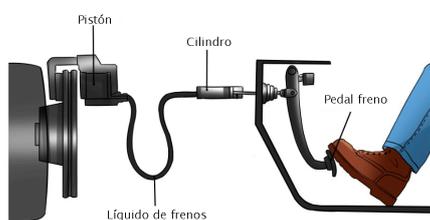


Figura 2. Frenado Hidráulico.

Fuente: Getauto

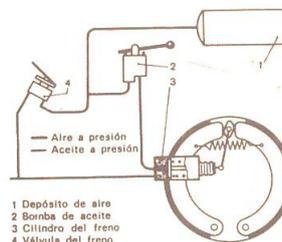
Sistema de Frenado Neumático

Equipados generalmente en vehículos de carga pesada como lo son los camiones y tracto mulas. Su operación es similar al sistema hidráulico con la diferencia de que el líquido es reemplazado con aire.

Un compresor comprime a presión en un depósito aire en lugar de líquido. Controlándolo mediante válvulas de gobierno neumáticas, y dirigiéndolo hacia pistones de aire que actuarán como prensas. Los elementos que lo constituyen son:

1. Compresor
2. Filtros depuradores y de regulación.

3. Depósito de aire a presión
4. Válvula de freno
5. Cámaras de aire delanteros y posteriores
6. Válvulas de descarga



Figura,22 Mando de un cilindro del freno accionado elásticamente por un muelle.

Figura 3. Frenado Neumático.

Fuente: Monografias

Sistema de Frenado Eléctrico

Utiliza mecanismos electromagnéticos para genera la fuerza sobre los patines de freno, comandados por dispositivos de regulación y dosificación de intensidad de corriente dirigida hacia las bobinas. [4]

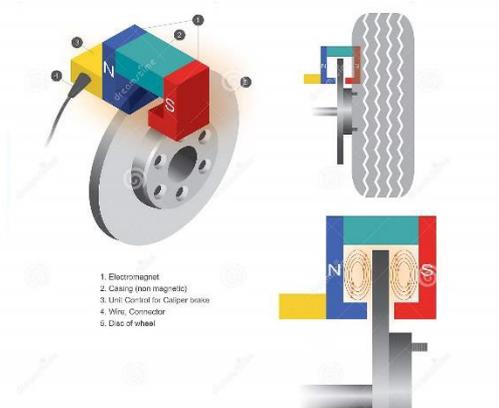


Figura 4. Frenado Eléctrico.

Fuente: Dreamstime

Sistema de Frenos ABS

Diseñado con el propósito de prevenir la reducción o pérdida de adherencia de los neumáticos con la calzada. El sistema antibloqueo de ruedas varía la fuerza de frenado rápida y automáticamente varias

veces por segundo, sin la intervención del conductor.

Internamente se compone de una computadora que mide la velocidad de las ruedas a través de sensores VSS, y cambia la presión del líquido de frenos para adaptar la fuerza de frenado, al momento que detecta deslizamiento [5].



Figura 5. Frenos ABS.
Fuente: Automecatrónica

2.2. TIPOS DE FRENO

2.2.1. Según su Utilización

Freno de servicio o de pie.

Funciona al pisar el pedal de freno, y actúa sobre las cuatro ruedas, para reducir la velocidad y detener totalmente el vehículo de ser necesario.



Figura 6. Freno de Servicio.

Fuente: Prácticatest.

Freno de Estacionamiento.

Se encarga de inmovilizar el vehículo cuando el conductor necesita abandonarlo tras estacionarlo, y su accionamiento se puede realizar de 2 formas:

- Tradicional de palanca de mano.
- Pedal ubicado junto a los pedales de conducción.

La palanca o el pedal generalmente tensan un cable que presionan directamente las pastillas o balatas de las ruedas posteriores, y en el caso de algunos camiones del eje cardán.

Freno de Socorro

Comúnmente encontrado en vehículos deportivos. Funciona automáticamente al detectar falla en el sistema principal de freno, este actuara sobre una rueda de cada eje. [6]

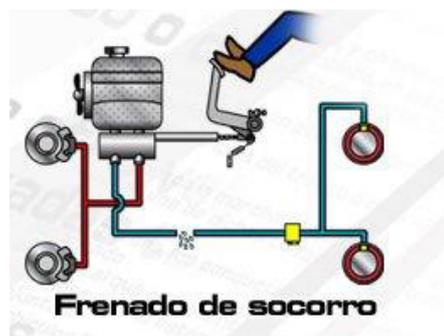


Figura 7. Freno de Socorro.

Fuente: Automotor.

2.1.1 Según la Fricción

Los frenos de fricción, generalmente empleados en la mayoría de los vehículos. Permiten transformar la energía mecánica en calor, mediante un cuerpo fijo que ejerce presión sobre una superficie en movimiento relativo para desacelerarlo. [7]

Freno de Cinta

Funciona con una banda de fricción la cual ejerce presión concéntricamente sobre un cuerpo cilíndrico en rotación. Es común encontrarlo en mecanismos cabrestantes, sierras de cadena y algunos frenos de bicicleta. [8]

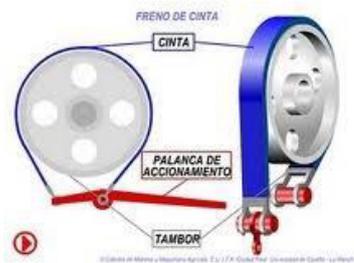


Figura 8. Freno de Cinta.
Fuente: Sites.

Freno de Disco

Generalmente está ubicado en las ruedas delanteras. Como su nombre lo indica, es un disco metálico instalado internamente en la rueda y gira solidario a este elemento, es ralentizado cuando es sometido a fricción por pastillas ubicadas en posición fija. Las pastillas son presionadas desde afuera hacia adentro, contra el disco de freno, cuando el usuario acciona el pedal. [9]



Figura 9. Freno de Disco.
Fuente: Revista Nitro.

Este sistema principalmente se conforma por:

- Latiguillos de freno, por los que circulan el líquido a presión
- Mordaza, en que se incluyen los pistones que ejercen fuerza sobre las pastillas de freno contra el disco.
- Disco



Figura 10. Partes freno de Disco.
Fuente: Publimotos.

Freno de Tambor

Este mecanismo se conforma por tambor, zapatas y cilindros. Su funcionamiento se da cuando el líquido a presión llega a los cilindros, estos empujan las zapatas contra el tambor al momento de realizar el frenado. Es empleado de forma parcial debido a su baja capacidad de disipación de calor tras detener la inercia del automotor.



Figura 11. Freno de Tambor.

Fuente: Autofácil.

Sus componentes son:

- Plato, en el que se apoyan sólidamente los componentes estáticos como: el cilindro que contiene los pistones hidráulicos, las zapatas que generan la fricción tras ser empujados por los pistones, y los muelles de retracción que permiten retornar a la posición original cuando se deja de presionar el pedal de freno. [10]
- Tambor o campana, es el elemento que gira solidario a la rueda y sobre el cual actúa la fuerza de fricción de forma concéntrica para reducir su velocidad.



Figura 12. Partes Freno de Tambor.

Fuente: Noticias de Coches.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Según la normativa ECE 13H, para las pruebas de ensayo es necesario tomar en cuenta la temperatura de la parte interna de las pastillas, “la temperatura debe estar entre 80 y 85 °C”

La normativa ECE 13H se encuentra detalladamente las pruebas para medir el rendimiento de los sistemas de frenos con las condiciones que se debe tener para una medición exacta. En lo que concierne a la eficiencia de frenado para esta regulación se enfoca en la distancia de frenado y en la desaceleración media, por lo que el rendimiento del sistema de frenos se lo mide por la distancia de frenado y por la desaceleración que existe desde la velocidad inicial del vehículo.

3.1. MATERIALES

Los materiales que serán utilizados en la metodología son los siguientes:

- Disco de Freno
- Pastillas Metálicas
- Pastillas Semi- Metálicas
- Pastillas Cerámicas
- Vehículo Volkswagen Golf
- Dinamómetro

3.2. METODOLOGÍA

Se utilizará un vehículo Volkswagen Golf del año 97, en el cual se van a probar los diferentes materiales de pastillas de frenos y se los va a analizar de la mejor manera para obtener resultados lo más preciso posibles. En ese tiempo era uno de los vehículos más vendidos y tenían problemas sobre el sistema de frenos también el peso y potencia afectaba a los discos de freno

por eso se realizó las pruebas en el vehículo Volkswagen Golf.

Las pastillas de freno será la variable a analizar en este caso, se posee tres diferentes tipos de pastillas que varían en su material de fabricación, estas son las pastillas cerámicas, metálicas y semimetálicas

Se realizará la misma prueba a las diferentes pastillas de cada material, y de esta manera realizar una comparación técnica sobre la eficiencia y dureza de cada una, así se podrá analizar sus ventajas y desventajas.

3.3. PRUEBAS

Los ensayos realizables en dinamómetro son diversificados, debido a la opción de programar este dispositivo de simulación y medida. Sin embargo, existen ensayos reconocidos internacionalmente y que se consideran válidos para los estándares de diferentes compañías.

Los ensayos se dividen diferentes etapas para probar el sistema de frenado y el material de fricción en varias condiciones de operación.

Un ensayo básico se compone de las siguientes etapas:

- “Etapa de asentamiento:”

Se realiza al colocar un recubrimiento del material de fricción de manera uniforme sobre la superficie de trabajo. “Realizada para un rango de velocidades entre 30 a 100 km/h, con presiones variantes entre 15 a 45 bares y temperaturas por debajo de 100°C.”

“Esta tapa se compone por 100 frenadas, para medir el coeficiente de fricción y el comportamiento del material durante las primeras frenadas.”

- “Etapa de sensibilidad a la presión:”

“Para comprobar el coeficiente de fricción tolerable por el material a diferentes velocidades, en esta etapa se varía la presión del circuito. Para un rango de presiones entre 10 a 80 bares, se subdivide en subetapas en las que las velocidades son de: 40, 80, 120, 160 y 180 km/h. esto manteniendo el rango de presiones y el número de frenadas.”

- “Etapa de fading:”

“El fading o más conocido como sobrecalentamiento, se conoce al fenómeno en el que la capacidad de frenado empeora tras superar la temperatura límite en el que su rendimiento es óptimo. Esta etapa suele repetirse dos veces durante el proceso para determinar lo que sucede con el coeficiente de fricción. Este se compone de 20 frenadas con el requerimiento de alcanzar una deceleración promedio de 4m/s^2 , diferentes temperaturas que inician en los 100°C y en los 550°C en la primera y última frenada respectivamente. Cada una de estas frenadas es realizada al alcanzar temperaturas establecidas, las cuales se incrementan en 30°C después de cada frenada.”

Instrumentos

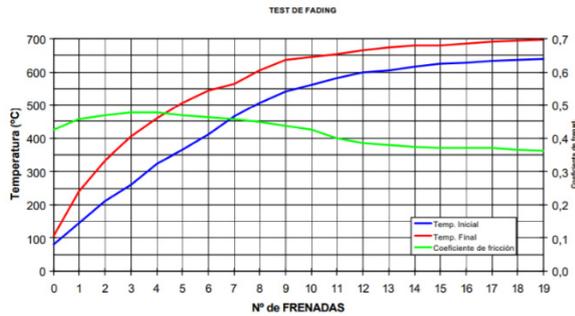


Figura 13. Gráfica etapa de Fading

Fuente: Northcar

- “Etapa de sensibilidad a la presión y a alta temperatura:”

“Similar a la etapa de sensibilidad a la presión, salvo que la temperatura inicial es de 500°C.”

- “Etapas de análisis de características:”

“Son realizadas con 18 frenadas para medir el coeficiente de fricción durante condiciones de frenado normal: para velocidades entre 30 a 80 km/h, con una temperatura inicial de 100°C y a una presión de 30 bares.”

“Un buen material de fricción debe mantener un coeficiente en $\mu=0,4$ ante cualquier variación de parámetros como presión o temperatura. Y su desgaste debe ser mínimo, sin llegar a dañar la superficie de trabajo. Además del coeficiente de fricción existen otras características intrínsecas que deben mantenerse para cumpla su función principal de ralentizar el vehículo.” [11]



Figura 14. Medidor de presión de frenos

Fuente: BT-Ingenieros



Figura 15. Medidor de temperatura infrarrojo

Fuente: Andrés Solís

4. RESULTADOS

Los resultados de las pruebas realizadas sobre patines de freno metálicos, semimetálicos y cerámicos, las mismas que fueron analizadas en base a las principales características como resistencia a la temperatura, emisión de ruido, desgaste del disco (durabilidad), formación de residuos eficiencia de frenado y costo. Se indican en la siguiente tabla donde se representa con color rojo la característica sobresaliente de cada tipo de pastilla.

	Cerámica	Metálica	Semi-Metálica
Durabilidad	48.000km	60.000km	55.000km
Resistencia A la Temperatura	900°C	700°C	500°C
Ruido	70 dB	80dB	90dB
Desgaste del Disco en 100.000Km	4mm	7mm	5mm
Residuos	45%	100%	100%
Eficiencia de frenado	100%	70%	60%
Costo	75\$	46\$	30\$

Tabla 1. Resultados
Fuente: Andres Solis

Temperaturas	Cerámica	Metálica	Semi-Metálica
Etapas de asentamiento (100 frenadas)	200°C	450°C	380°C
Etapas de sensibilidad a la presión (20 frenadas)	160°C	350°C	280°C
Etapas de análisis de características (18 frenadas)	100°C	200°C	150°C

Tabla 2. Resultados de las Pruebas
Fuente: Andres Solis

Temperatura vs Rozamiento

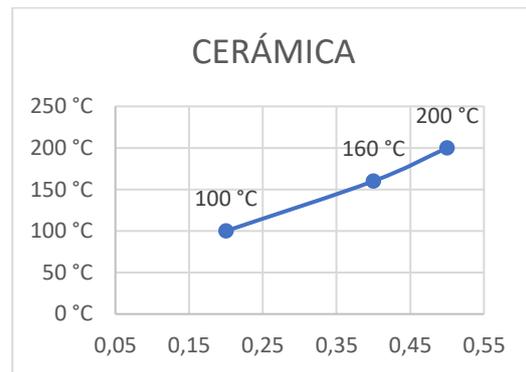


Tabla 3. Pastilla ceramica
Fuente: Andres Solis

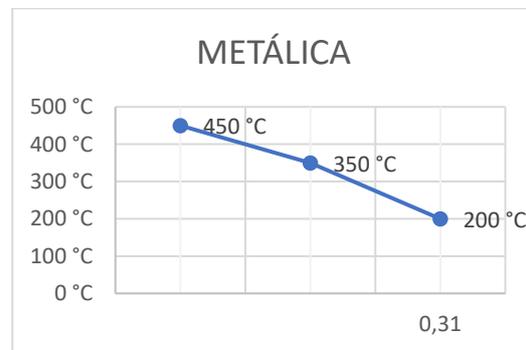


Tabla 4. Pastilla metalica
Fuente: Andres Solis

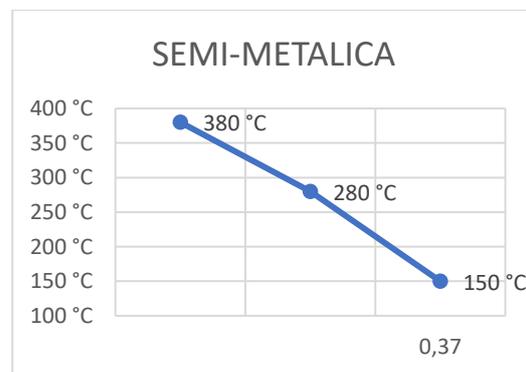


Tabla 5. Pastilla Semi-metalica
Fuente: Andres Solis

Etapa de Fading

Ruta Autopista

Temperatura	Cerámica	Metálica	Semi-Metálica
Etapa de fading	780°C	920°C	880°C

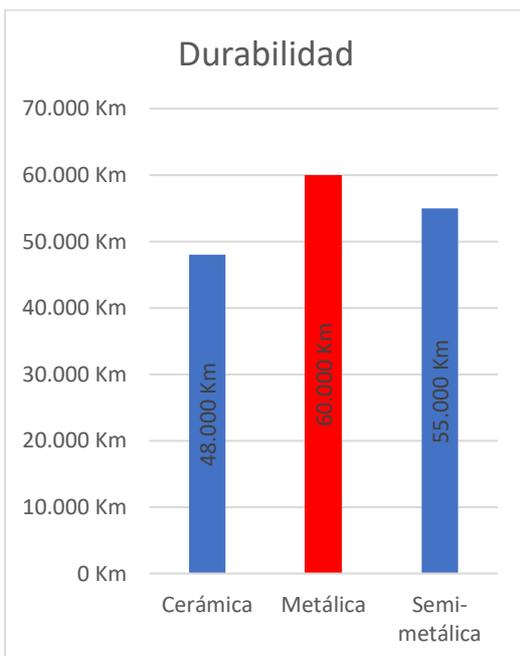
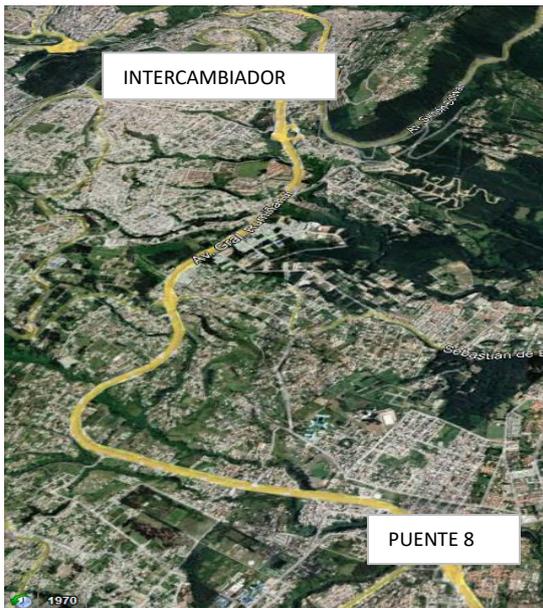


Tabla 6. Resultados
Fuente: Durabilidad

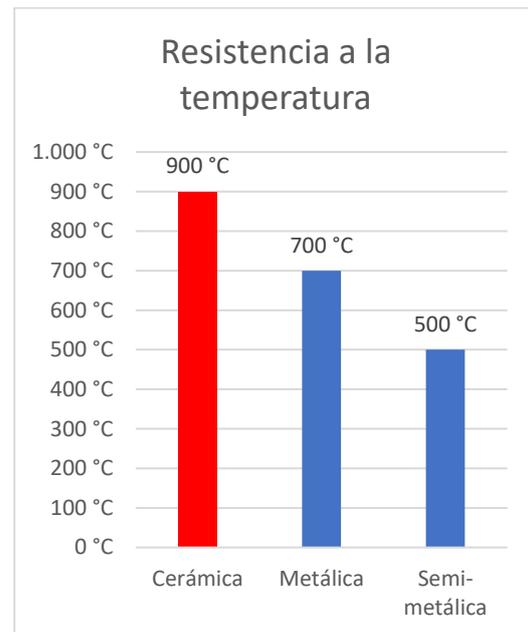


Tabla 7. Resultados
Fuente: R. a la Temperatura



Tabla 8. Resultados
Fuente: Ruido

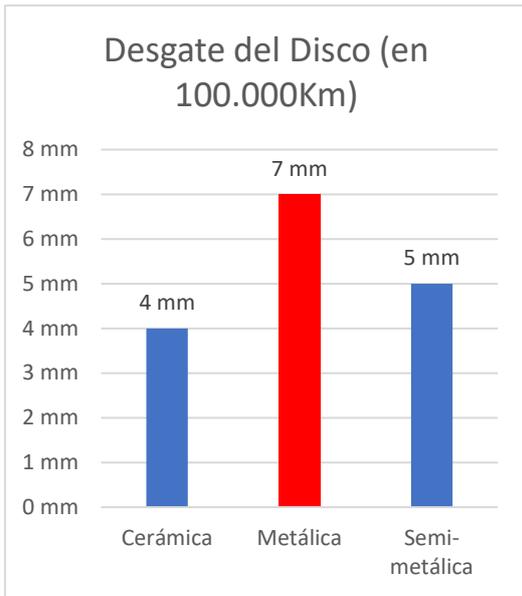


Tabla 9. Resultados
Fuente: Desgaste del disco

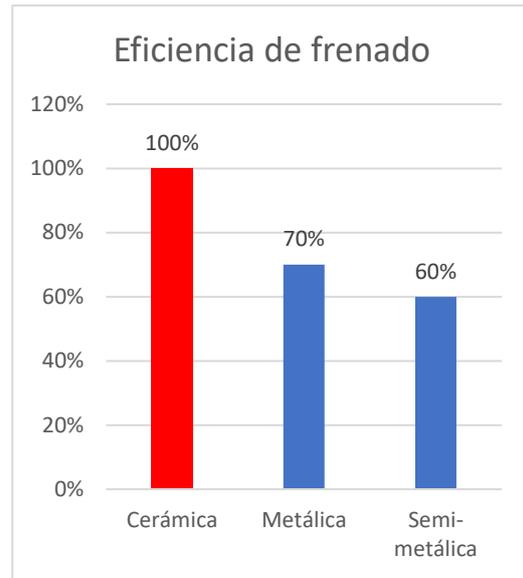


Tabla 11. Resultados
Fuente: Eficiencia de frenado

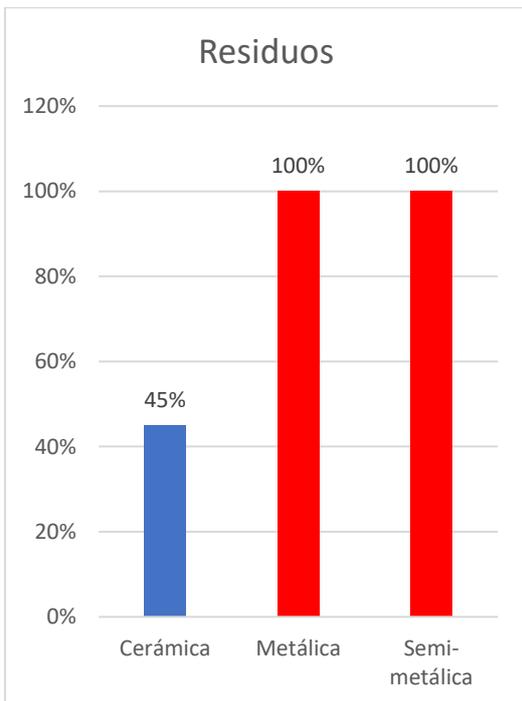


Tabla 10. Resultados
Fuente: Residuos

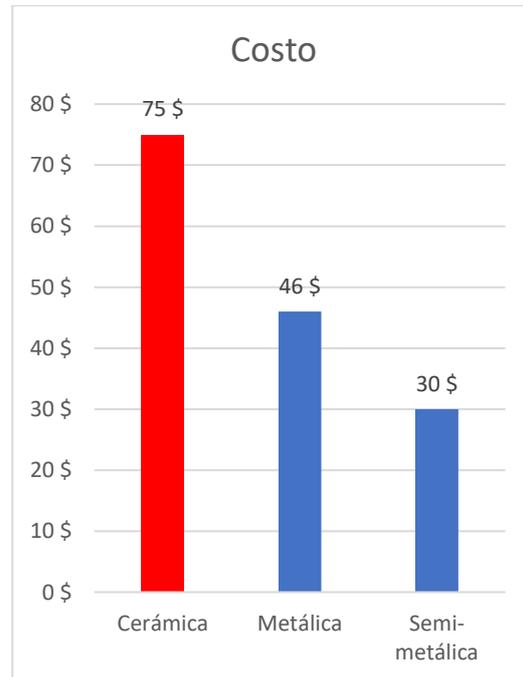


Tabla 12. Resultados
Fuente: Costo

Al colocar en la figura 15 las ventajas y desventajas existentes entre los tres tipos de materiales analizados, se obtiene el siguiente resultado:

	Cerámica	Metálica	Semi-metálica
Durabilidad	D	V	D
Resistencia a la temperatura	V	D	D
Ruido	V	V	D
Desgaste del disco en 100.000 km	V	D	V
Residuos	V	D	D
Eficiencia de frenado	V	D	D
Costo	D	V	V

Tabla 13. Ventajas y desventajas

Fuente: Andres Solis

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para cuantificar los resultados de la figura 23, se procede de la siguiente manera: en la tabulación de ventajas y desventajas se asigna un valor numérico de 10 puntos a las ventajas, y un valor numérico de 5 puntos a las desventajas.

	Cerámica	Metálica	Semi-metálica
Durabilidad	5	10	5
Resistencia a la temperatura	10	5	5

Ruido	10	10	5
Desgaste del disco	10	5	10
Residuos	10	5	5
Eficiencia de frenado	10	5	5
Costo	5	10	10
<i>TOTALES</i>	60	50	45

Tabla 14. Comparacion

Fuente: Andres Solis

La fila de totales de la tabla indica que las pastillas de cerámica son las de mayor puntaje, lo cual significa que tienen mayores ventajas sobre las pastillas metálicas y semimetálicas.

Pastillas de freno semimetálicas

“Las pastillas semimetálicas están conformados por metales blandos como, cobre mezclado con cargas inorgánicas, polvo de hierro o acero. Agregados al material friccionante para producir menor desgaste sobre la superficie de trabajo e incrementar la capacidad de frenado.” [12]

Pastilla de frenos metálicas

Son aleaciones que están compuestas cien por ciento de metales como hierro, cobre, estaño y acero. Tienen alta durabilidad con respecto a las pastillas de cerámica y semimetálicas, con menor costo que las primeras y menor generación de ruido

Pastillas de freno cerámicas

“Son aquellas elaboradas a partir de materiales no ferrosos, fibras cerámicas, agentes de unión y limitadas cantidades de metal. Se caracterizan por ser más resistentes a la temperatura; producir menos ruido, desgaste del disco y residuos que las

semimetálicas. Son las que mayor eficiencia presentan en el frenado.”

[12]<https://www.spgtalleres.com/es/noticias/tipos-pastillas-freno/id:198/>

6. CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos del estudio comparativo en relación con la eficiencia de frenado, las de mejor desempeño son las pastillas cerámicas.
- Las pastillas de freno cerámicas son las más adecuadas para una operación segura del vehículo. Aunque su costo es superior, lo compensa con mejor desempeño.
- La selección de pastillas de freno debe realizarse en base a su funcionalidad, durabilidad, y seguridad. Antes que por el costo o precio de adquisición.

7. REFERENCIAS

[1]https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/113326/REPORT_470.pdf

[2]<https://blog9akarenpineda.blogspot.com/>

[3]<http://dobac.com/capac/Sistema%20de%20Frenos%20Hidr%C3%A1ulicos.pdf>

[4]<https://es.slideshare.net/ofoan2/sistema-de-frenos-25800718>

[5]<http://ingenierovizcaino.com/ecci/eei/sensores/xxx%20sensores%20automotriz/ABS%201.pdf>

[6]<https://www.actualidadmotor.com/clasificacion-de-los-tipos-de-freno-segun-su-utilizacion/>

[7] <https://es.wikipedia.org/wiki/Freno>

[8]https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_cinta

[9]https://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_disco

[10]<https://escapeybujia.com/frenos-de-tambor/>

[11]https://www.guadalupe.es/images/stories/WEB_Mecanica/documentos/STF/Manual_tribologia_Road_House.pdf

ANEXOS



Titulació:

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Alumno (nombre y apellidos):

Francisco José Bauzá Fernández

Enunciado TFG:

Estudio del sistema de frenado en los vehículos ligeros (turismos)

Director del TFG:

José-Antonio Ortiz-Marzo

Convocatoria de entrega del TFG:

Enero 2018



Índice

1.	Introducción	1
1.1	Objeto.....	1
1.2	Alcance	1
1.3	Justificación.....	1
1.4	Historia de los sistemas de frenado en automóviles.	2
1.5	Transferencia del peso durante la frenada	2
2.	Tipos de sistemas de frenado.....	4
2.1	Sistema de frenado Mecánico.....	4
2.2	Sistema de frenado Hidráulico	5
2.3	Sistema de frenado neumático o de aire comprimido	7
2.4	Sistema de frenado de potencia asistida	8
2.4.1	Servofrenos Hidrovac	9
2.4.2	Servofrenos Mastervac	12
2.5	Sistema de frenado eléctrico	14
2.6	Sistema de freno de mano	15
3.	Tipos de Frenos	16
3.1	Freno de Tambor.....	16
3.1.1	Disposición de las zapatas.....	16
3.1.2	Tambores y zapatas de freno	17
3.2	Freno de Disco.....	18
3.2.1	Montajes del freno de disco.....	19
3.3	Innovación en el sistema de frenado	20
3.3.1	SBC.....	21
3.3.2	KERS.....	23
3.3.3	<i>New Wheel</i> (Continental).....	26
4.	Frenos de disco.....	27
4.1	Partes del sistema de frenos de disco.....	27
4.2	Geometrías del sistema de frenos de disco	29
4.3	Materiales del sistema de frenos de disco.....	31
4.4	Procesos de fabricación.....	32
4.5	Empresas fabricantes	33
5.	Mantenimiento	35
5.1	Defectos y fallos de los frenos de disco	35



5.2	Ejemplos de llamadas a revisión	35
6.	Sistemas de ayuda a la conducción.....	37
6.1	Tipos de sistema de ayuda a la conducción.	37
7.	Impacto medioambiental	40
7.1	Introducción	40
7.2	Estudio.....	40
8.	Conclusiones.....	42
	Bibliografía	43



Ilustraciones

Ilustración 1 Wilhelm Maybach [24]	2
Ilustración 2 Spyker 60 [19].....	2
Ilustración 3 Reparto de frenada [1]	3
Ilustración 4 Freno Tambor [1].....	4
Ilustración 5 Sistema de frenos mecánico [1]	5
Ilustración 6 Ejemplo sistema hidráulico [1]	5
Ilustración 7 Esquema multiplicador hidráulico [1]	5
Ilustración 8 Esquema circuito hidráulico [1].....	6
Ilustración 9 Ejemplo de circuito Hidráulico [1]	6
Ilustración 10 Instalación de aire comprimido [1]	7
Ilustración 11 Instalación Westinghouse [1]	8
Ilustración 12 Servofreno Hidrovac [2]	9
Ilustración 13 Hidrovac Posición de reposo [2].....	10
Ilustración 14 Hidrovac Posición de frenado [2]	11
Ilustración 15 Comparativa "con" o "sin" servofreno [2].....	12
Ilustración 16 Esquema interno del servofreno Mastervac [2].....	12
Ilustración 17 Mastervac Posición de reposo [2]	13
Ilustración 18 Mastervac Posición de frenado [2].....	14
Ilustración 19 Ejemplo Telma [1]	14
Ilustración 20 Sistema de frenos mecánico [1]	15
Ilustración 21 Freno de tambor [1]	16
Ilustración 22 Disposición de las zapatas [1].....	16
Ilustración 23 Sistema dúo-servo [1].....	17
Ilustración 24 Tambor hidráulico [1].....	17
Ilustración 25 Ejemplo disipación de calor [1]	18
Ilustración 26 Comparación frenos bicicleta [1]	18
Ilustración 27 Frenos de disco [1]	20
Ilustración 28 Frenos de disco flotantes [1]	20
Ilustración 29 Esquema hidráulico del SBC [2].....	21
Ilustración 30 Ejemplo frenada con SBC [2]	22
Ilustración 31 Partes del SBC [2]	23
Ilustración 32 Esquema de frenado regenerativo [14]	24
Ilustración 33 Freno regenerativo de un tren [14].....	24
Ilustración 34 Campo magnético inducido [14]	25
Ilustración 35 Frenos Continental [20].....	26
Ilustración 36 Despiece freno de disco de pinza flotante [2].....	27
Ilustración 37 Esquema de funcionamiento [2]	28
Ilustración 38 Disco macizo [2].....	28
Ilustración 39 Disco ventilado [2].....	28
Ilustración 40 Disco perforado [2].....	28
Ilustración 41 Disco cerámico [2]	29
Ilustración 42 Disco macizo [2].....	29
Ilustración 43 Pista [13].....	29
Ilustración 44 Fijación [13]	30



Il·lustració 45 Campana [13]	30
Il·lustració 46 Filtro tèrmico [13]	30
Il·lustració 47 Pastillas de frenos [2]	32
Il·lustració 48 Fabricantes de frenos [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11].....	34
Il·lustració 49 Ejemplo sistema sensores ABS [2].....	38
Il·lustració 50 Ejemplo funcionamiento ESP [2]	39



Tablas

Tabla 1 Tabla comparativa Carbono-Cerámicos con convencionales.....	31
Tabla 2 Emisiones CO2 Electricidad	41
Tabla 3 Emisiones CO2 Coche	41



Acrónimos

ABS: *Antilock Brake System*

ECU: *Engine Control Unit*

ESP: *Electronic Stability Program*

BAS: *Brake Assist System*

EBD: *Electronic Brake Distribution*

KERS: *Kinetic Energy Recovery System*

FIA: *Federation Internationale de l'Automobile*

1. Introducción

1.1 Objeto

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el sistema de frenado de un automóvil, a partir de su evolución histórica (pasado-presente-futuro). Obtener un conocimiento amplio de los componentes del sistema, así como de los fallos que se producen habitualmente y que afectan a la seguridad vial.

1.2 Alcance

El trabajo incluirá:

- Estudio del estado del arte de los distintos sistemas de frenado.
- Estudio de los componentes del sistema (partes, geometrías, materiales, procesos de fabricación, empresas fabricantes).
- Trabajo de campo con la búsqueda de información sobre los defectos y fallos principales que se producen en el sistema.
- Revisión del mantenimiento necesario.
- Innovación de sistemas de ayuda al conductor para la mejora de la seguridad vial.
- Impacto medioambiental.

El trabajo no incluirá:

- El estudio a nivel de ingeniería de detalle de los sistemas de frenado.

1.3 Justificación

Durante los últimos años, desde el gobierno europeo se han intensificado las medidas para reducir los accidentes de tráfico. De hecho, se ha marcado como objetivo cero muertes por accidentes de tráfico para el 2020. Este trabajo tiene la intención de estudiar uno de los sistemas de seguridad activa más importantes, el sistema de frenado. Los cuáles han ido evolucionando reduciendo la distancia de frenado, sistemas de ayuda de frenado, reduciendo defectos y fallos.

La finalidad de los frenos es la de detener el vehículo en el menor tiempo posible, el principio por el que estos consiguen detener el vehículo es el rozamiento al aplicar una superficie fija a una móvil, convirtiendo la energía absorbida en calor que se disipa mediante radiación a la atmósfera. No solo se exige conseguir detener el vehículo en la menor distancia posible, sino también cumplir ciertos requisitos.

- Eficacia: Con un esfuerzo sobre el pedal lo suficientemente débil, en un tiempo y en una distancia mínimos.
- Estabilidad: El vehículo debe conservar su trayectoria sin ningún tipo de deslizamiento, desviaciones o reacciones en el volante.

- Comodidad: De manera progresiva, con el mínimo ruido posible, sin vibraciones en el vehículo o en el pedal.

Todo ello, se debe cumplir en la mayoría de las circunstancias posibles; con el vehículo con o sin carga, a cualquier velocidad deben poder detener vehículo, en llano, subida o bajada, en recta o en curva, o en cualesquiera que sean las condiciones del piso.

1.4 Historia de los sistemas de frenado en automóviles.

Los frenos surgieron antes incluso que los coches, debido a que ya existía la necesidad de frenar, vehículos, los carruajes tirados por caballos, el mecanismo consistía en una palanca de madera, que al ser accionada por el cochero rozaba sobre la rueda del carruaje. Desde entonces han sufrido diversas evoluciones haciéndolos mucho más eficientes.

- 1901: Wilhelm Maybach diseña el primer freno de tambor interno (Ilustración 1).
- 1902: Louis Renault diseña el modelo de freno de tambor usado hoy en día.
- 1902: Ramson E. Olds diseña un modelo de freno de tambor externo.
- 1903: Se implanta el sistema de frenado en las cuatro ruedas en un Dutch Spyker 60/80. (Ilustración 2)
- 1903: Sistema de frenos asistidos por cámara de aire
- Malcolm Loughheed (Lockheed) diseña es sistema de frenos hidráulico por el que recibe 7 patentes entre 1917 y 1923.
- 1926: Se le asigna la patente de un sistema de asistencia de frenada por vacío a General Motors Corporation
- 1930: Los frenos hidráulicos se instauran como norma.
- 1936: Bosch patenta el sistema de antibloqueo de frenos (ABS)
- 1949: Crosley motors primer fabricante americano en montar frenos de disco.
- 1960: Distintos fabricantes reemplazan los frenos de tambor a frenos de disco.
- 1978: Bosch introduce un sistema electrónico de ABS, multicanal y para las cuatro ruedas.
- 1984: Tevis introduce una segunda versión del sistema de ABS.
- 1985: Distintos modelos de General Motors utilizan un asistente de frenada eléctrico.
- 1999: Distintas características se añaden al ABS de Tevis, entre las cuales se incluye el sistema de control de tracción, y control de estabilidad.



Ilustración 1 Wilhelm Maybach [24]



Ilustración 2 Spyker 60 [19]

1.5 Transferencia del peso durante la frenada

El esfuerzo de frenado, idealmente, debería distribuirse entre las ruedas delanteras y traseras según el peso que soporten, este peso varía según en que posición esté el motor, número y distribución de los ocupantes y del equipaje.

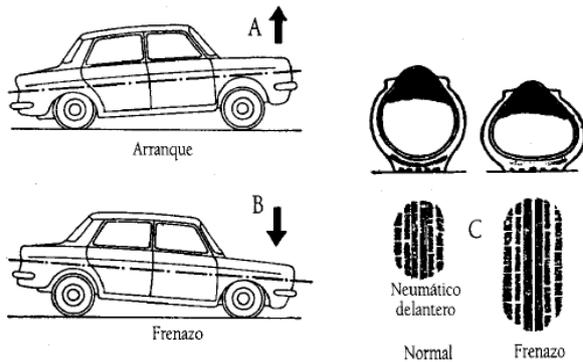


Ilustración 3 Reparto de frenada [1]

En la (Ilustración 3) se puede observar que al acelerar el vehículo tiende a cargar el peso en la parte trasera (A), en cambio, al frenar ocurre lo contrario, el peso se transfiere a la parte delantera y en la parte trasera se descarga. Según donde esté la carga, los neumáticos disponen de más agarre, ya que se aplastan como se puede observar en (C). Por ello los frenos se disponen de manera que actúen más intensamente en las ruedas

delanteras, ya que su mayor adherencia al suelo las aleja de sufrir un bloqueo. La frenada es eficaz mientras las ruedas no se bloqueen, es decir, mientras sigan girando las ruedas. No se debe olvidar que los frenos reducen la velocidad de las ruedas, pero realmente son los neumáticos los que detienen el vehículo. Si un exceso de frenado bloquea las ruedas, la cubierta deslizará sobre el pavimento, y por consiguiente la pérdida de control del vehículo.

Al dejar un vehículo por una pendiente con un eje bloqueado, y el otro eje que pueda girar se observara como el eje que está bloqueado tiende a quedar por delante.

Cuando se frena, como se ha explicado antes, el peso va hacia adelante y las ruedas traseras se aligeran, estas pierden adherencia y si la frenada es lo suficientemente fuerte se bloquean, ya que dicho agarre no es el suficiente para vencer el rozamiento, provocado por las pastillas/zapatillas en el disco/tambor. Por tanto, el coche tiende a irse de la parte trasera y perdiendo así el control de la dirección.

Por estos motivos explicados, conviene evitar un exceso de frenado en las ruedas traseras, ya que estas no lo soportan, resultando muy peligroso. En cambio, si por el contrario, un exceso en las ruedas delanteras podrá hacerlas patinar sin riesgo de coleo, porque ya se sitúan por delante. Para que las traseras no se bloqueen se han ideado varios sistemas, pero tienen un elevado coste y complicación para instalarse en todos los vehículos.

Sin embargo, algunos dispositivos más sencillos podrían aliviar problema, aportando más seguridad. El sistema de Renault, por ejemplo, consiste en una válvula reguladora, que cuando se pasa de un valor de presión determinado al frenar, vence un muelle de la válvula y esta cierra el paso del líquido, que sólo hará que aumente la presión en los frenos delanteros.

Una condición esencial que deben cumplir los frenos, es que la frenada debe ser idéntica para las ruedas de un mismo eje, ya que, si no el vehículo irá hacia el lado de la rueda que frene más resultando peligroso para una conducción segura.

2. Tipos de sistemas de frenado.

El objetivo principal del sistema de frenado es disminuir la velocidad del vehículo, reduciendo la velocidad de giro de las ruedas por medio de elementos que mediante fuerzas de rozamiento convierten la energía cinética en calor.

Los sistemas de frenado sirven para amplificar la fuerza que aplica el conductor sobre el pedal. Hay distintos tipos de sistemas para transmitir la fuerza aplicada al pedal hasta los frenos.

2.1 Sistema de frenado Mecánico

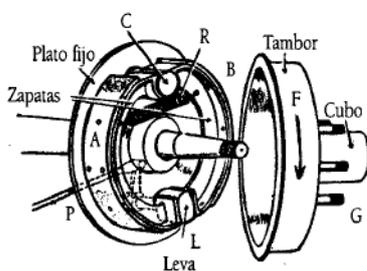


Ilustración 4 Freno Tambor [1]

El sistema de frenado mecánico es un sistema que apenas se utiliza para realizar la acción de frenado, se utiliza actualmente para los frenos de estacionamiento.

La acción mecánica sobre los frenos se realiza por un sistema de varillas y palancas que desde el pedal acciona las levas, este sistema era muy complicado y precisaba frecuentes ajustes; por ello fue sustituido por un sistema de cables, de ajuste y mantenimiento más sencillo.

En la (Ilustración 5) el pedal (P) hace girar, por medio de una varilla, el eje transversal (T) con palancas en sus extremos, a las que se sujetan los cables accionadores de las levas. Pasan por las guías (E), que los llevan guiados, por dentro de fundas flexibles de acero, hasta las palancas giratorias de las levas. Las guías (E) suelen tener engrasador, si no lo llevasen, una vez al año se tendría que realizar el mantenimiento, desmontándolas y echando aceite espeso o grasa caliente por dentro de las fundas. El pedal de freno tiene un resorte que lo devuelve a su posición de reposo, contra un tope (D), cuando esta deja de pisarse.

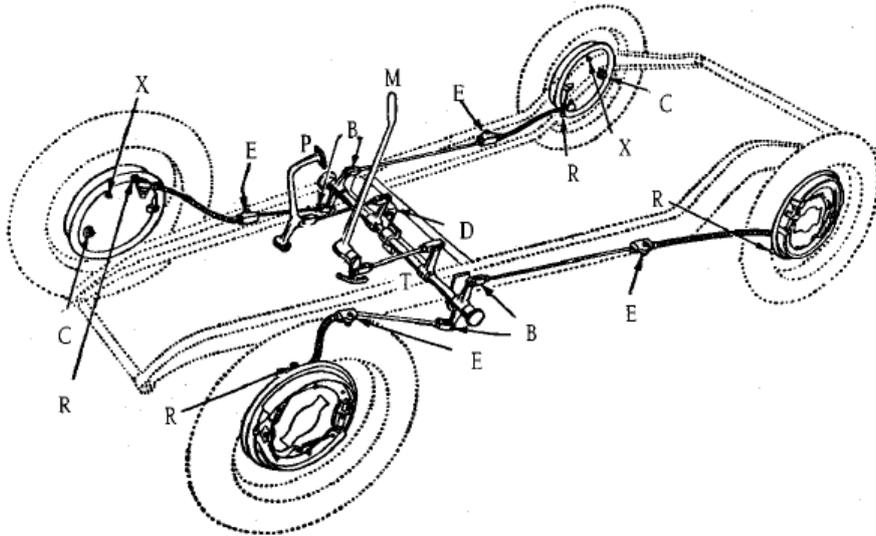


Ilustración 5 Sistema de frenos mecánico [1]

2.2 Sistema de frenado Hidráulico

Actualmente es el sistema más utilizado en los automóviles, debido a que los líquidos son prácticamente incompresibles y mediante el principio de Pascal el sistema hidráulico amplifica la fuerza aplicada por el conductor sobre el pedal, transmitiéndose a los frenos para lograr detener el vehículo.

Con el sistema de frenos mecánico se necesita una bien estudiada organización de palancas y cables, para llevar la fuerza hasta cada freno, de manera que no interfiera en el momento de giro de las ruedas. El sistema hidráulico tiene la facilidad de organizarse mejor, ya que los tubos (T) pueden tener las curvas y codos que sean necesarios y con la posibilidad de ser flexibles, por lo tanto, se adaptan mucho más fácil a los giros de las ruedas, y a las variaciones de la suspensión.

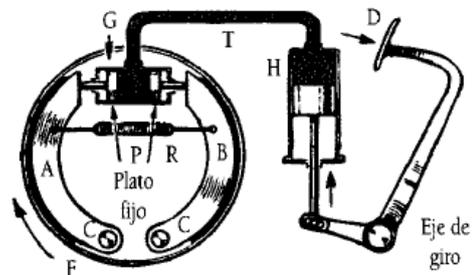


Ilustración 6 Ejemplo sistema hidráulico [1]

Para multiplicar el esfuerzo aplicado por el conductor al pedal, solo se realiza un procedimiento mecánico para el movimiento de la palanca de la (Ilustración 7), si el brazo de fuerza P es, seis veces mayor que el punto de aplicación (A), la fuerza se multiplica por seis, debido a que el recorrido de (A) es seis veces menor que el de (P). Este mecanismo de palanca ocupa espacio, requiere articulaciones y ejes, y resulta más complicado en organización y mantenimiento que el sistema hidráulico. En la

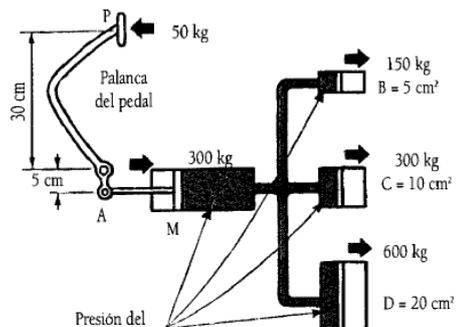


Ilustración 7 Esquema multiplicador hidráulico [1]

(Ilustración 7) se observa el efecto multiplicador provocado por la diferencia de superficie de los émbolos, doblando la superficie, se consigue el doble de fuerza aplicada en el émbolo (D).

Por ello, este sistema es el más utilizado actualmente debido a su gran versatilidad y eficiencia. En la (Ilustración 8) el pedal (A) mueve un pistón dentro de un cilindro (D) sumergido en un pequeño depósito (C) medio lleno de un líquido especial, a base de aceite o de alcohol y aceite, o de glicerina; el cilindro comunica con el depósito por un pequeño orificio. Cuando se acciona el pedal, el pistón tapa primero el orificio y luego empuja el líquido por las tuberías (E) y (F) hasta llegar a los cilindros (G) delanteros y (H) de los traseros: la presión ejercida por el fluido separa los émbolos que van articulados a las zapatas, y estas oprimen contra los tambores, en caso de ser frenos de tambor. Al soltar el pedal, su resorte lo trae a la posición de reposo, haciendo retroceder el pistón del cilindro (D), con lo que el líquido retorna y los muelles de las zapatas juntan de nuevo estas, ya que el líquido deja de ejercer presión. El freno de mano (B) actúa mecánicamente, sobre las levas suplementarias (K) colocadas en las ruedas posteriores.

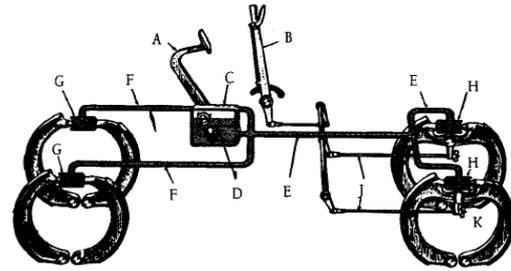


Ilustración 8 Esquema circuito hidráulico [1]

En la (Ilustración 9) se detalla una instalación de un sistema de frenado hidráulico con frenos de tambor. El pedal (P) empuja la varilla (1) y émbolo (13) del cilindro maestro (C). En este caso el depósito líquido (3) está separado y tiene su tapón de relleno.

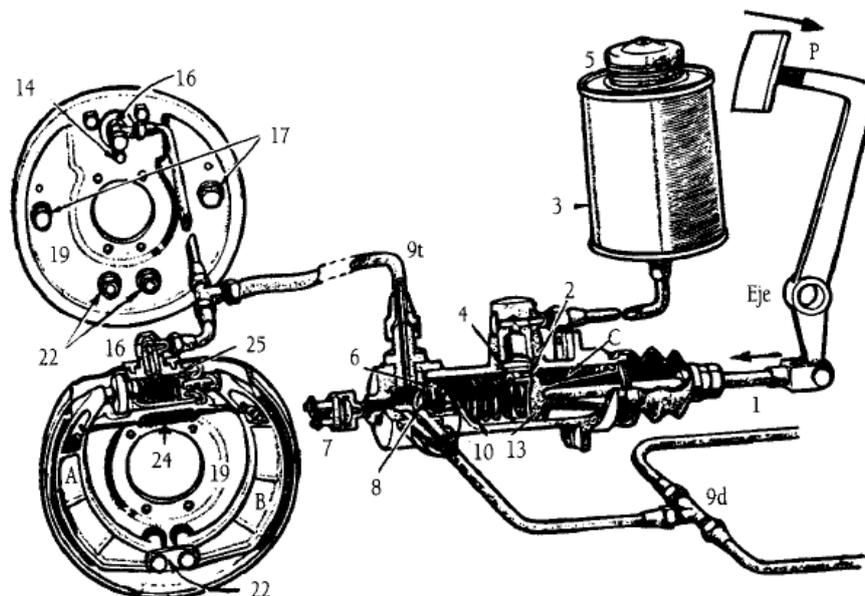


Ilustración 9 Ejemplo de circuito Hidráulico [1]

Los orificios de paso, principal (2) y compensador (4), comunican (3) con el cilindro. El muelle (10) se encuentra entre el émbolo (13) y la válvula grande de retorno (6), siendo esta la que contiene la válvula de salida (8). Los conductos de paso a los frenos son: (9t) a los traseros, y (9d)

a los delanteros. En los frenos, las zapatas (A) y (B) están atraídas por el muelle (24) y son separadas cuando llega el líquido comprimido entre los pistones de los cilindros de freno; aquéllas se separan presionando las zapatas contra el tambor que las rodea. El plato fijo porta-freno (19); las zapatas están articuladas en (22), su reglaje se efectúa mediante las tuercas excéntricas interiores (17).

Otras instalaciones montan un cilindro con dos émbolos que actúan independientemente en los frenos delanteros y traseros. De esta manera en caso de avería en los frenos delanteros, por ejemplo, siguen actuando los traseros con toda la potencia de frenado, y viceversa.

2.3 Sistema de frenado neumático o de aire comprimido

Para vehículos de gran tamaño los sistemas tanto mecánico como hidráulico requieren de una gran fuerza de aplicación. Una solución es el uso de aire comprimido a unos cinco Kg. de presión almacenado en un depósito de aire comprimido.

En la (Ilustración 10) inferior está representada una instalación del sistema de frenos por aire comprimido. Un compresor de aire (B), colocado a un costado del motor y movido por una correa o cadena, aspira el aire a través de un filtro (A), lo comprime y lo envía a uno o dos depósitos (F), para almacenarlo. Una válvula reguladora de presión (C) se encarga de extraer aire cuando este pasa de una presión de cinco Kg.

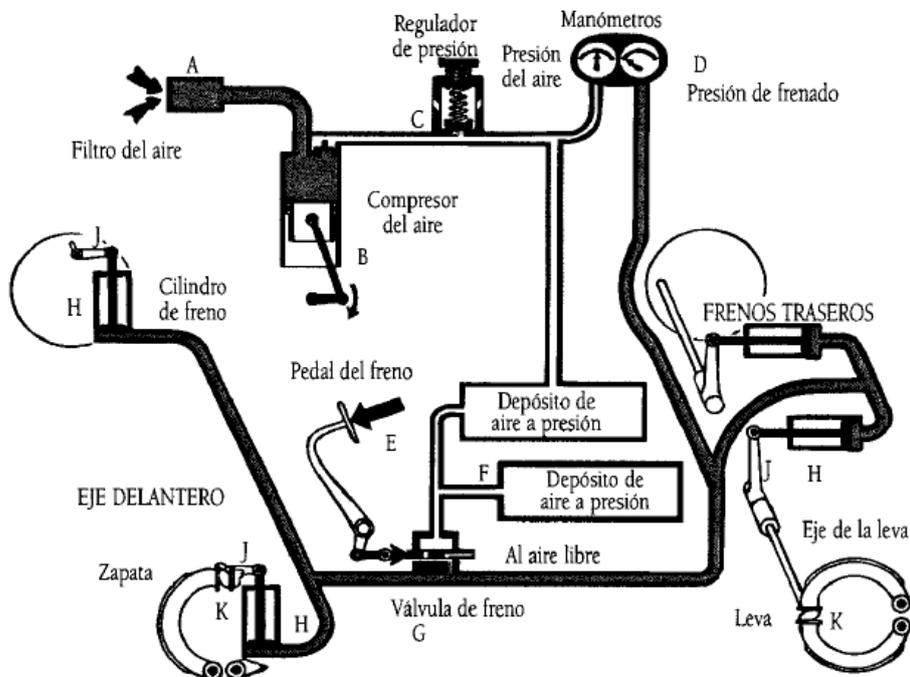


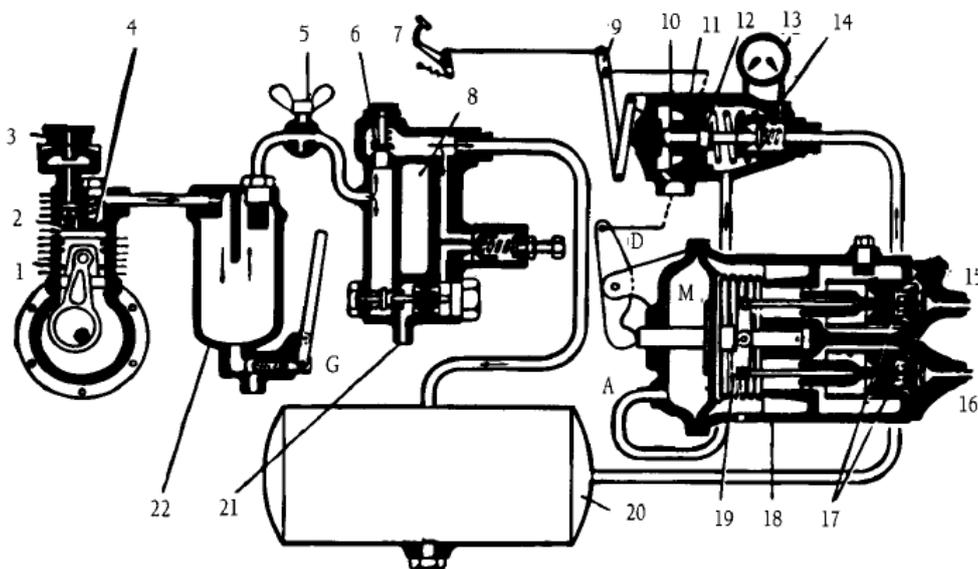
Ilustración 10 Instalación de aire comprimido [1]

El pedal de freno mueve la corredera de la válvula de freno (G); cuando éste pisa, la corredera deja pasar el aire comprimido a las tuberías que lo llevan hasta los cilindros de freno (H), en los

que desplaza el pistón de mando de la palanca (J) que gira la leva (K) separadora de las zapatas. Al dejar de frenar, la corredera de la válvula de freno corta el paso del aire y pone en comunicación las tuberías con el aire exterior, con lo que se descargan los cilindros de freno, sus pistones regresan a su posición de reposo y las levas dejan de apretar las zapatas. Un manómetro doble (D) indica al conductor la presión del aire de los depósitos y, cuando frena la presión de trabajo ejercida en las tuberías y cilindros de freno.

Una ventaja de este sistema de frenado, es que se puede utilizar para inflar los neumáticos, con una pequeña modificación en la instalación.

En la (Ilustración 11) inferior podemos observar una instalación común Westinghouse. Cuyos componentes y funcionamiento se detallan en la leyenda.



Instalación Westinghouse de aire comprimido para accionamiento de los frenos hidráulicos.

- | | | |
|---|--|--|
| 1. Compresor. | 10. Válvula de freno. | balancín compensador 19, las dos bombas hidráulicas de los frenos. |
| 2. Válvula de admisión. | 11. Contra-émbolo. | 20. Depósito de aire a presión. |
| 3. Filtro de aire. | 12. Salida del aire de 10. | 21. Depurador del aire comprimido con purga del agua y aceite condensados por G. |
| 4. Válvula de salida. | 13. Manómetros. | |
| 5. Llave de paso. | 14. Entrada de aire a 10. | |
| 6. Válvula de retención del aire comprimido. | 15-16. Salida del líquido a presión a los frenos hidráulicos delanteros y traseros. | |
| 7. Pedal de freno. | 17. Válvula del cilindro de mando hidráulico. | |
| 8. Regulador de presión con válvulas de limitación y seguridad (escape por 21). | 18. Cilindros de mando de los frenos: A, llegada del aire a presión que desplaza la membrana M para accionar, a través del | |
| 9. Palanca intermedia de la válvula de freno 10. | | |

Ilustración 11 Instalación Westinghouse [1]

2.4 Sistema de frenado de potencia asistida

A medida que los vehículos ganaban peso y potencia, el conductor debía realizar más fuerza para frenar, es entonces cuando se dio paso a los frenos de potencia asistida o servofrenos para ayudar al conductor en la acción de frenado.

El servofreno es un sistema que funciona por medio del vacío generado en el colector de admisión del propio motor del vehículo o por medio de un sistema hidráulico. En los motores de ciclo de Otto, el vacío generado por estos es suficiente para el funcionamiento del servofreno, pero en los motores Diesel, se necesita una bomba de vacío auxiliar, ya que la depresión reinante en el colector de admisión no es suficiente.

En los automóviles se utilizan principalmente dos tipos de servofreno, que utilizan un sistema mixto vacío-hidráulico: el “Hidrovac” instalado entre la bomba de frenos y los cilindros receptores, y el “Mastervac” que se instala entre el pedal de freno y la bomba. Ambos sistemas tienen que seguir funcionando en caso de fallo de éste. En caso de avería del servo, los frenos se accionan únicamente por la fuerza del conductor sobre el pedal.

2.4.1 Servofrenos Hidrovac

La ventaja principal de este servofreno es que se puede ubicar en cualquier parte del vehículo, ya que puede ser accionado hidráulicamente a distancia. Este conjunto está constituido por tres elementos básicos de funcionamiento, formados por: un cilindro hidráulico, un cuerpo de vacío y una válvula de control. (Ilustración 12)

www.mecanicavirtual.org

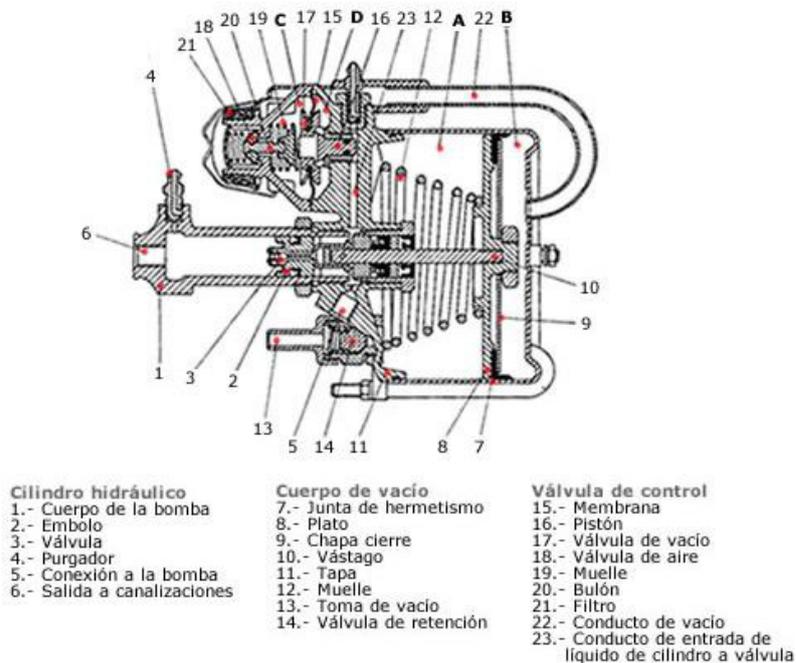


Ilustración 12 Servofreno Hidrovac [2]

El cilindro hidráulico está formado por el cuerpo de la bomba, que se comunica con la válvula de control por el conducto (23), y los orificios de entrada (5) y salida del líquido (6), procedente de la bomba principal de frenos, dirigiéndose a las canalizaciones de las ruedas. Por su interior

se desplaza un émbolo (2) unido mecánicamente, por medio del vástago (10), al plato (8) situado en el cuerpo de vacío, que se mantienen en su posición de reposo pro medio del muelle (12) situado en la parte anterior del plato.

El cuerpo de vacío, formado de chapa y cerrado de manera hermética, lleva en su interior al plato (8) que hace de la función de émbolo y separa herméticamente las dos cámaras de vacío (A) y (B) por medio de la junta (7). Estas dos cámaras se comunican con la toma de vacío a través de la válvula de control.

La válvula de control está formada por un cuervo de válvulas unido con tornillos a la tapa (11) del cuerpo de vacío. En su interior se forman dos cámaras (C) y (D), separadas por una membrana (15), que se comunican a través de una válvula (17) que se encuentra unida al pistón (16) accionado por el líquido de frenos. Las dos cámaras se comunican a su vez con la toma de vacío y con las cámaras formadas en el cuerpo de vacío. La válvula (18) pone en comunicación la parte superior del cuerpo de válvulas con el aire exterior a través de un filtro (21) y se mantiene cerrada en su posición de reposo gracias a la acción del muelle (19).

El funcionamiento se explicará en dos posiciones, posición de reposo y posición de frenado.

En la posición de reposo (Ilustración 13) el plato (8) y el pistón (2) se encuentran situados, debido a la acción del muelle (12), en la parte posterior del servofreno, mientras que la cámara anterior (A) y posterior (B) del cuerpo de vacío se encuentran sometidas a la depresión creada por el vacío interno en ellas. En esta posición, el circuito hidráulico procedente de la bomba que llega al circuito hidráulico del servofreno, pasa por el interior del pistón (2) a través de la válvula (3), situada en él, y que permanece abierta por la presión del líquido a las canalizaciones de las ruedas. De esta manera, si se produce una avería en el servofreno o fallos en el circuito de vacío que impide el funcionamiento del mismo, el sistema hidráulico queda establecido a través del émbolo, funcionando, en este caso, como un sistema simple sin el servofreno.

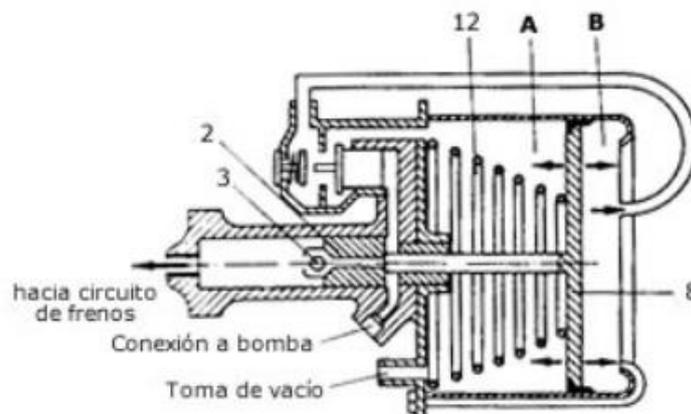


Ilustración 13 Hidrovac Posición de reposo [2]

En la posición de frenado (Ilustración 14) el líquido a presión, procedente de la bomba, entra por el orificio (5), pasa por el conducto (23) y actúa sobre el émbolo (16) de la válvula de control,

que cierra la válvula (17) incomunicando las dos cámaras de la válvula (C) y (D). A su vez abre la válvula de aire (18) pasando éste a la cámara posterior (B) del cuerpo de vacío, a través del conducto (22), mientras la cámara anterior (A) sigue sometida al vacío. La depresión existente en la cámara anterior (A), ayudada por la presión atmosférica, al entrar en la cámara posterior (B), hace avanzar al plato (8) en el sentido indicado, desplaza el pistón (2) del cilindro hidráulico que cierra la válvula e impulsa el líquido a presión hacia los bombines de las ruedas. Se puede observar, sobre el émbolo del cilindro hidráulico actúan la fuerza de empuje del servofreno y la presión del líquido transmitido por la bomba, por lo que la presión total de salida del líquido hacia los bombines de las ruedas es la suma de ambos efectos.

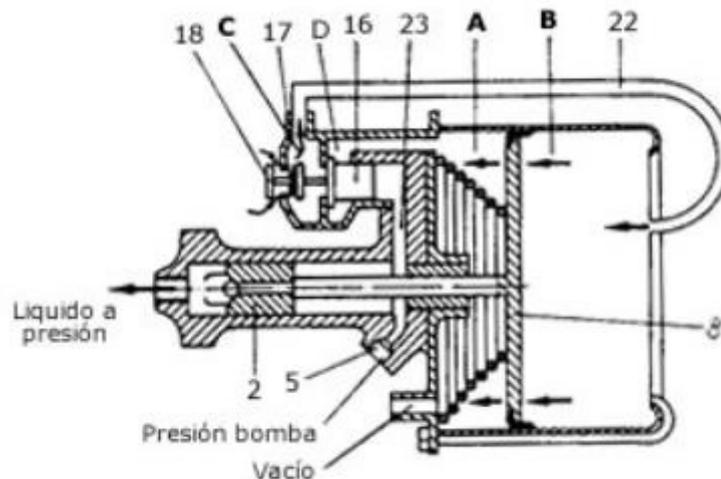


Ilustración 14 Hidrovac Posición de frenado [2]

En la (Ilustración 15) se pueden ver las curvas de presión de frenado, “Con” o “Sin” servofreno para una misma fuerza ejercida sobre el pedal de freno. En la gráfica podemos destacar tres zonas de funcionamiento:

- Presión comprendida entre 0 y 6 kp/cm^2 , que resulta ser presión mínima de funcionamiento del servo, la válvula de control no actúa y la presión transmitida a los bombines de las ruedas es la suministrada por la bomba.
- Presión comprendida entre 6 y 25 kp/cm^2 , la presión de salida a las canalizaciones es la correspondiente a la acción combinada del servofreno y la bomba, cuyos esfuerzos se suman aumentando progresivamente.
- Presiones superiores a los 25 kp/cm^2 , las líneas siguen paralelas, ya que el servo no transmite más presión por haber llegado al límite máximo de vacío.

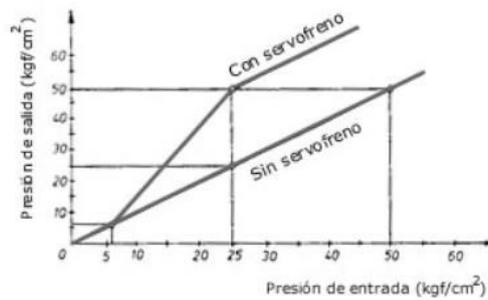


Ilustración 15 Comparativa "con" o "sin" servofreno [2]

2.4.2 Servofrenos Mastervac

Este sistema se emplea cuando las condiciones de la instalación lo permiten. Simplificando así la instalación al ir unida la bomba y el pedal de freno al servofreno (Ilustración 16). Como en el sistema Hidrovac, la depresión actúa en el interior de su cilindro de depresión en la situación de reposo, penetrando aire a la depresión atmosférica solo durante el frenado. El vástago (1) se une al pedal del freno (15) y el vástago (11) empuja al pistón del cilindro principal (10) que va acoplado al servofreno. Las partes principales de este mecanismo son, una cámara de vacío, una válvula de control, y un cilindro principal o bomba.

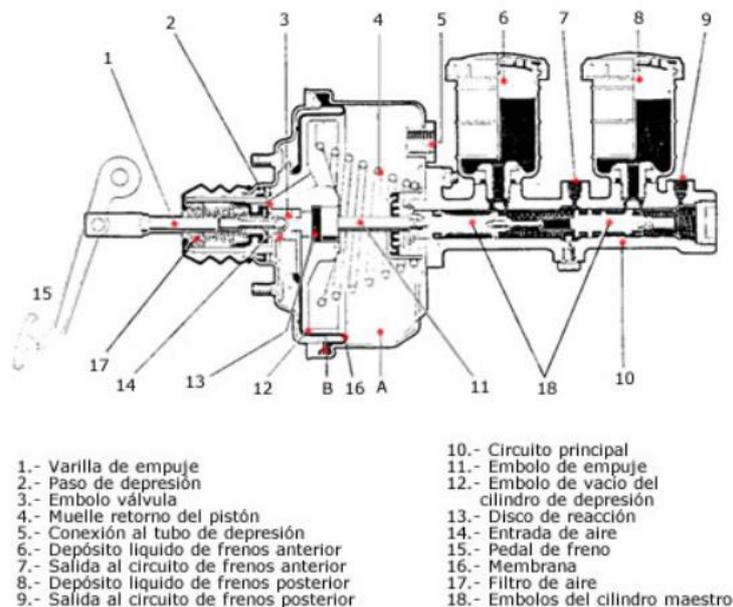


Ilustración 16 Esquema interno del servofreno Mastervac [2]

Cuando el vehículo se encuentra en marcha y los frenos en reposo (Ilustración 17) la depresión obtenida por el colector de admisión se transmite por las cámaras (A) y (B) a través del émbolo de vacío (12) y de la válvula de control.

Con la válvula en la posición de reposo el orificio (14) de paso al aire a la presión atmosférica está cerrado y el orificio (2) de entrada a de la depresión a través del émbolo de vacío está abierto, permitiendo así el paso de la depresión de la cámara (A) a la (B). La membrana (16) del émbolo de vacío (12) está entonces equilibrada por el vacío y a la vez es mantenida en la posición de reposo por el resorte de retroceso (4).

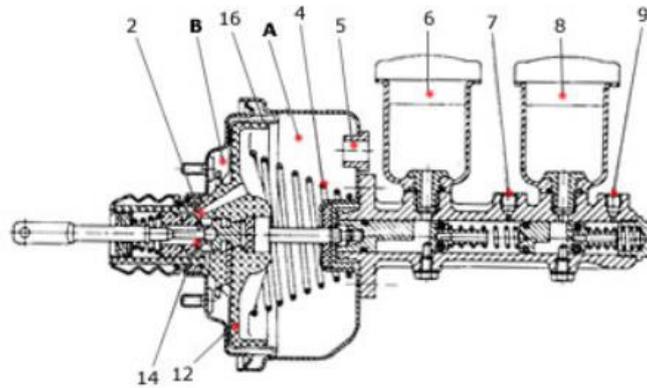


Ilustración 17 Mastervac Posición de reposo [2]

Cuando se accionan los frenos (Ilustración 18), la varilla de empuje (1) y el émbolo válvula (3) se desplazan hacia la derecha, dentro del émbolo de vacío (12), cerrando el orificio (2) de comunicación de la depresión y abriendo al mismo tiempo el de entrada de presión atmosférica (14), lo que permita la entrada de aire en la parte izquierda del émbolo de vacío o cámara (B), a través del filtro de aire (17) y de válvula de control. AL existir depresión en la parte derecha (cámara A) y presión en la parte izquierda (cámara B) de la cámara de vacío, se produce un desequilibrio que empuja hacia la derecha al émbolo de vacío (12), al vástago de empuje (11) del cilindro principal (10) y al émbolo que, a su vez, produce una fuerte presión en todo el circuito de frenos. Durante la aplicación de la presión hidráulica por el cilindro principal, una fuerza de reacción actúa, por medio del vástago de empuje (1) y del disco de reacción (13), sobre el émbolo válvula (3), que tiende a cerrar el paso de entrada de la presión atmosférica y abrir la comunicación de vacío. Como esta fuerza está en oposición a la fuerza aplicada sobre el pedal de freno por el conductor, permite regular y medir la fuerza aplicada a los frenos. La fuerza de reacción es proporcional a la presión hidráulica existente en el circuito de frenos.

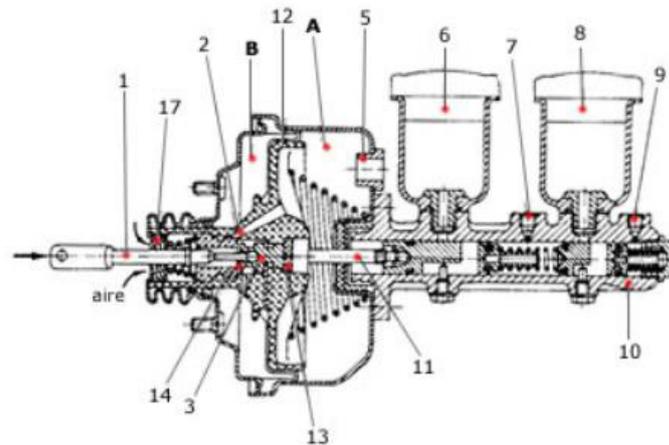


Ilustración 18 Mastervac Posición de frenado [2]

2.5 Sistema de frenado eléctrico

En la época de la segunda guerra mundial se desarrolló un sistema de frenado eléctrico para aplicarse en grandes vehículos militares.

Tanto el sistema mecánico como el hidráulico, se sustituyen por el sistema Warner, una corriente eléctrica que, dentro de cada tambor de freno, activa un electroimán que acciona la leva de separación de zapatas.

Algo más usado es el “ralentizador” eléctrico, que se aplica de manera habitual en vehículos pesados, y más recientemente en vehículos ligeros. El Telma se intercala en el árbol de transmisión. Su funcionamiento se basa en el principio de creación de corrientes que nacen de un metal conductor, cuando este se encuentra expuesto a corrientes magnéticas variables, o de “Foucault”. En la práctica, el estator crea un campo magnético fijo; el movimiento de los rotores unidos al eje de arrastre a frenar, lo que produce la variación.

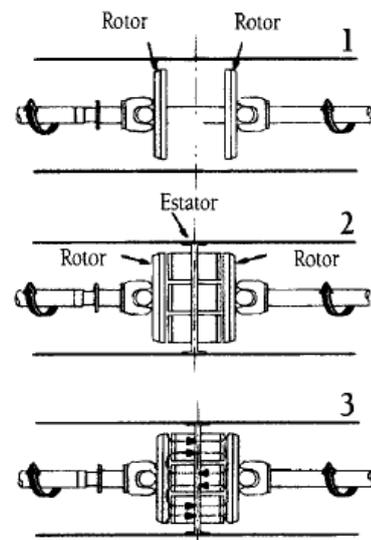


Ilustración 19 Ejemplo Telma [1]

La (Ilustración 19) muestra el principio de funcionamiento. En (1) se observa la línea de transmisión sobre la que giran dos discos solidarios, los rotores; fijado al chasis (2) el estator está situado entre los rotores, ejerciendo de soporte de las bobinas cuyas polaridades están alternadas; cuando la corriente circula por las bobinas (3), se crea un campo magnético que atraviesa los rotores; dicho campo genera las corrientes de “Foucault” y una fuerza magnética que se opone a la rotación de los rotores, haciendo que se reduzca la velocidad del árbol de transmisión. Estos rotores llevan aletas para disipar el calor generado.

2.6 Sistema de freno de mano

El sistema de freno de mano, conocido también como freno de estacionamiento, actúa mecánicamente sobre las ruedas traseras del vehículo por medio de un sistema de varillas o cables, accionados por una palanca situada al alcance del conductor.

Como podemos observar en esta (Ilustración 20), ya usada con anterioridad, se acciona la palanca M, que realiza el mismo efecto que el pedal en el caso de los sistemas mecánicos, en cambio en el sistema hidráulico, accionaríamos un sistema mecánico independiente solo instalado en las ruedas posteriores.

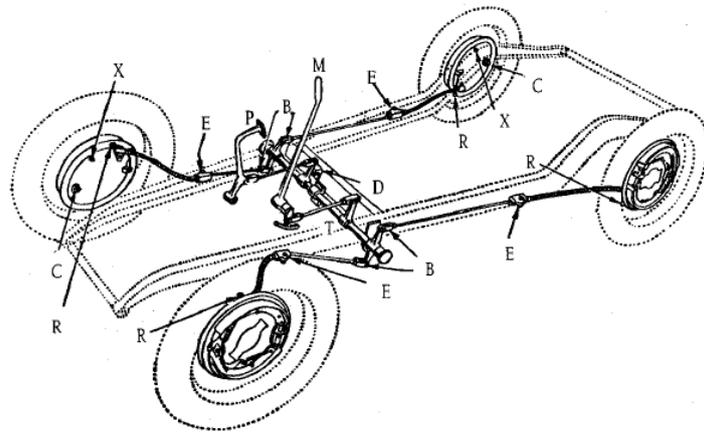


Ilustración 20 Sistema de frenos mecánico [1]

Otros vehículos, que están dotados de transmisión hidráulica, tienen una posición “P”, en la que se engranan dos velocidades a la vez, y estas quedan atrancadas sin posibilidad de movimiento.

3. Tipos de Frenos

Al igual que existen distintos sistemas de frenado, hay distintos tipos de frenos, los más utilizados actualmente, son los frenos de tambor y los frenos de disco. Aunque hay que decir que se está tendiendo a implementar los frenos de disco debido a su gran eficacia.

3.1 Freno de Tambor

El freno de tambor se inventó alrededor del 1900, es un freno que utiliza la fricción para realizar su función. Están formadas por un tambor giratorio situado en las ruedas del vehículo, y una parte fija, constituida por unas zapatas interiores A y B (Ilustración 21), forradas de amianto o de compuestos a base de fibra de vidrio, articuladas mediante un eje fijo C, sobre un plato-soporte solidario al chasis, en la parte inferior de las zapatas, la leva L, o un bombín hidráulico, esta se abre cuando se tira de la varilla P, en el caso del sistema mecánico, y aprieta las zapatas contra las paredes interiores del tambor F. Cuando se encuentran en reposo, es decir cuando no se frena, las zapatas oprimen la leva, o el bombín, por acción del resorte R, quedando separadas del tambor con la holgura necesaria.

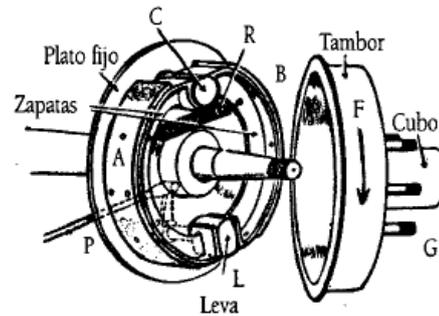


Ilustración 21 Freno de tambor [1]

3.1.1 Disposición de las zapatas

Existen distintas configuraciones para la disposición de las zapatas, la articulación C puede ser común a ambas, como en la (Ilustración 21) anterior, o cada zapata tener su articulación independiente (Ilustración 22). De cualquier modo, en cuanto se empieza frenar, la zapata roza contra el tambor, y esta es agarrada por el tambor, que la aplica contra sí mismo. Se produce un acuñamiento de la zapata sobre el tambor y la fuerza de fricción F se añade a la acción del separador L, de modo que hay cierto efecto de auto frenado. Por lo contrario, en la zapata B, se apoya en el separador oponiéndose a su acción, por lo que esta zapata frena menos que la A y se la denomina "secundaria". En la práctica está comprobado que la "primaria" frena unas tres veces más, en consecuencia, se desgasta en la misma proporción. Se intenta conseguir que ambas zapatas sean principales, mediante unos dispositivos.

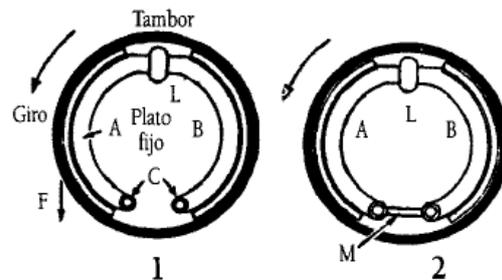


Ilustración 22 Disposición de las zapatas [1]

Hay diversas disposiciones que consiguen hacer ambas zapatas principales, ya sean sistemas hidráulicos o mecánicos. La más utilizada es la llamada “dúo-servo” (Ilustración 23), que sujeta las zapatas holgadas en un punto del plato, a la altura del separador L, dejándolas como flotantes, y las enlaza mediante la barra M. El efecto servo en la A se repite en la B por que M recibe el empuje desde la A y se presiona contra el tambor libremente. Otro modo de compensar la debilidad de frenado de la zapata secundaria, es aumentar el tamaño del pistón separador, debido a la propiedad hidráulica.

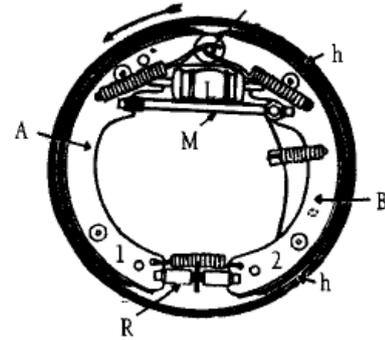


Ilustración 23 Sistema dúo-servo [1]

3.1.2 Tambores y zapatas de freno

En este tipo de frenos al funcionar mediante fricción, el tambor debe ser resistentes al desgaste y a las deformaciones por el calor desarrollado y la presión de apriete. El mejor material para esta tarea es la fundición centrífuga, en algunos casos el tambor se hace de acero por la parte exterior, y se forra la parte interior de la fundición, para que sea esta la que frote con el forro de las zapatas.

El freno está formado por el tambor móvil y la tapa fija en al que se encuentran las zapatas, la unión entre ambas (Ilustración 24) se organiza con unas pestañas P de modo que el agua no pueda entrar dentro del sistema. Ya que con el agua se reduce la capacidad de frenado, provoca la corrosión de los materiales.

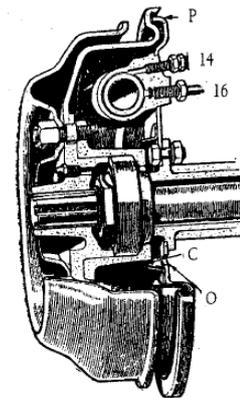


Ilustración 24 Tambor hidráulico [1]

El tambor muchas veces tiene la parte exterior nervada, para disipar el calor generado por el efecto de la fricción de las zapatas contra el tambor. Pese a esto acaban por calentarse en exceso, y el frotamiento va perdiendo agarre, y pueden llegar a fallar los frenos por “fading”. Para que el tambor disipe mejor el calor, estos se refrescan con una corriente de aire provocada por su propio giro, las bocas radiales actúan como aletas de una bomba centrífuga y provocan una corriente de aire que sale por ellas (Ilustración 25). En otras ocasiones se dirige mediante un canal guía.

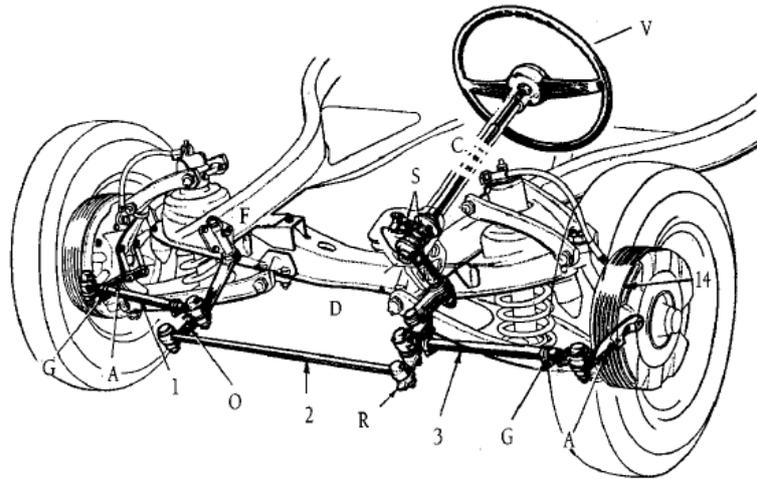


Ilustración 25 Ejemplo disipación de calor [1]

Los forros de freno, o ferodos, consisten en un tejido prensado de amianto o fibra de vidrio, algunas veces sobre armazón de hilos de latón y plomo, que se sujeta con remaches de latón, con cabeza embutida en el tejido para que no froten contra los tambores de fundición. La fundición no es igual en todos los automóviles, por ello conviene usar el forro adecuado a los tambores del vehículo para obtener el roce más conveniente. Al substituirlos cuando están desgastados, es recomendable poner la misma clase usada por el fabricante del automóvil.

Actualmente, los forros se moldean a presión, y se fijan adhiriéndolos a las zapatas, por medio de termo-plásticos. Este tipo de forros, aunque tienen menos agarre, tienen la ventaja de durar más, no suelen sufrir de "fading", es decir resisten a sobrecalentamientos fuertes, y son resistentes al agua. Otros modelos de zapatas, el forro se pega troceado, para que pueda circular aire entre ellos, y refrigerar mejor.

3.2 Freno de Disco

Se basan en el mismo principio que las pinzas sobre las llantas de la bicicleta (1), el cable acciona unas zapatas que oprimen la llanta de la rueda. Análogamente como se observa en la (Ilustración 26) en el automóvil (2) la presión hidráulica por H y J llega a los cilindros C, cuyos émbolos E se desplazan y oprimen las "pastillas" F sobre ambas caras del disco D.

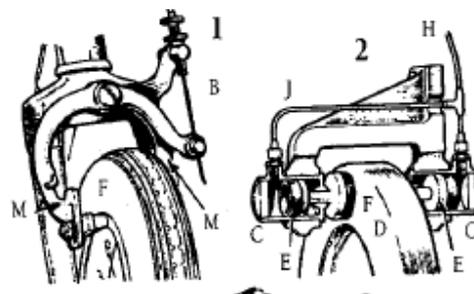


Ilustración 26 Comparación frenos bicicleta [1]

Llegamos al punto en el que las cubiertas tienen mayores secciones y proporcionan mayor superficie de apoyo en el suelo y, por tanto, más agarre de los neumáticos sobre el pavimento, con lo que los frenos pueden ser más potentes. Los tambores están llegando prácticamente a su límite debido al peso de los vehículos y las velocidades que pueden alcanzar los utilitarios, ya que se calientan mucho cuando se usan con insistencia.

Actualmente, la mayoría de los vehículos van dotados de frenos de disco muy parecidos a los discretos, se está normalizando instalarlos en las ruedas delanteras. Ya que con este tipo de frenos se disminuye notablemente el problema del “fading” comentado anteriormente.

Las ventajas de los frenos de disco frente a los de tambor:

- Gracias al equilibrio de las presiones en ambas caras del disco, no se realiza ningún tipo de reacción sobre el eje (delantero o trasero) del vehículo.
- La dilatación transversal bajo el efecto del aumento de temperatura tiende a disminuir el juego entre disco y pastillas, aunque sigue siendo menor que la dilatación radial en los frenos de tambor, lo que facilita el reglaje y simplifica los dispositivos de reglaje automático.
- Como hemos comentado con anterioridad los discos se encuentran al aire libre y, por ello su refrigeración es mucho mejor, retardándose la aparición del efecto fading.
- Los cilindros de frenado están situados en el exterior y son mejor refrigerados que en los frenos de tambor, resultando más difícil la aparición del fading por aumento de temperatura del líquido de frenos.
- Un ahorro en el peso total del vehículo, la substitución de los frenos de tambor por un sistema de frenos de disco puede llegar a suponer un ahorro de 100 kg en el peso total del vehículo.
- Mayor facilidad de mantenimiento y substitución de las pastillas.
- Nombramos también ciertas desventajas del montaje de frenos de disco:
- Menor eficacia de frenado debida a que las superficies rozantes son más pequeñas, lo que supone un aumento de la presión de mando, que se logra en la práctica haciendo mayor el diámetro de los cilindros receptores.
- El nivel de ruido es más elevado que en los frenos de tambor, dado que las presiones de aplicación de las superficies rozantes son mayores en los frenos de disco, lo que obliga a la utilización de materiales más duros.

3.2.1 Montajes del freno de disco

Existen distintos tipos de montaje, el montaje rígido (Ilustración 27) donde se observa que el disco D (3,4 y 5) gira solidario a la rueda, la mayor parte de este está al aire para que este refrigere mejor. Vemos que el disco esta comprendido entre los dos cuerpos del cilindro C, cuyos émbolos E oprimen contra el disco las pastillas F, cuando se mueven por la presión hidráulica, desde el pedal y la bomba, por H y J.

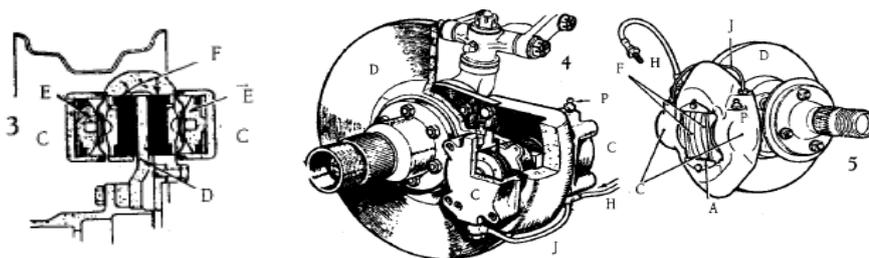


Ilustración 27 Frenos de disco [1]

Otro tipo de montaje sería el flotante, en la (Ilustración 28) podemos ver un freno de disco de la marca Lockheed con dos cilindros de apriete C por una cara del disco solidario a la rueda N. En este sistema la presión hidráulica H llega a los cilindros C (2) separa a un lado al émbolo E y al otro el fondo del cilindro (reacción R), el cuerpo de la pinza S es deslizante, de esto resulta que ambas pastillas F (2), se presionan contra ambas caras del disco D. Se observa que el efecto de frenado es el mismo que en la (ilustración 27) anterior, la diferencia está en el que la pinza-soporte es ligeramente desplazable, para así ahorrar los cilindros en la otra cara. En (3) podemos ver la forma que tienen las pastillas. Estas no tienen resortes para retornarlas a su posición de reposo, si no que quedan rozando ligeramente para poder entrar en acción cuando sea necesario.

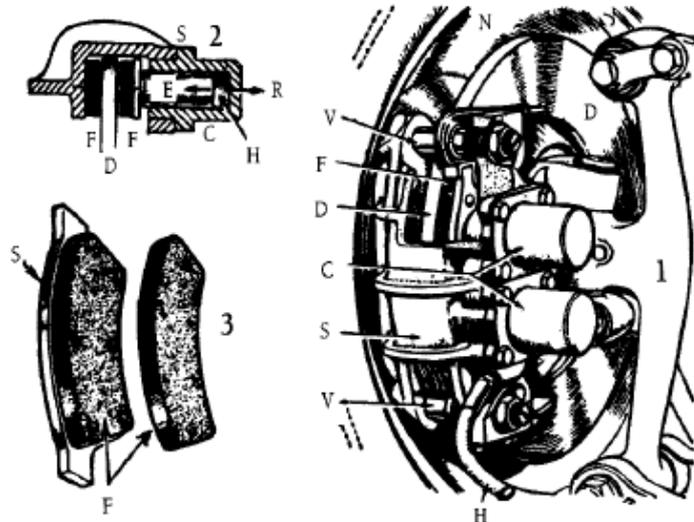


Ilustración 28 Frenos de disco flotantes [1]

En el sistema de frenos de disco flotantes, el primer movimiento obliga a la pastilla a presionar contra el disco por la acción del pistón E; al no poder avanzar más, la fuerza de reacción R, obliga a desplazarse a la pinza-soporte S, comprimiendo la segunda pastilla contra el disco. Otra manera es poner un segundo pistón en el lugar de la fuerza R.

En estos sistemas, las pastillas actúan de manera simétrica sobre las dos caras del disco, actualmente se tiene hacia un montaje asimétrico, así se consigue una mejora en la ventilación y se reducen las posibles vibraciones que se pueden producir al momento de frenar. Para mejorar la refrigeración se instalan discos ventilados, dotados de canalizaciones radiales por las que circula el aire, y también pistones huecos para la misma utilidad.

3.3 Innovación en el sistema de frenado

Los frenos al igual que los vehículos han ido sufriendo diversas evoluciones para mejorar la seguridad de los ocupantes del vehículo. Son sistemas que aun no se han implementado en todos los vehículos, y algunos son exclusivos de algunas marcas.

3.3.1 SBC

Actualmente los sistemas mecánicos en general de control del automóvil están siendo remplazados por sistemas "X-by-Wire". Este sistema determina los comandos del conductor a través de sensores, procesan la información electrónicamente, desplazamiento y velocidad de pisado del pedal de freno, y transmiten las órdenes a los actuadores, como lo hace ya en muchos automóviles el acelerador electrónico.

Bosch está trabajando intensamente en sistemas electrónicos en las áreas de dirección y frenado. Funciones de mejora, que sólo pueden ser creados con la interacción de diversos sistemas del vehículo. El concepto para el "Brake-By-Wire" es el freno electro-hidráulico SBC (Sensotronic Brake control). Desarrollado por Bosch en colaboración con Daimler Chrysler. Con el Frenado selectivo Sensotronic, las actuaciones del conductor sobre el pedal de freno, se convierten en impulsos eléctricos que se conducen a un microprocesador donde, en combinación con las señales emitidas simultáneamente por varios sensores, y dependiendo de la situación de conducción en ese momento, se calcula la presión óptima de frenado para cada rueda. El resultado es una mayor seguridad a la hora de frenar en curva o calzadas resbaladizas. Un depósito de alta presión y válvulas controladas electrónicamente se encargan de que la máxima presión de frenado pueda estar disponible mucho antes.

Por tanto, no se trata de un ABS de nueva generación, ni de un control de estabilidad más avanzado, sino de un sistema de frenado totalmente nuevo. Hasta ahora, era el propio conductor quien, de una manera directa, dosificaba la fuerza que se aplicaba sobre los frenos, aunque estuviese corregida por el ABS, el repartidor de frenada, o el servofreno de emergencia. En el SBC el conductor solo indica que tiene la intención de frenar. El pedal como se ha comentado antes, transforma esa intención en señales eléctricas (que informan sobre la velocidad de accionamiento y la presión ejercida en el pedal). Estas señales llegan al microprocesador, que calcula con qué fuerza debe, a través de un sistema hidráulico,

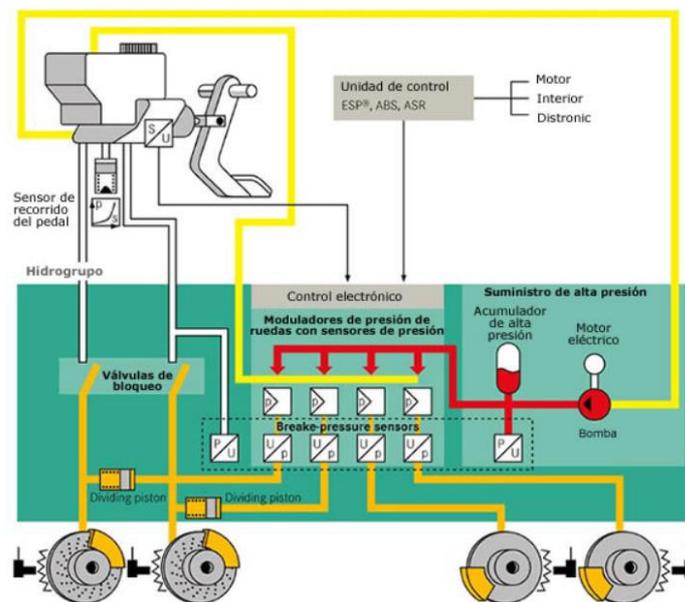


Ilustración 29 Esquema hidráulico del SBC [2]

actuar sobre cada una de las ruedas según la información que recibe de ellas, el giro del volante y la aceleración lateral. El pedal de freno se une a un cilindro donde unos sensores miden los cambios de presión y los convierten en impulsos eléctricos. Como el sistema necesita energía eléctrica, tiene que tener un sistema de emergencia, para actuar sin energía eléctrica, y el SBC

pasa al funcionamiento de emergencia y se establece un vínculo directo entre el pedal y los frenos delanteros para poder detener el vehículo.

En el Frenado Selectivo Sensotronic, un elevado número de componentes mecánicos son sustituidos por componentes eléctricos. En el futuro, el servofreno comentado anteriormente, ya no será necesario. En su lugar, los sensores medirán la presión del cilindro principal así como la rapidez con la que se acciona el pedal del freno y pasarán esta información a través del procesador mediante impulsos eléctricos. El mismo procesador, recibe información también de otros sistemas de ayuda como son el ABS, que conoce la velocidad de giro de las ruedas, mientras que del ESP recopila datos del ángulo girado por el volante, tipo de movimiento de giro del vehículo así como la aceleración transversal, y por supuesto la unidad de control de la transmisión envía datos sobre la velocidad y aceleración del coche. Con estos datos el microprocesador determina y aplica la presión de frenado que debe llegar a cada rueda. La propiedad que tiene el SBC es la de reconocer instantáneamente las intenciones de frenado del conductor y aplicar las fuerzas de frenado de manera óptima en cada rueda según la situación, como dato, se reduce un 3% la distancia de frenado a una velocidad de 120 km/h.

Este sistema no solo proporciona más seguridad en un frenado en línea recta, sino que también al frenar en curva. En este caso concreto es donde la distribución variable y particularizada de la fuerza de frenado en cada rueda presenta la mayor ventaja respecto al sistema convencional de frenado. Ya que en los sistemas tradicionales la presión que actúa sobre los frenos de las ruedas exteriores es igual al de las ruedas interiores, para cada eje, en cambio el SBC asigna presiones

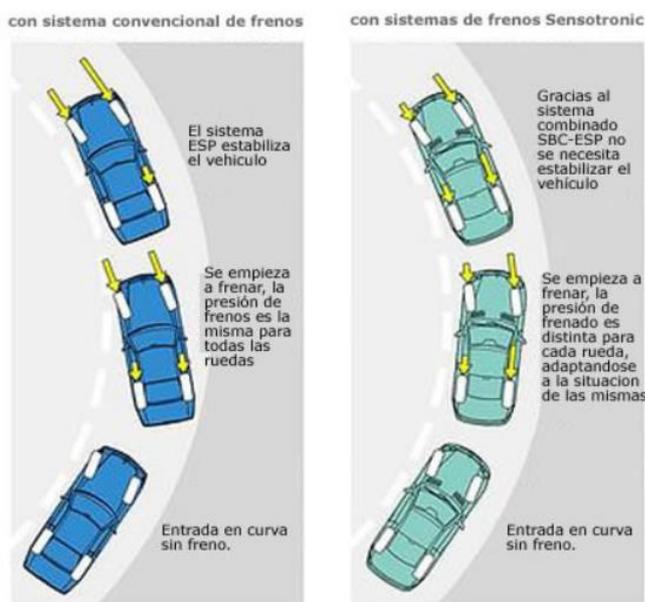


Ilustración 30 Ejemplo frenada con SBC [2]

de frenado distintas en cada rueda según crea conveniente. El SBC aumenta automáticamente la fuerza de frenado en las ruedas exteriores al viraje, dado que éstas soportan mayores fuerzas verticales y en consecuencia pueden transferir mayores fuerzas de frenado. En cambio, simultáneamente reduce la fuerza de frenado en las ruedas interiores para contrarrestar las elevadas fuerzas para permanecer en la trayectoria. El resultado es un frenado más estable, pudiendo seguir la trayectoria deseada (Ilustración 30).

Otras ventajas adicionales de estos frenos, que redundan en un aumento de la seguridad y también un mayor confort para el conductor. Entre ellas cabe destacar la función de los frenos secos. En situación de lluvia, o calzada mojada, el SBC manda impulsos eléctricos al procesador, que oprime durante brevísimos instantes las pastillas de freno sobre los discos a intervalos regulares. De esta manera se elimina

la película de agua sobre el disco y el frenado es más efectivo. Esta función se activa en cuanto el limpiaparabrisas se activa.

El SBC incorpora también la función denominada “ Ayuda en tráfico Lento”, que se activa con el mando del control de velocidad. La ventaja de esta función consiste en que al circular con mucho tráfico en ciudad, con frecuentes detenciones, el conductor puede prescindir de pisar el freno, ya que al levantar el pie del pedal del acelerador, el vehículo reducirá la velocidad frenando a una tasa de deceleración constante y predeterminada hasta detenerse o hasta volver a pisar el acelerador. Esta función solo está activa en velocidades inferiores a 60 km/h y se desactiva automáticamente por encima de ese valor. Esta ayuda está concebida para disminuir la fatiga del conductor y con ello aumentar la fatiga en los atascos.

En pendientes y cuestas, la función “ Ayuda a la arrancada” evita que el coche se vaya marcha atrás con solo una pisada breve de freno, sin necesidad de mantener pisado el pedal o utilizar el freno de mano. Para arrancar bastaría con pisar el acelerador.

La utilización de la electrónica en el frenado, abre nuevas y prometedoras posibilidades, se da un paso crucial para la realización del objetivo a medio plazo: el guiado automático de vehículos en el futuro con la ayuda de videocámaras, radares de proximidad y telemática avanzada. Para semejante guiado autónomo del vehículo los expertos necesitan como base un sistema de frenado controlado por microprocesador, que traduzca automáticamente las órdenes de un piloto automático y detenga el coche con total seguridad .



Ilustración 31 Partes del SBC [2]

3.3.2 KERS

Con la inminente llegada de los vehículos eléctricos se buscan distintas maneras de no gastar, o almacenar más energía. Una de ellas son los frenos regenerativos o KERS, es un sistema de recuperación de energía cinética que permite recuperar la energía que se genera en las frenadas para posteriormente ser empleada durante unos segundos.

Este sistema se comenzó a usar en 2009 en la Fórmula 1, donde la energía recuperada en la frenada y almacenada, se usa para que el monoplace tuviera más potencia momentáneamente. Apareció por dos razones, la imagen que quería dar la FIA sobre la responsabilidad que tenían con el medio ambiente y por la posibilidad de en un futuro poder instaurarlos en un vehículo. También por el afán de la FIA por aumentar el espectáculo facilitando los adelantamientos.

La frenada regenerativa no es ilimitada. Los vehículos han de llevar además frenos convencionales ya que en el caso de que las baterías se encuentren al 100% de su capacidad, más energía no podría ser acumulada. Por tanto si ocurriera esto sería imposible frenar el

vehículo. No obstante, los frenos regenerativos son frenos que funcionan mucho menos a lo largo de la vida útil del coche, por tanto su desgaste es mucho menor, y los intervalos de mantenimiento son mayores.

Esta tecnología se puede utilizar en cualquier tipo de vehículo, pero mayormente se utilizan en estos:

- Automoción (Ilustración 32): Empleado tanto en coches eléctricos como híbridos. Utilizando el motor eléctrico para el frenado se recargan las baterías. Esta energía puede posteriormente ser usada para los arranques, sistemas auxiliares o cuando el motor esta funcionando en modo eléctrico.



Ilustración 32 Esquema de frenado regenerativo [14]

- Transporte ferroviario (Ilustración 33): En este sector es donde se recupera la mayor cantidad de energía. Esto se debe a dos razones principalmente: las grandes masas de los trenes y las altas velocidades de estos. Se trata de un medio de transporte que suele estar conectado a la red eléctrica por lo que parte de la energía recuperada que no se aprovecha por el propio tren puede ser exportada a la red eléctrica.



Ilustración 33 Freno regenerativo de un tren [14]

Existen distintas formas de almacenar la energía de la frenada, como es el caso de las baterías si se trata de un KERS eléctrico o un volante de inercia, si es mecánico. También existe el KERS neumático, pero menos utilizado.

Respecto al funcionamiento, existen dos tipos de frenos de recuperación de energía, los reostáticos y los regenerativos. Los reostáticos, transforman la energía cinética en energía calorífica a través de la fricción. Esta energía calorífica se irradia al aire que refrigera las pastillas o el tambor, por lo tanto, se desperdicia.

En los coches eléctricos e híbridos, la energía cinética se convierte en eléctrica y se almacena en baterías, para su uso posterior. Existe una manera de transformar la energía cinética en eléctrica por medio de un giroscopio, que devuelve en el momento de acelerar parte de la frenada.

No obstante, cuando las baterías están llenas, el freno regenerativo no frena más el vehículo, teniendo que usar los frenos tradicionales para poder detener el vehículo sin peligro.

Los sistemas eléctricos usan un motor-generador incorporado en la transmisión del coche, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Una vez se haya convertido la energía, se almacena en una batería para posteriormente utilizarlo cuando sea necesario.

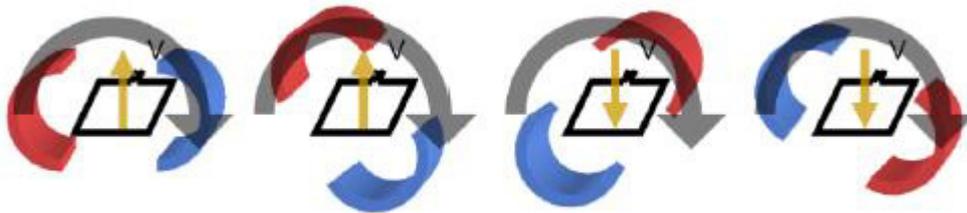


Ilustración 34 Campo magnético inducido [14]

Para explicar el funcionamiento del sistema, en la (Ilustración 34) se observan unas flechas azules y rojas que son los imanes, y una espira de color negro. Se coloca la espira en el centro y se hace girar a los imanes alrededor. Esto produce un campo magnético variable que a su vez produce un campo eléctrico en la espira.

Este es el principio básico del sistema eléctrico, explicado de una manera muy simple. Los imanes en este caso se conectan a las ruedas del coche, para que giren y la espira a una batería para que se acumule. A la vez que se produce el campo eléctrico, se produce una fuerza mecánica que se opone al giro. Esto es debido a que al circular corriente por la espira (debida al giro), la propia espira genera a su alrededor a un campo magnético. Por lo tanto, tenemos un “tercer imán” (campo magnético representado en amarillo).

La corriente en la espira siempre irá dirigida de manera que todos los polos del imán se opongan a la causa que creó la corriente, es decir, el imán trata de “equilibrar” la perturbación que lo creó. De esta manera, el imán va cambiando continuamente de polaridad según el giro de los imanes de manera que siempre atrae a los dos imanes en su movimiento, frenándolos. Si se deja hasta que los dos imanes se paren, toda la energía cinética se transformaría en energía eléctrica

en la espira. Esto es lo que ocurre en el KERS, al poner los imanes conectados a las ruedas girando alrededor de una espira que esta conectada a una batería, los imanes con las ruedas se frenan.

La espira del KERS, se introduce según lo que el conductor pise el pedal de freno. Si el conductor presiona el freno a fondo, la espira se introduce completamente entre los imanes consiguiendo el efecto máximo. En cambio, si lo presiona suavemente, el efecto será menor.

Finalmente, esta energía eléctrica se almacena en una batería para ser utilizada posteriormente. Por lo tanto, cuando el conductor frena con el KERS, carga las baterías, y cuando necesita más potencia, invierte el proceso, activando el motor eléctrico que suma su potencia al motor de combustión.

Este sistema para los vehículos convencionales, se puede utilizar la energía para cargar las baterías del sistema híbrido, o eléctrico, consiguiendo así una mayor autonomía.

3.3.3 *New Wheel* (Continental)

Una de las marcas más grandes de neumáticos Continental, dispone de una propuesta de un nuevo concepto de frenos para mejorar el frenado en vehículos eléctricos (Ilustración 35). Este



Ilustración 35 Frenos Continental [20]

sistema consta de una llanta formada por dos partes de aluminio, la que contiene el disco de freno con forma de estrella, y la parte exterior que sujeta el neumático y la estrella interior.

La diferencia con los frenos convencionales es que el diámetro del disco es mucho mayor, y beneficia al rendimiento de frenado.

Las ventajas de este sistema son al aportar un mayor diámetro se utilizan materiales como el aluminio, evitando así la formación de óxido (problema normal en los discos de hierro fundido). Este sistema aporta ligereza al conjunto, ya que al estar formada la rueda y el disco de aluminio se reduce notablemente el peso. Esto permite cambios más fáciles del neumático y de las pastillas de freno, haciendo que el disco no esté tan sujeto al desgaste. A mayor diámetro también otorga una mejor ventilación del conjunto, por lo tanto, se reduce también el efecto fading, causado por un excesivo frenado continuado.

4. Frenos de disco

4.1 Partes del sistema de frenos de disco

Anteriormente se ha comentado que había distintos montajes, frenos de pinza fija, y de pinza flotante las partes de estos son bastante similares con alguna pequeña diferencia, actualmente el sistema más utilizado es el de pinza flotante, debido a que es un sistema más silencioso y equilibrado, y atenúa el desgaste de las pastillas.

Este sistema (Ilustración 36) está constituido por la pinza de frenos (1), la cual se encuentra acoplada en el portapinzas (2) en las guías (3) fijadas por unos tornillos y protegidas de la suciedad por el guardapolvo (5). El portapinza, a su vez, va fijado al portamangueta mediante tornillos.

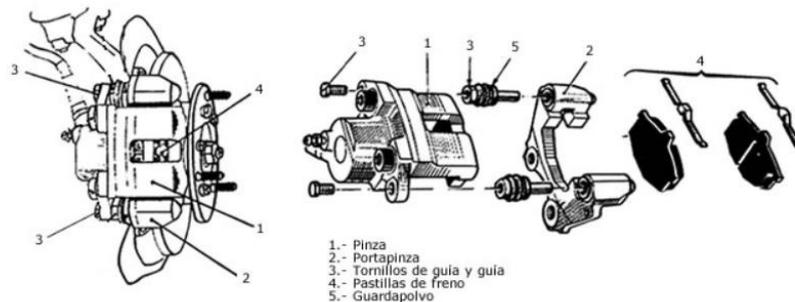


Ilustración 36 Despiece freno de disco de pinza flotante [2]

La presión del líquido enviado por la bomba de frenos produce que el pistón (7) (Ilustración 37) se desplace en el interior de la pinza (3), la pastilla de freno (4) se aplica contra el disco (5), mientras que la pinza es desplazada en sentido contrario aplicando la otra pastilla también contra el disco, produciéndose la acción de frenado. El movimiento de la pinza es posible gracias al montaje deslizante en los tornillos guía (2), que le permiten un cierto recorrido axial, equilibrando los esfuerzos en ambas caras del disco.

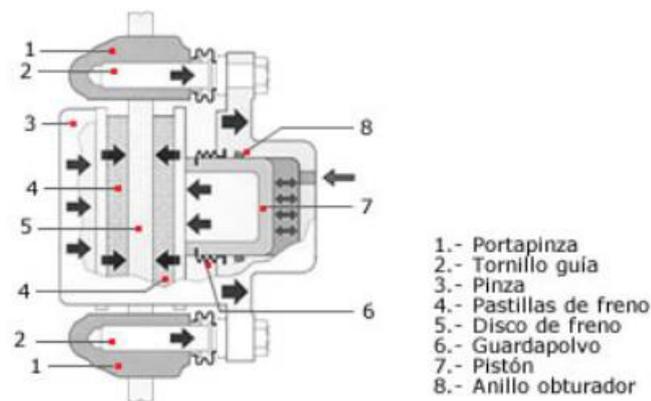


Ilustración 37 Esquema de funcionamiento [2]

Una de las partes más importante de los frenos de disco, es como su propio nombre indica el disco. También han ido evolucionando para mejorar su eficacia:

- Discos Macizos (Ilustración 38): Estos discos poseen una superficie de fricción sólida y lisa, no poseen ningún tipo de ventilación y son muy propensos a calentarse, a la suciedad y tienden a cristalizar las pastillas. Las ventajas de estos discos son ser económicos de fabricar.



Ilustración 38 Disco macizo [2]

- Discos Ventilados (Ilustración 39): La idea de los discos ventilados es como si se juntasen dos discos, pero dejando una separación entre ellos, de modo que circule aire a través de ellos, del centro hacia afuera. Con ello se consigue un mayor flujo de aire sobre los discos y por lo tanto más evacuación del calor.



Ilustración 39 Disco ventilado [2]

- Disco Perforados (Ilustración 40): Estos aumentan la superficie en contacto con el aire debido a las perforaciones, y además llevan aire fresco a las pastillas del freno evitando el calentamiento en exceso.



Ilustración 40 Disco perforado [2]

- Discos estriados: Se podrían incluir en los perforados, ya que la finalidad del estriado es mejorar la refrigeración de igual manera, además de limpiar la pastilla de polvo. La desventaja de estos es que se desgasta más rápido la pastilla en pro de una mejor y más efectiva frenada.

- Discos cerámicos (Ilustración 41): Los discos de frenos Carbo-Cerámicos, tienen sus orígenes en la industria de la aviación, y se utilizan actualmente en competiciones de automovilismo, y en algunos coches de muy altas prestaciones. Estos discos tienen un bajísimo peso, y un alto poder de frenado. Debido a su gran poder estructural evita roturas, y fallas a altas temperaturas. Su mayor desventaja es su elevado precio.



Ilustración 41 Disco cerámico [2]

Otra parte esencial de los frenos de disco son las pastillas de frenos, estas están diseñadas para provocar una alta fricción con el disco. El material del que estén compuestas determinará la duración, potencia de frenado y su comportamiento en condiciones adversas. Deben revisarse y sustituirse regularmente, y muchas actualmente ya tienen un sensor equipado para avisar de cuando es necesario reemplazarlas.

4.2 Geometrías del sistema de frenos de disco

La geometría de los frenos de disco es prácticamente la misma, es decir una superficie circular perfectamente plana. A continuación, se desglosa el freno de disco en varias partes:



Ilustración 42 Disco macizo [2]

La pista (Ilustración 43): es la superficie en la cual tiene lugar la acción de fricción entre las pastillas y el disco. Está dimensionada de manera que su potencia de disipación se acerque al valor de 250 W/cm², pero este valor depende del tipo de disco, ya que si es ventilado el valor de la potencia de disipación alcanza un valor de 750 W/cm². Por encima de esos valores, pueden aparecer daños en el disco, tales como deformaciones, grietas, depósitos de material que dañarían el disco de forma irreversible. En la ilustración () se observa la pista en naranja.

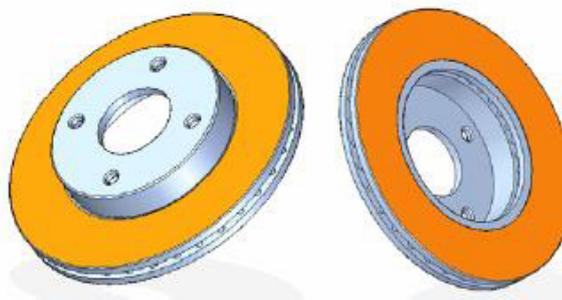


Ilustración 43 Pista [13]

Fijación (Ilustración 44): Esta situada en la parte central del disco y es donde se une con el eje del coche para que gire solidario a este. En la zona naranja se observa la fijación

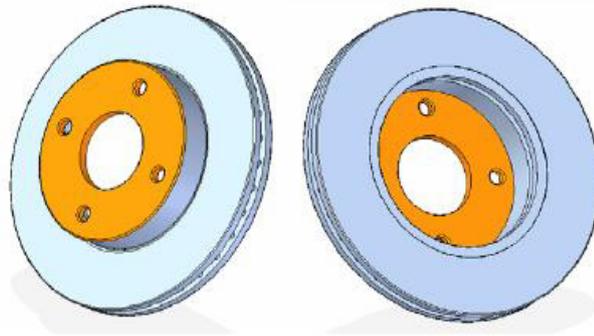


Ilustración 44 Fijación [13]

La campana (Ilustración 45): es el cilindro que une la banda, con el plano de fijación. En algunos modelos, el interior de la campana se aprovecha para montar un pequeño sistema de freno de tambor mecánico, con la finalidad de que sirva de freno de estacionamiento.

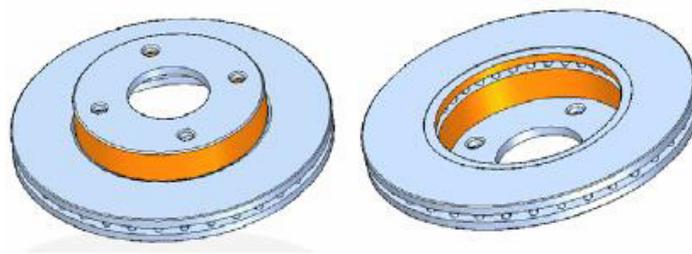


Ilustración 45 Campana [13]

El filtro térmico (Ilustración 46): Es un canal mecanizado, que separa la pista de la fijación, con la función de reducir el calor que va 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.

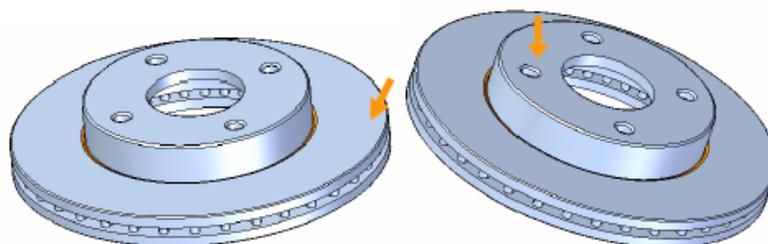


Ilustración 46 Filtro térmico [13]

La propia geometría del disco hace que sea posible la circulación del aire desde la campana hacia el exterior de la pista.

4.3 Materiales del sistema de frenos de disco

En los frenos de disco el material utilizado para los discos es la fundición gris nodular de grafito laminar, ya que garantiza una estabilidad de las prestaciones durante el ciclo de vida de los discos. En anterioridad también se ha comentado los discos carbono-cerámicos, utilizados en competición. Actualmente se están desarrollando discos de frenos de aluminio con una base de carburo de silicio, ya que se aligerarían de manera considerable, pero la mala disipación del calor que tienen los hace inviables de momento, ya que necesitan un sobredimensionamiento 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 como el silicio, el manganeso y otros garantizan la calidad del elemento principal junto a las pinzas, como es el disco. Estos componentes corresponden al 7% o 8% que resta de la composición.

Los discos carbono-cerámicos están compuestos a partir de un componente conocido como composite cerámico (carburo de silicio), extremadamente duro y resistente a la abrasión. En éste están integradas fibras de carbono altamente resistentes, las cuales absorben eficazmente las tensiones que se producen en el material.

A modo de información se puede observar una tabla comparativa de los discos convencionales respecto a los carbono-cerámicos (Tabla 1).

DISCO CARBONO-CERÁMICO	DISCO CONVENCIONAL
<ul style="list-style-type: none"> - Elevado poder de frenado - Peso reducido (50% menos) - Alta resistencia a grietas y roturas - Elevada durabilidad (300.000 kms) - Menor densidad (2,45 g/cm³) - Menor resistencia a la tracción (20-40 MPa) - Menor módulo de elasticidad (30 GPa) - Mayor resistencia a la flexión (50-80 MPa) - Menor alargamiento por rotura (0,3%) - Mayor resistencia al choque térmico (>27.000 Wm⁻¹) - Mayor estabilidad térmica (1350^º) - Mayor T^a de trabajo (900^º) - Menor coeficiente de dilatación (2,6-3 K) - Menor conductividad térmica (40 W m⁻¹K⁻¹) - Mayor calor específico (0,8 kJkg⁻¹K⁻¹) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor densidad (7,25 g/cm³) - Mayor resistencia a la tracción (200-250 MPa) - Mayor módulo de elasticidad (90-110GPa) - Mayor resistencia a la flexión (150-250 MPa) - Mayor alargamiento por rotura (0,3-0,8%) - Menor resistencia al choque térmico (<5400 Wm⁻¹) - Menor estabilidad térmica (aprox 700^º) - Menor t^a de trabajo (700^º) - Mayor coeficiente de dilatación (9-12 K) - Mayor conductividad térmica (54 W m⁻¹K⁻¹) - Menor calor específico (0,5 kJkg⁻¹K⁻¹)

Tabla 1 Tabla comparativa Carbono-Cerámicos con convencionales

Las pastillas de freno (Ilustración 47) son el otro elemento principal de los frenos de disco, ya que son las que provocan la reducción de la velocidad mediante la fricción, por tanto, tienen que estar hechas de un material que tenga un coeficiente de fricción alto, durabilidad, y que siga funcionando a altas temperaturas. La composición de las pastillas es, por tanto, bastante compleja, y cada fabricante tiene la suya propia y va variando. Se utilizan aproximadamente 250 materiales diferentes, y las pastillas de calidad utilizan entre 16 y 18 componentes.

Un ejemplo de composición para hacerse una idea.

- 20% Aglomerantes: Resina fenólica, caucho
- 10% Metales: Lana de acero, virutas de cobre, virutas de zinc, virutas de latón, polvo de aluminio
- 10% Fibra: Fibras de carbón, fibras orgánicas, lana mineral, fibras químicas
- 25% Material de relleno: Óxido de aluminio, óxido de hierro, sulfato sódico.
- 35% Deslizante: Grafito, sulfuro de cobre, sulfuro de antimonio.



Ilustración 47 Pastillas de frenos [2]

4.4 Procesos de fabricación

Como se ha comentado para los discos de freno se utiliza la fundición gris nodular, para ello se utilizan máquinas de moldeo vertical y horizontal que garantizan una gran precisión dimensional. El proceso ideal es realizar la colada con ayuda de equipos automáticos de fundición e inocular el chorro de colada durante el llenado del molde. El proceso de caja fría se utiliza como proceso de moldeo de machos en el mercado europeo. Se emplean machos pintados para garantizar que la superficie de los contornos de las piezas sea de la máxima calidad. Las desventajas de este método de fabricación es la formación insuficiente de grafito, los rechupes, la microporosidad, el veteado y los defectos de gas.

La formación de grafito en el material influye en gran medida en el comportamiento del disco de freno. Las desviaciones importantes de los niveles deseados de grafito tipo A, unidas a láminas de grafito más cortas, pueden derivar en un bajo comportamiento tribológico (interacción entre las pistas de frenado, la pastilla de freno, la geometría del disco y las condiciones de frenado), así como en un aumento de la carga térmica del disco de freno.

Después de que el disco se haya fundido y enfriado en el molde, se traslada al centro de mecanizado para asegurar que cumple con las tolerancias prefijadas. Una vez verificadas las tolerancias, el disco pasa a la máquina de taladrado para la perforación de los agujeros. Cada disco fabricado se coloca en el equilibrador automático para asegurar el mejor rendimiento posible. El siguiente paso es pasar el disco a lo largo de la línea de limpieza automática. Ahora el disco está preparado para el revestimiento y el envasado final de protección. Finalmente, uno de los discos del lote realiza varias pruebas en el laboratorio, equipos de análisis de infrarrojo de carbono y de azufre, análisis de microestructura y el análisis de resistencia a tracción.

Para el caso de los discos carbocerámicos, el proceso de fabricación empieza rellenando un molde con fibras de un polímero llamado Poliacrilonitrilo o PAN. Después se inyecta en el molde una resina fenólica, cuando se endurece, se desmolda el disco, que en esta fase se denomina disco en verde.

Los discos en verde se pirolizan, se trata de calentarlos hasta que se eliminen, en forma de gas, el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno de la molécula de PAN y de la resina.

Después de esto los discos se introducen en un potente horno denominado autoclave junto con silicio, la matriz cerámica del disco. Se cierra el horno, se hace en su interior un "Alto Vacío" y se calienta a una temperatura cercana a la de la fusión del silicio, 1.414oC. El vacío en el interior del horno sirve para evaporar el silicio con mayor facilidad. El proceso dura una semana y media. El disco de carbono absorbe el silicio por sus poros, lo que garantiza su dureza y evita la aparición de fisuras.

El proceso de fabricación de las pastillas de freno se compone de diferentes fases, el proceso de mezclado, su misión es mezclar todos los componentes de forma homogénea. La siguiente fase es un proceso de prensado en caliente, se encarga de aglutinar los diferentes componentes, por una parte, con la presión se consigue una reducción del volumen, pero a su vez con la temperatura funde las resinas para que estas fluyan ligando los diferentes elementos. Después se realiza un proceso de curado, el cual tiene como misión la completa polimerización de las resinas, para conseguir una perfecta compactación del material. Por último, el Scorchado, el material se sube a temperaturas de 500 oC bajo la acción de una placa caliente. En ese último proceso se eliminan gran parte de materiales orgánicos aun existentes, el polímero (resina) se grafitiza y la pastilla de freno adquiere sus características definitivas.

4.5 Empresas fabricantes

Siendo el sector de la automoción uno de los más competitivos, es el mismo caso para los fabricantes de discos, deben adaptarse a las necesidades de las marcas y proporcionar productos de la mayor calidad al coste más bajo posible.

A continuación (Ilustración 48), vamos a nombrar a distintos fabricantes de discos de frenos, más importantes del mercado.



Akebono Brake Corporation



Bendix Commercial Vehicle Systems,
LLC



Brembo North America, Inc.



TRW



Hella Pagid



Haldex Brake Products Corporation



BOSCH

Bosch



ATE



Galfer

Ilustración 48 Fabricantes de frenos [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]

5. Mantenimiento

5.1 Defectos y fallos de los frenos de disco

Al ser uno de los sistemas principales de la seguridad activa, tienen que tener cierta revisión y se tienen que evitar los fallos para mayor seguridad. A continuación, se indicarán los problemas más frecuentes en las pastillas y los discos de freno, y que es lo que lo causa.

Cambios en el recorrido del pedal de freno: Si el recorrido es mayor al normal puede venir dado a que el líquido de frenos esté en mal estado, que exista una fuga en el circuito, o que las pastillas estén muy desgastadas. Si por lo contrario el recorrido es menor, puede tratarse de un fallo en las piezas que intervienen en la extensión y retracción de las partes móviles.

Cambios en la sensación al pisar el pedal de freno. Si al pisar el pedal es una sensación de dureza, es probable que las pastillas estén sucias, manchadas o cristalizadas. También puede deberse a un problema en el pistón de la pinza, un fallo en los discos de freno, un fallo del servofreno o un problema con el líquido de frenos. En cambio, si el pedal está demasiado blando puede deberse a una deformación de las mangueras de freno, de manera que la presión del fluido las expande y disminuye la que llega a los pistones. También podría estar causado por la presencia de aire en el sistema, el mal estado del líquido de frenos o una pinza gripada.

Vibración en el pedal de freno: Si se nota cierta vibración al pisar el pedal de freno, es probable que los rodamientos de las ruedas estén gastados, o que los estén los discos albeados. También puede deberse a un mal equilibrado de las ruedas.

Chirrido al frenar: Es muy probable que las pastillas estén muy desgastadas o sucias, por lo que al rozar con el disco provocan el sonido desagradable. Puede darse cuando las pastillas son de mala calidad, aunque sean nuevas. Otro caso es el de uno de los discos en mal estado.

Pérdida de capacidad de frenado en caliente. Al someter los frenos a un uso excesivo llegará un punto en el que estos pierden eficacia al aumentar la temperatura, efecto como conocido como fading. Otra posibilidad es que los discos sean demasiado finos.

Estos problemas se evitan con un buen mantenimiento de los frenos. Las pastillas de freno pueden empezar a dar señales de desgaste a partir de los 30.000 kms, aunque dependerá mucho del material de las pastillas, y del estilo de conducción del conductor. Y los discos se deben revisar aproximadamente cada 60.000 kms en busca de fisuras, curvaturas o zonas más finas.

5.2 Ejemplos de llamadas a revisión

Al ser un sistema del que depende la seguridad de los vehículos, estos son susceptibles a recibir llamadas a revisión de las propias marcas al detectar un fallo en sus vehículos dos ejemplos de grandes marcas del sector en el año 2017.

Volkswagen llamó a revisión a 766.000 vehículos de todo el mundo por problemas del sistema de frenado. En algunas pruebas detectaron que el vehículo no se estabilizaba en situaciones límite. Era necesaria una actualización del software en los sistemas de control de frenado (ABS/ESP) del fabricante. Este ejemplo afectaba a diferentes modelos del grupo Volkswagen.

Otro caso, pero este solo afecto a un modelo, Opel Insignia 2017, fueron llamados por un problema en los latiguillos de los frenos delanteros. Éstos podrían perder líquido y causar un menor rendimiento del sistema, lo que conllevaría una mayor distancia de frenado. El grupo General Motors contacto con los propietarios de los vehículos afectados para comprobar los latiguillos y cambiarlos en caso de ser necesario.

6. Sistemas de ayuda a la conducción.

En este apartado realizaremos una vista general de los sistemas de conducción y nos centraremos en el sistema de frenado. Ya que es el elemento de seguridad más importante de cualquier vehículo. Es un sistema de seguridad activa que ha ido mejorando constantemente a lo largo de los años. Por ello existen una serie de normativas de obligatorio cumplimiento que regulan este tipo de sistemas de seguridad activa.

En España de acuerdo con el Real decreto 28222/1998 (Anexo 2), el sistema de frenado debe permitir el control del movimiento del vehículo y de tenerlo de una manera segura, rápida y eficiente en cualquier condición de velocidad y carga y cualquier pendiente.

Desde Noviembre de 2014, todos los discos y tambores de los vehículos comerciales pesados fabricados y vendidos en Europa deben cumplir los requisitos mínimos establecidos por la normativa ECE R90 (Anexo 1). A partir de noviembre de 2016, se aplica para los coches y vehículos comerciales. Para cumplir estos estándares, los componentes tienen que pasar algunas pruebas y alcanzar niveles de eficiencia similares a los componentes originales de la fábrica.

Uno de los test que pasan las diversas marcas para evaluar la seguridad de sus vehículos, son los test EURO NCAP (Anexos 3, 4 y 5), Programa europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos, se realizaran diversas pruebas nuevas para evaluar los vehículos y muchos de ellos relacionados con los sistemas de frenado, Monitorización del conductor (2020), Dirección Automática de Emergencia (2020, 2022), Frenada de Emergencia Autónoma (2020, 2022), Intercambio de datos Vehículo-Vehículo y Vehículo – Infraestructuras. Todos los vehículos que implementen estos sistemas, darán un salto al siguiente nivel en cuanto a seguridad reduciendo notablemente la distancia de frenado.

6.1 Tipos de sistema de ayuda a la conducción.

Podemos clasificar los sistemas de ayuda a la conducción según el tipo de sistema de la conducción a la que se aplique.

Sistemas de ayuda a la dirección: Es un sistema mediante el que se reduce la fuerza que ha de efectuar el conductor sobre el volante de un coche para accionar la dirección.

Sistemas de ayuda a la suspensión: La suspensión activa se compone de un sistema hidráulico, capaz de compensar el balanceo y el cabeceo del vehículo. Un procesador se encarga de recoger los datos tomados por sensores distribuidos estratégicamente para poder enviar las señales. Y mantener así el máximo nivel de estabilidad.

Sistemas de ayuda a la tracción: Es un sistema de seguridad lanzado al mercado por Bosch, y está diseñado para prevenir la pérdida de adherencia de las ruedas, de tal manera que estas no

patinen cuando el conductor excede en la aceleración del vehículo o el suelo está muy deslizante.

Funciona de manera que, utilizando los mismos sensores que emplea el sistema ABS, se controla si en la aceleración una de las ruedas del eje motor del vehículo patina, es decir, gira mayor velocidad de la que debería, y, en tal caso, el sistema actúa con el fin de reducir el par de giro y así recuperar la adherencia entre el neumático y firme.

Sistemas de ayuda generales: Como, por ejemplo, sensor de presión de neumáticos luces adaptativas, control de velocidad de crucero, sensor de señales de tráfico, sistema de arranque en pendiente.

Sistemas de ayuda al frenado:

- ABS (Sistema de frenos antibloqueo): El principal objetivo de este sistema, como su nombre indica, es evitar que los frenos bloqueen el giro de las ruedas, durante una frenada de emergencia, con la que perderíamos el control del vehículo y no podríamos maniobrar. Para que esto no ocurra, se sitúan unos sensores ubicados en cada una de las ruedas que controlan en todo momento la velocidad de giro de estas en función de la situación.

La unidad de control electrónico (ECU) recibe las señales procedentes de los sensores que están situados en las ruedas. La ECU calcula la velocidad de referencia entre las ruedas, de esta forma puede determinar si una rueda gira a una velocidad distinta.

Si una de las ruedas intenta bloquearse, la ECU a través de los actuadores reduce la presión de frenado a esa rueda, hasta que ésta logra alcanzar la velocidad de giro de las demás ruedas, una vez logra la velocidad, aumenta la presión de frenado para que continúe el

proceso de detención. Esto se repite automáticamente hasta que el conductor deja de accionar el pedal del freno, o disminuye la presión de activación del sistema. La mayor ventaja de este sistema es que permite maniobrar el coche mientras este reduce la velocidad.

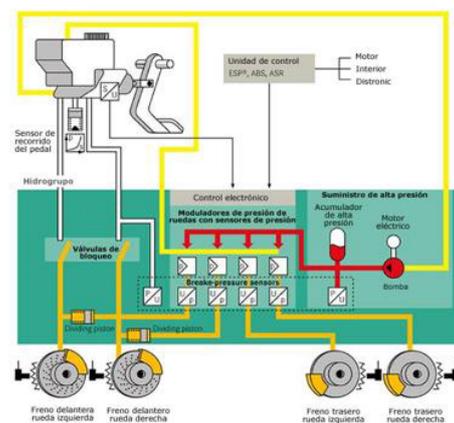


Ilustración 49 Ejemplo sistema sensores ABS [2]

- ESP (Control de estabilidad): Es un sistema de seguridad activa que controla la trayectoria de nuestro vehículo. El ESP está siempre activo. Un microprocesador controla las señales provenientes de los sensores del ESP y las comprueba a una velocidad de 25 veces por segundo para comprobar que la dirección es la que desea el conductor a través del volante se corresponde con la dirección real que sigue el vehículo. Si el vehículo se mueve en una dirección diferente a la que marca el conductor, el ESP detecta la situación crítica y reacciona independientemente del conductor. Utiliza el sistema de frenos del vehículo para estabilizarlo. Con intervenciones selectivas de los frenos, el ESP genera la fuerza contraria deseada para que el vehículo pueda reaccionar según las maniobras que realice el conductor. El ESP no sólo utiliza los frenos, también puede reducir el par motor para reducir la velocidad del vehículo. De esta manera el coche se mantiene seguro y estable.
- EBD (Distribución de la fuerza de frenado electrónica): El sistema EBD funciona complementando al ABS. Lo que realiza este sistema es repartir la fuerza de frenado entre las ruedas delanteras y traseras para una frenada más eficiente a la vez que impide que el freno de una rueda se sobrecargue mientras que los otros quedan inutilizados. Esto lo consigue calculando cuál es el reparto de fuerza de frenado óptimo a través de los mismos sensores del ABS.
- BAS (Asistencia al frenado de emergencia): El sistema de asistencia al frenado de emergencia funciona en combinación con el ABS. Este sistema se activa cuando el conductor realiza una frenada de emergencia, y se controla midiendo la velocidad con la que el conductor quita el pie del acelerador y presiona el freno con gran intensidad. Cuando esto ocurre, el sistema automáticamente aplica la máxima potencia y de forma constante al sistema de frenos hasta que el vehículo se detiene.

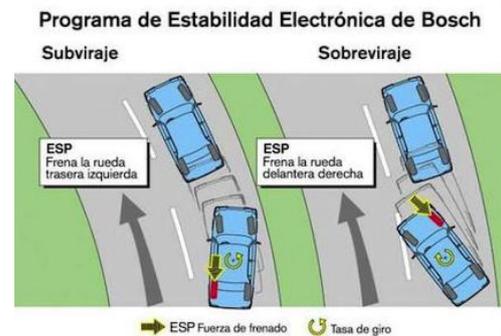


Ilustración 50 Ejemplo funcionamiento ESP [2]

7. Impacto medioambiental

7.1 Introducción

En este apartado se hace un estudio del impacto medioambiental del proyecto. Para realizar este estudio, se tratará los elementos principales de los frenos de disco, el disco y las pastillas.

El impacto medioambiental es el efecto que produce la actividad humana sobre el medio ambiente. La ciencia se encarga de medir este impacto y tratar de minimizarlo es la ecología.

Las acciones humanas sobre el medio ambiente siempre provocan efectos colaterales sobre el mismo, por lo que la preocupación por el impacto abarca varios tipos de acciones; como la contaminación de los mares con petróleo, los desechos de energía radioactiva, la emisión de gases nocivos, entre otros.

En este proyecto, se realiza un estudio de los distintos sistemas de frenado actuales, el más utilizado el freno de disco. Se estima que los vehículos pueden llegar a expulsar seis veces más partículas contaminantes desde el sistema de frenado que a través del tubo de escape, lo que representa entre el 12,5% y el 21% del total de las emisiones de tráfico.

Estamos hablando que al año se expulsan un total de 110.000 toneladas de polvo al año de las que 50.000 van directas a la atmósfera.

Se están estudiando diversos proyectos para la reducción de estas emisiones, especialmente en las ciudades, uno de ellos es el: iDisk de Bosch. Este disco consigue expulsar un 90% menos de partículas que el mejor freno de disco convencional. La tecnología se basa en un freno de disco de hierro fundido convencional, con un recubrimiento de carburo de tungsteno. Este freno de disco a parte de una reducción de las emisiones, tiene un rendimiento de frenado similar al de un freno cerámico, con una vida útil de aproximadamente el doble, a la de un disco convencional.

Gracias a este disco, se elimina la necesidad de limpiar las regularmente las llantas, con productos de limpieza, que normalmente son poco ecológicos. Por lo tanto, ofrece diversas ventajas respecto al medio ambiente.

7.2 Estudio

Durante el desarrollo de este estudio no se ha realizado ningún prototipo ni ningún ensayo práctico, por lo tanto, no se ha realizado ningún tipo de emisión contaminante ni residuos que ser reciclados de una forma directa con el estudio.

Únicamente se han emitido emisiones contaminantes de forma indirecta en el uso de energía eléctrica debido a la utilización de aparatos electrónicos para la elaboración del estudio y en la utilización de un vehículo de combustible diésel para desplazarse a las reuniones realizadas con el tutor y la búsqueda de bibliografía en la biblioteca del campus de Terrassa.

Para conocer las emisiones de CO₂ derivadas del consumo eléctrico en la utilización de los aparatos electrónicos se ha calculado la energía eléctrica consumida por cada aparato electrónico durante la elaboración del estudio y se ha multiplicado por el factor de emisión equivalente obteniendo así el total de kg de CO₂ consumidos.

El factor de emisión equivalente cuyas unidades son kg de CO₂/kWh se ha consultado en la web del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medioambiente, teniendo en cuenta que la compañía encargada de suministrar la energía eléctrica en los aparatos electrónicos utilizados es Endesa Energía SA y según el documento recogido en la web del ministerio tiene un factor de 0,34 kgCO₂/kWh.

En cuanto a las emisiones producidas durante los desplazamientos en coche a la universidad, se ha tenido en cuenta las emisiones de CO₂ del vehículo utilizado, 158 gCO₂/km.

A partir de estos datos recogidos se ha elaborado una tabla a modo de resumen y que permitirá hacer el cálculo final de forma clara y detallada.

Dispositivo	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Energía consumida (kWh)	Factor de emisión (kgCO ₂ /kWh)	kg CO ₂
Ordenador sobremesa	300	220	66	0,34	22,44
Monitor	300	49	14,7	0,34	5,99
Ordenador portátil	30	75	2,25	0,34	0,77
Iluminación	200	7,5	1,500	0,34	0,51

Tabla 2 Emisiones CO₂ Electricidad

Emisiones de aparatos electrónicos = 29,71 kgCO₂

Dispositivo	Distancia recorrida (km)	Factor de emisión (kgCO ₂ /km)	kg CO ₂
Coche	30	0,158	4,74

Tabla 3 Emisiones CO₂ Coche

Emisiones del coche = 4,74 kgCO₂

Emisiones totales = 34,45 kgCO₂

El nivel de emisiones durante el desarrollo de este estudio es de 34,45 kgCO₂.

8. Conclusiones

Con la información recopilada en este trabajo se puede observar una notable evolución en cuanto a los sistemas de frenado a lo largo de la historia. Todos los fabricantes, tanto de frenos como de vehículos, están involucrados en mejorar estos sistemas, tanto para abaratar costes, mejorar la eficiencia, reducir el impacto medioambiental y ante todo mejorar la seguridad de la conducción.

De sistemas de frenado totalmente mecánicos, y difíciles de accionar, se ha ido evolucionado para mejorar la distancia de frenado de los vehículos, y la facilidad para accionarlos. Han pasado a sistemas mecánico-hidráulicos, y posteriormente a sistemas electro-hidráulicos. Frenos de tipo tambor, a frenos de disco ventilados.

Actualmente los sistemas son más eficientes, más ligeros, de más fácil mantenimiento y sustitución y por ello aportan una mayor seguridad en la conducción. Con la llegada de los coches eléctricos/autónomos, se ha dado un salto en cuanto a los sistemas electrónicos, se ha pasado de un sistema en el que el conductor era el que frenaba, a un sistema en el que un ordenador empieza a frenar antes de que incluso el conductor se dé cuenta del peligro. En la actualidad estos nuevos sistemas solo están siendo utilizados por algunas marcas en algunos modelos. En un futuro, en el que los todos vehículos dispondrán de estos sistemas o nuevas versiones de estos sistemas, la cantidad de accidentes se verá reducido.

Bibliografía

- [1] M. Arias-Paz, «Manual de Automóviles,» 2004, pp. 945-984.
- [2] D. Meganeboy, «Aficionados a la Mecánica,» [En línea]. Available: <http://www.aficionadosalamecanica.net/cursos-de-mecanica-2/>. [Último acceso: Noviembre 2017].
- [3] «Akebono,» [En línea]. Available: <http://akebonobrakes.com/>. [Último acceso: Enero 2018].
- [4] «Bendix Brakes,» [En línea]. Available: http://www.bendix-brakes.com/product_catalog.php?type=part. [Último acceso: Enero 2018].
- [5] «Bosch Auto Parts,» [En línea]. Available: <https://www.boschautoparts.com/en/auto/brakes>. [Último acceso: Enero 2018].
- [6] «Brembo,» [En línea]. Available: <http://www.brembo.com/es>. [Último acceso: Enero 2018].
- [7] «Galfer Performance Braking Systems,» [En línea]. Available: <http://www.galfer.eu/index.php/es/>. [Último acceso: Enero 2018].
- [8] «Haldex,» [En línea]. Available: <https://www.haldex.com/en/North-America/products/>. [Último acceso: Enero 2018].
- [9] «Hella Pagid,» [En línea]. Available: <http://www.hella-pagid.com/hellapagid/es/BrakeGuide-312.html>. [Último acceso: Enero 2018].
- [10] «ATE Brakes,» [En línea]. Available: <http://www.ate-brakes.com/>. [Último acceso: Enero 2018].
- [11] «TRW Aftermarket,» [En línea]. Available: <https://www.trwaftermarket.com/es/>. [Último acceso: Enero 2018].
- [12] H. Heisler, «Advanced Vehicle Technology,» Elsevier Science, 2002, pp. 450-509.
- [13] J. P. G. d. Marina, *Implantación del SMED en sustitución de ruedas de automóviles*.
- [14] T. S. Villodres, *Análisis sobre la implantación del sistema de recuperación de energía KERS, en un vehículo convencional mediante simulación*, 2015.
- [15] «Advanced Drivers of North America,» [En línea]. Available: <http://www.advanceddrivers.com/2017/09/14/tough-new-safety-tests-automakers-will-have-to-pass-for-euro-ncap/>. [Último acceso: Diciembre 2018].

-
- [16 «CarHistory4u,» [En línea]. Available: <http://www.carhistory4u.com>. [Último acceso:]
] Noviembre 2017].
- [17 «Euromaster Neumaticos,» [En línea]. Available: <https://www.euromaster-neumaticos.es/blog/problemas-sistema-freno>. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [18 «Facua,» [En línea]. Available: <https://www.facua.org/es/noticia.php?Id=11216>. [Último
] acceso: Enero 2018].
- [19 «Grand Prix History,» [En línea]. Available: <http://www.grandprixhistory.org/spyker.htm>.
] [Último acceso: Noviembre 2017].
- [20 «Infotaller,» [En línea]. Available: http://www.infotaller.tv/electromecanica/Continental-New-Wheel_O_1135386452.html. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [21 «La Vanguardia,» [En línea]. Available:
] <http://www.lavanguardia.com/economia/20170706/423937128001/volkswagen-revision-problemas-frenado.html>. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [22 «Mechanical Engineering,» [En línea]. Available:
] http://www.mechanicalengineeringblog.com/5405-brake-performance-test-of-an-automobile-brake-service-laws-and-regulations-world-wide/?utm_source=ReviveOldPost&utm_medium=social&utm_campaign=ReviveOldPost#.WIUD7KjiaCo. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [23 «Motorpasión,» [En línea]. Available:
] <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/todo-sobre-los-frenos-deteccion-de-problemas>. [Último acceso: Diciembre 2017].
- [24 «Wikipedia (Wilhelm Maybach),» [En línea]. Available:
] https://es.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Maybach. [Último acceso: Noviembre 2017].

SISTEMA DE FRENOS

Es un mecanismo de absorción de energía que convierte el movimiento del vehículo en calor mientras detiene las ruedas. Se considera el mecanismo más importante del vehículo porque la seguridad y la vida de quienes viajan en el vehículo dependen de él.

Conforme se continúa absorbiendo energía, la temperatura del tambor o del rotor ayuda a disipar el calor y a mantener la elevación de la temperatura bajo control.

El sistema de frenos fundamenta su funcionamiento en dos principios básicos de la física:

- La Ley de Pascal
- La Fricción

LEY DE PASCAL:

Establece que cuando se aplica presión a un líquido confinado en un recipiente cerrado la fuerza se transmite igual y sin disminución en todas direcciones.

Se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$F = P \times A$ donde:

F: fuerza (lb) ó (N)

P: presión (lb/pulg²) ó (kg/cm²)

A: área (pulg²) ó (cm²)

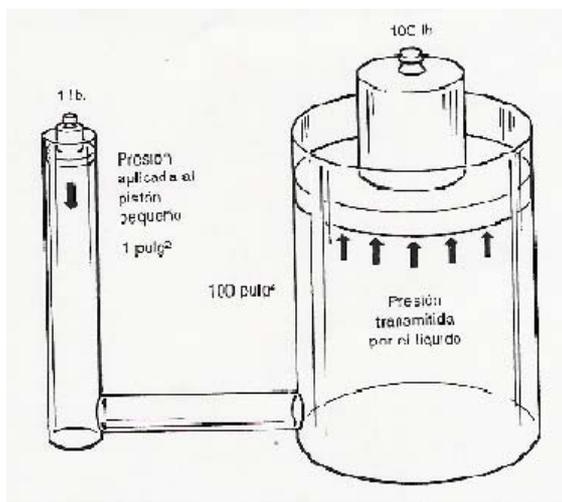


Fig. #1: Lev de Pascal

Durante una aplicación típica de frenos solo se desplaza aproximadamente 5 ml de fluido de frenos desde el cilindro maestro hasta el interior del sistema hidráulico para que ocurra la acumulación de presión.

FRICCIÓN:

La ley de conservación de la energía establece que “**la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma**”. La energía cinética y la calorífica son dos tipos de energía, la primera es aquella energía que tienen los cuerpos al estar en movimiento y la segunda es la energía que absorben o liberan los cuerpos en forma de calor. Cuando un vehículo se encuentra en movimiento tiene una cierta energía cinética y si queremos detenerlo tenemos que transformar esa energía en otro tipo de energía que no involucre el movimiento del vehículo, tal como como la energía calórica.

Lo anterior se logra mediante la fricción, que es la fuerza que se opone al movimiento entre dos objetos que se encuentran en contacto. La fricción de un material se determina por su coeficiente de fricción, designado por la letra griega μ (**miu**), donde $\mu = 0$ significa que no hay fricción entre las superficies en contacto y $\mu = 1$ significa que hay una fricción máxima entre las superficies de contacto. La codificación en cuanto a los coeficientes de fricción ha sido establecida por la **SAE** (Society of **A**utomotive **E**ngineers), según lo muestra la siguiente tabla:

	μ
Código C	0.00-0.15
Código D	0.15-0.25
Código E	0.25-0.35
Código F	0.35-0.45
Código G	0.45-0.55
Código H	0.55 y mayor
Código Z	Sin calificación

Tabla#1: Clasificación de los Coeficientes de Fricción

La fricción es directamente proporcional al peso, esto significa que conforme el cuerpo aumenta en peso también aumenta la fricción al ponerse en contacto con otro cuerpo. La fricción depende del material de fricción, temperatura y acabado de la superficie del tambor o rotor.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS:

Los podemos clasificar en seis categorías según su función:

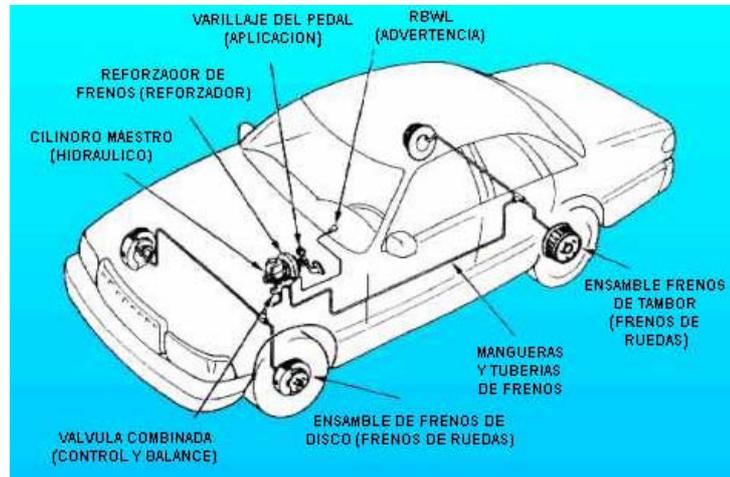


Fig. #2: Clasificación de los componentes del sistema de frenos

a) **Sistema de Aplicación:** comienza con la acción de frenado al oprimir el pedal del freno o aplicando el freno de estacionamiento. Este sistema involucra la palanca de freno de estacionamiento y todo lo que active la fuerza de frenado. Se considera la parte mecánica del proceso de frenado.

b) **Sistema de refuerzo:** es utilizado en la mayoría de los vehículos para aumentar la potencia de frenado. Su principal función es reducir el esfuerzo del conductor al aplicar la fuerza necesaria para detener el vehículo.

En los frenos de disco se requiere aplicar una fuerza más grande pues estos carecen de auto multiplicación de fuerza. En los frenos de tambor, con un pequeño incremento en el esfuerzo del pedal se da como resultado que se ejerza mucho mayor poder de frenado. Esta es la razón principal por la cual los vehículos equipados con frenos de disco cuentan con la ayuda de freno de potencia.

El reforzador de potencia utiliza el vacío que está disponible en los motores de combustión interna gasolina, cuando estos están funcionando. En el caso de los motores diesel el vacío se crea por medio de una bomba de vacío

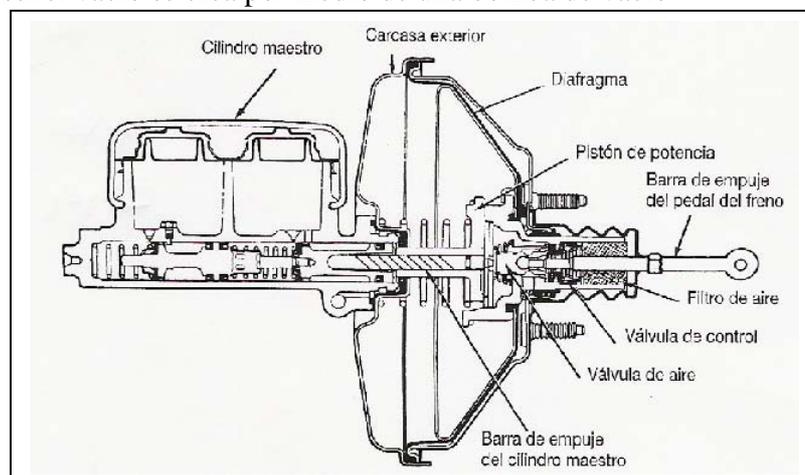


Fig. #3: Reforzador de potencia

Funcionamiento del reforzador de potencia: conectado en la parte delantera del cilindro maestro, se encuentra el reforzador de potencia que está compuesto por un diafragma de vacío contenido en una carcasa. El diafragma de vacío es el encargado de facilitar el esfuerzo a la hora de aplicar el freno. La carcasa está conectada al múltiple de admisión por medio de una manguera de vacío provista de una válvula de retención que se conecta a la entrada de la carcasa. El propósito de la válvula de retención es mantener la asistencia al freno en los periodos en los que hay poco vacío en el múltiple de admisión.

Cuando se oprime el pedal del freno, se cierra la fuente de vacío y se permite la entrada de presión atmosférica sobre un lado del diafragma, dando como resultado que los pistones del cilindro maestro se desplacen y los frenos se apliquen. Una vez que el pedal de freno se suelta, se aplica vacío a ambos lados del diafragma y el sistema vuelve a su posición de reposo. En caso de fallo en el suministro de vacío, el pedal de freno se pondrá en contacto directo con la barra que acciona el cilindro maestro por medio de una varilla, los frenos serán aplicados por el sistema sin la asistencia de potencia, por lo que se necesitará un esfuerzo mayor por parte del conductor a la hora de frenar.

c) **Sistema Hidráulico:** por este sistema es transmitida la fuerza del pedal de freno desde el cilindro maestro a través de las tuberías de acero y mangueras hasta los frenos en las cuatro ruedas, utilizando como medio el fluido de frenos.

d) **Frenos de rueda:** la presión del sistema hidráulico mueve los pistones ya sea en los sistemas de frenos de disco o de tambor. Estos serán abordados posteriormente en este manual.

e) **Sistema de control de equilibrio de frenos:** se utilizan componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos para asegurar que los frenos se apliquen de forma rápida, segura y con presión equilibrada. Se incluyen en este sistema las válvulas dosificadoras, válvulas de proporcionamiento y componentes del sistema ABS.

f) **Luces de advertencia del tablero de instrumentos:** incluyen la lámpara roja de advertencia de frenos y la lámpara color ámbar de advertencia de ABS.

EL CILINDRO MAESTRO

El cilindro maestro se considera el corazón del sistema hidráulico de frenos. Por medio de este, la fuerza del pedal de frenos se transfiere al fluido de frenos y se dirige a los cilindros de freno o a las mordazas. Está dividido en dos cámaras o circuitos de acumulación de presión separadas con el objeto de proporcionar fuerza a la mitad de los frenos en caso de fuga o daño en uno de los circuitos.

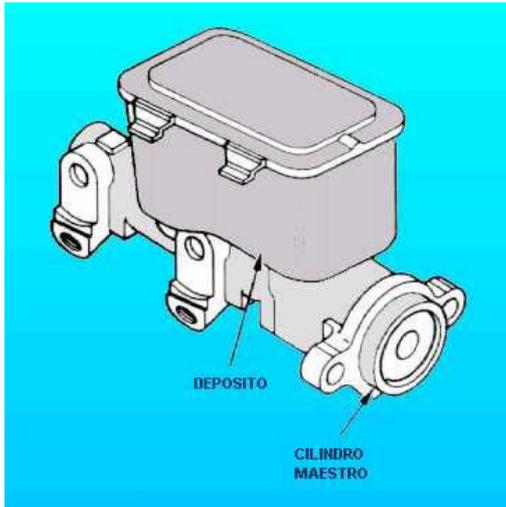


Fig. #4: Cilindro Maestro

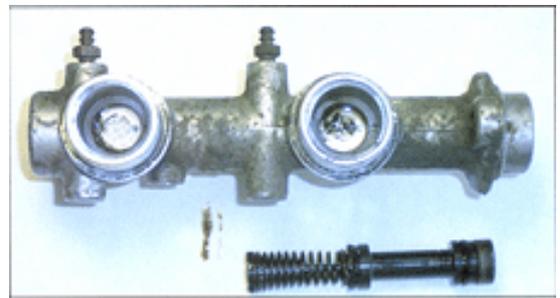


Fig. #5: Doble pistón del Cilindro Maestro

El cilindro maestro está compuesto por:

- Depósito
- Diafragma del depósito
- Cuerpo del cilindro
- Válvulas o de retención

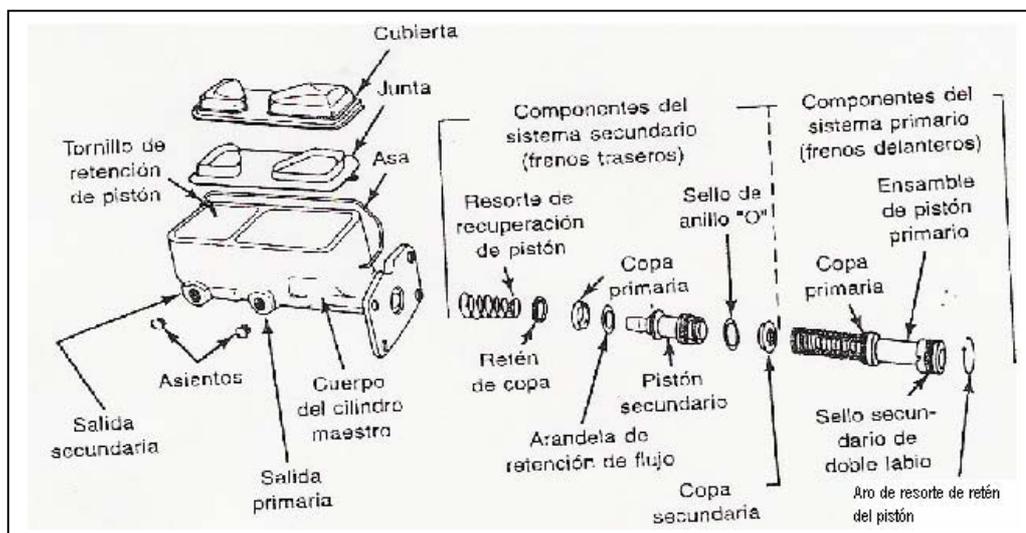


Fig. #6: Componentes del cilindro maestro

FUNCIONAMIENTO DEL CILINDRO MAESTRO:

El cilindro maestro posee un recipiente translúcido para permitir que se observe el nivel del fluido de frenos existente en él y posee una capacidad suficiente como para permitir que los frenos lleguen a desgastarse por completo y aun así, tener suficiente fuerza para una operación segura. El sistema de frenado posee una capacidad máxima que oscila entre 1 o 2 litros.

El depósito posee una ventilación hacia la atmósfera por su tapa, de esta manera permite que el fluido se expanda o contraiga sin dificultad. De igual forma, el depósito está provisto un diafragma de hule o un disco flotante cuya función es impedir que el fluido de freno entre en contacto con el aire y absorba la humedad contenida en este. Cabe resaltar que la humedad afecta el desempeño del fluido de frenos.

El diafragma además permite que el fluido de frenos se expanda y contraiga conforme se calienta y enfría durante el funcionamiento regular del sistema de frenos. El diafragma siempre se va a encontrar por encima del fluido de frenos.

Tip técnico: no se debe llenar el cilindro maestro más arriba más arriba de la marca de “lleno”, para permitir la expansión que experimenta el fluido al calentarse por el contacto con el calor generado por los frenos.

Cuando el sistema hidráulico está en reposo, este se encuentra lleno de fluido de frenos. Una vez que el pedal de frenos es oprimido, el fluido contenido en el cilindro maestro, es forzado por medio del doble pistón a través de las tuberías hasta los cilindros en las 4 ruedas. El fluido fuerza a los cilindros hacia afuera, en el caso de los frenos de tambor y hacia dentro en el caso de los frenos de disco. El movimiento del pistón tiene la oposición de resortes de retorno montados fuera de los cilindros, en el caso de los frenos de tambor y de sello de resorte del pistón en el caso de los frenos de disco. Cuando se suelta el pedal de freno, un resorte localizado dentro del cilindro maestro retorna inmediatamente los pistones del cilindro maestro a su posición normal. Los pistones del cilindro maestro tienen válvulas de retención y el mismo cilindro tiene aberturas de compensación taladradas en el estas aberturas quedan descubiertas a medida que el pistón alcanza su posición normal. Las válvulas de retención permiten que el fluido pase hacia los cilindros de las ruedas o hacia las mordazas a medida que los pistones se desplazan. Una vez que se retira la fuerza ejercida sobre el pedal de freno, los resortes de retorno de los cilindros de las ruedas fuerzan a las pastillas en el caso de los frenos de disco o a las zapatas, en el caso de los frenos de tambor, a retornar a su posición de reposo. El exceso de fluido se dirige entonces hacia el depósito por las aberturas de compensación.

TIPOS DE CILINDROS MAESTROS:

a) Cilindro Maestro de Doble División:

La explicación brindada sobre el funcionamiento del cilindro maestro, tomó como referencia este tipo. Emplea dos secciones de acumulación de presión separadas, una sección acciona los frenos delanteros y la otra sección los frenos traseros. Se le conoce como extremo de nariz del cilindro maestro al extremo que mira hacia el frente del vehículo, en este extremo está el pistón secundario. El otro extremo se conoce como extremo de varilla de empuje y

en el se encuentra el pistón primario. El pistón secundario posee un sello de acumulación de presión, mientras que el pistón primario posee dos sellos de acumulación de presión. Por lo anterior, el extremo de nariz se considera la sección más segura del cilindro maestro.

b) Cilindro Maestro de División Diagonal:

Ampliamente utilizado en los vehículos de tracción delantera, donde el peso del motor y el tren automotriz se concentran sobre las ruedas delanteras, por lo que los frenos delanteros alcanzan del 80% al 90% del frenado. En caso de un fallo en los frenos delanteros, los frenos traseros no estarían en capacidad de ejecutar el frenado.

En el sistema de frenado de división diagonal, el freno delantero izquierdo se encuentra en el mismo circuito del freno trasero derecho y viceversa, en caso de que falle un circuito, el restante debe detener el vehículo en forma razonable.

c) Cilindros Maestros Compuestos:

Se construyen empleando áreas de válvulas de aluminio con depósitos plásticos.

d) Cilindros Maestros de Compensación rápida:

Se crearon como respuesta a las mordazas de freno de disco de poca resistencia al avance para el aumento de la economía de combustible. Debido a que la distancia entre el rotor y las pastillas de freno se incrementa, se requería un recorrido de pedal de freno mayor antes que las pastillas tocaran el rotor, por lo que el diseño del cilindro maestro debe compensar el espacio libre adicional.

LIQUIDO DE FRENO:

Es el fluido utilizado en el sistema hidráulico de frenos, es una mezcla de éteres de poliglicol. Son incoloros, de color ámbar o violeta en el caso del DOT5.

Las principales características buscadas en un líquido de freno son:

- Punto de ebullición alto.
- Punto de congelación alto.
- No dañar las partes de hule que componen el sistema de frenos.

	DOT 3	DOT 4	DOT 5
Punto de ebullición seco			
° F	401	446	500
° C	205	230	260
Punto de ebullición húmedo			
° F	284	311	356
° C	140	155	180

Tabla #2: Clasificación de los líquidos de freno

La clasificación de los fluidos de frenos es dada por la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) y por el departamento de transporte (DOT por sus siglas en inglés) y se determina principalmente por el punto de ebullición con o sin presencia de humedad. La humedad es un factor determinante en el desempeño del líquido de frenos. Este absorbe humedad a través de costuras microscópicas del sistema de frenos y alrededor de los sellos. La humedad disminuye el punto de ebullición del fluido de frenos y provoca corrosión en las partes del sistema hidráulico de frenos. La presencia de humedad produce que el pedal se sienta esponjoso.

- a) **DOT3:** Es el más comúnmente utilizado, absorbe un 2% de su volumen de agua por año, es un disolvente muy fuerte y se recomienda no tomarlo de un recipiente abierto por su afinidad con la humedad.
- b) **DOT4:** Se le conoce como LMA (low moisture absorption o fluido de baja absorción de seguridad) y es más costoso que el DOT3.
- c) **DOT5:** Se le conoce como fluido de frenos de silicona y se hace a partir de polidimetil siloxanos. No absorbe agua, por esta característica es no higroscópico, es de color violeta. El fluido de frenos de silicona contiene 3 veces más la cantidad de aire disuelto que un DOT3 o un DOT4. el sistema hidráulico que utiliza DOT5 es más difícil de purgar pues el aire atrapado se expande al aumentar la temperatura lo cual ocasiona que el pedal se ponga esponjoso, entonces la presión ejercida sobre el sistema hidráulico comprime el aire del sistema y no se logra transferir la fuerza requerida a los cilindros de las ruedas. Lo anterior se reduce en un bajo rendimiento del frenado. Es importante resaltar que el fluido DOT5 no se debe mezclar con ningún otro tipo de fluido de frenos.

TIPOS DE HULES

Relacionados con los fluidos de frenos están los elastómeros o “hules” pues en los sistemas de frenado, suspensión y motor se utilizan ampliamente.

A continuación se presenta una tabla de las principales aplicaciones de hules en el sistema hidráulico de frenos.

	APLICACION	NOMBRE	CARACTERISTICA
CILINDRO MAESTRO	Sellos primarios y secundarios	EPDM(EPR)	Soporta fluido de freno y de silicona. No soporta fluidos de petróleo
	Juntas de cubierta de barrera contra humedad	EPDM(EPR)	Soporta fluido de freno y de silicona. No soporta fluidos de petróleo
	Anillos "O" de válvula de proporcionamiento	SBR	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo
	Tuberías interiores de mangueras de freno	SBR/EPDM/CR	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo(SBR/EPDM). CR soporta refrigerantes y fluidos de petróleo pero no soporta fluido de frenos
REFORZADOR DE VACIO	Diafragma	SBR o NITRILO	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo (SBR). Soporta fluidos de petróleo y etilenglicol. No soporta fluido de frenos (NITRILO)
	Anillo "O"	SBR	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo
	Válvula de control flotante	SBR o NITRILO	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo (SBR). Soporta fluidos de petróleo y etilenglicol. No soporta fluido de frenos (NITRILO)
	Todas las demás partes de elastómero	SBR	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo
CILINDRO DE RUEDAS DE FRENOS DE TAMBOR	Botas de cilindro	SBR/EPDM	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo(SBR/EPDM)
	Copas de cilindro	SBR/EPDM	Soporta fluido de freno, fluidos de silicona y alcoholes. No soporta fluidos de petróleo(SBR/EPDM)

Tabla#3: Aplicaciones de hules en el sistema de frenos

Algunos elastómeros son resistentes a los aceites y grasas minerales pero se ven perjudicados por el fluido de frenos. Por otro lado, existen elastómeros resistentes al fluido de frenos, pero que tienden a expandirse al entrar en contacto con aceites o grasas.

FRENOS DE TAMBOR

Los frenos de tambor se usan en la parte trasera de muchos vehículos de tracción trasera, delantera y doble tracción. Son económicos en cuanto a servicio, fabricación y reparación. Cuando se aplican los frenos de tambor las zapatas de freno se mueven hacia fuera contra un tambor de frenos en rotación, como los espárragos de las ruedas están sujetos al tambor, al disminuir la velocidad del tambor y detenerse, las ruedas hacen lo mismo.



Fig. #7: Frenos de Tambor

VENTAJAS DE LOS FRENOS DE TAMBOR:

- Son comúnmente conocidos por todos los mecánicos en el ramo de servicio.
- Se tienen disponibles las partes de más uso.
- Se requieren pocas herramientas o equipos especiales y de requerirse, son de bajo costo.
- Es fácil usar el freno de estacionamiento y darle servicio junto con los frenos de tambor.

DESVENTAJAS DEL FRENO DE TAMBOR:

- Tiene muchas partes pequeñas e individuales que se deben revisar, darles servicio y lubricar.
- Se desvanecen con facilidad cuando están calientes. La temperatura del tambor expande el tambor y lo aleja del material de la zapata.
- El agua reduce la acción de frenado porque se introduce entre la zapata y el tambor, lo que reduce la fricción.

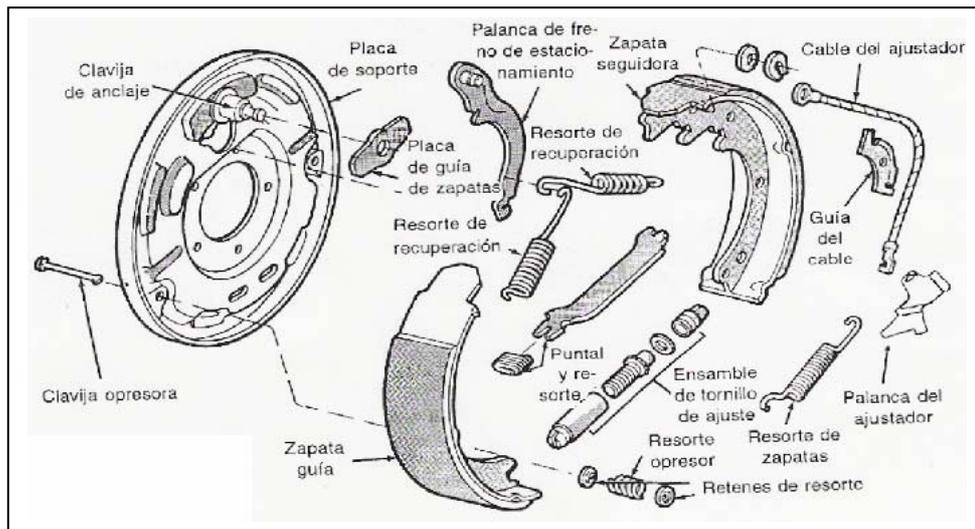


Fig. # 8: Componentes del freno de tambor

COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE TAMBOR:

a) **El tambor:** Se construye de hierro colado en el punto donde las zapatas hacen contacto con él y su centro es de acero dulce. El hierro colado contiene aproximadamente 3% de carbono y hace el tambor duro pero frágil por lo anterior es recomendable que si se va a golpear el tambor a la hora de desmontarlo sea en el centro de acero dulce ya que este material puede recibir esta fuerza sin sufrir daño. El contenido de carbono de 3% del hierro colado actúa también como un lubricante que evita el ruido durante el frenado, permitiendo además que la superficie de fricción se pueda rectificar sin el uso de fluido de enfriamiento. También se utilizan los tambores de freno de aluminio con hierro colado para el área de fricción, estos poseen las ventajas de ahorrar peso y transferir calor al aire circundante con más rapidez que el hierro colado y el acero.

b) **Frenos de estacionamiento:** se puede aplicar ya sea con una palanca manual o con un pedal. Algunos frenos de estacionamiento accionados con el pie utilizan un mecanismo de trinquete que requiere que el conductor oprima el pedal varias veces para poder aplicarlo. Este tipo de freno mecánico se conoce como de bombear para fijar. El mecanismo de pedal o de palanca se proyecta para aplicar la fuerza requerida sobre el freno de estacionamiento usando el esfuerzo normal del conductor. Los frenos de estacionamiento se traban dentro de una ranura o muesca que lo mantiene aplicado hasta que se libere.

c) **Cilindro auxiliar o cilindro de rueda:** Su función es expandir la zapata para que entre en contacto con el tambor. Para este propósito, está provista de un doble pistón que recibe la presión hidráulica. Una vez ejecutada la función, un resorte devuelve los pistones a su posición normal.

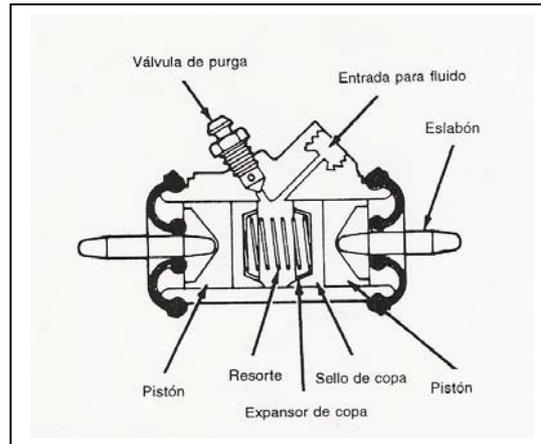


Fig. #9: Cilindro auxiliar de freno

- d) **Zapata:** es la encargada de detener la rueda mediante la presión que ejerce sobre la superficie de fricción del tambor. Se encuentra sujeta por unos pasadores u opresores en su parte central y por una palanca de apoyo.
- e) **Resortes de recuperación:** su trabajo es recuperar la posición original de la zapata, cuando se libera la presión sobre el pedal de frenos. Son tres, dos se encuentran sujetos a los cilindros en la parte superior y uno se encuentra en el ajustador de frenos.
- f) **Ajustador de frenos:** se encargan de ajustar las zapatas de freno para su mejor rendimiento.

FRENOS DE DISCO

Los frenos de disco no tienen la característica de reforzar la energía aplicada a ellos, por consiguiente requieren mayor presión entre las pastillas y el rotor, que la requerida por los frenos de tambor.

VENTAJAS DE LOS FRENOS DE DISCO:

- Mayor resistencia al desvanecimiento debido a que el rotor y las pastillas son instaladas en una posición en la que el aire enfría rápidamente las partes, más del 80% del rotor se encuentra expuesto al aire.
- Paradas parejas y rectas: la fricción de los frenos es directamente proporcional a la presión aplicada.
- Pueden frenar estando mojados.

DESVENTAJAS DE LOS FRENOS DE DISCO:

- Los frenos de disco no tienen la característica de reforzar la energía aplicada a ellos, por consiguiente requieren mayor presión entre las pastillas y el rotor, que la requerida por los frenos de tambor.
- Las partes de los frenos de disco están más propensas a ensuciarse, corroerse o golpearse debido a su mayor exposición.

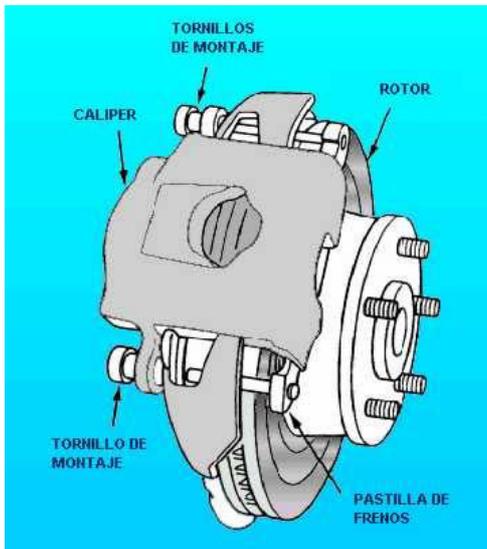


Fig. #10:El freno de disco

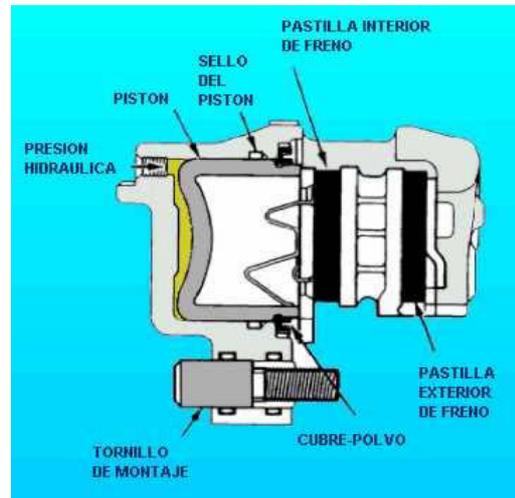


Fig. #11:Coniunto de la mordaza

COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENOS DE DISCO:

a) **El disco:** es el elemento giratorio que recibe la presión de las pastillas para ejecutar la acción de detener las ruedas. Se encuentra sujeto al conjunto de la rueda por medio de espárragos de la rueda. El disco o rotor está diseñado para ser un disipador de calor, su composición es similar a la del tambor de frenos.

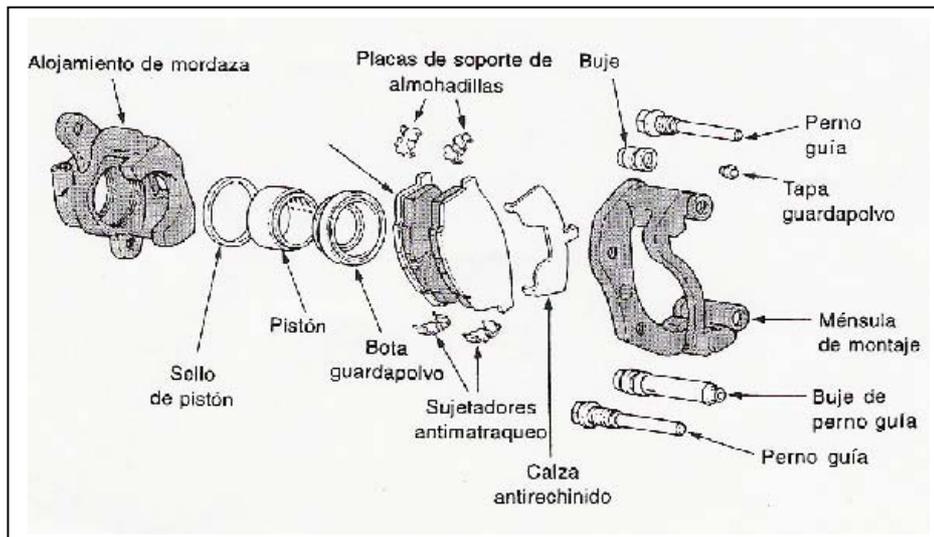


Fig. #12:Componentes del freno de disco

b) **Mordazas:** los primeros frenos de disco de carros americanos contenían cuatro pistones, dos de cada lado de los rotores, a esto se llamaba mordaza fija. El anillo "o" o sello de la mordaza, actúa como resorte de recuperación del pistón.

b-1)Mordaza flotante: es la más utilizada actualmente, esta mordaza utiliza generalmente un solo pistón grande dentro de una mordaza que se mueve o desliza ligeramente hacia el rotor, lo que permite comprimir al rotor contra las pastillas.

c) Perno de montaje: se encarga de sujetar la mordaza a la base del rotor para que ésta se mantenga fija y ejerza su función correctamente.

d) Pastilla: es el material de fricción encargado de detener el movimiento del rotor.

e) Perno pasador guía de mordaza: es el encargado de guiar el montaje de la mordaza.

f) Indicadores de desgaste: los hay de dos tipos mecánico y eléctrico, e indican el desgaste de la pastilla.

f-1) Indicadores de desgaste mecánicos: uno lo indica por medio de una ranura en la pastilla. Cuando la ranura no se ve, la pastilla debe cambiarse. El otro es mecánico y hace contacto con el rotor, ocasionando un ruido que indica que la pastilla está desgastada.

f-2) Indicadores de desgaste eléctricos: funcionan mediante un alambre que conduce a un sensor en el borde de la pastilla de fricción. Cuando ésta se desgasta hasta el punto de reemplazo, el sensor eléctrico hace contacto con el rotor de frenos y se completa el circuito eléctrico, encendiéndose una luz indicadora.

g) Clavijas de retención de pastillas y placas: detienen el conjunto de las pastillas en forma tal que se evite una vibración durante la acción de frenado.

h) Pistón de la mordaza: su función es moverse mediante presión hidráulica para hacer que las pastillas hagan contacto con el rotor solo lo suficiente para que se deforme el sello de la mordaza y regrese a su posición original una vez que se libera el pedal del freno.

PURGA DEL SISTEMA DE FRENOS

Es el proceso de aplicar presión al pedal de freno mientras se abre lentamente la válvula de purga. El pedal de freno aplica presión al fluido de freno, que es forzado a salir a través de la válvula de purga, junto con todo el aire atrapado.

Se recomienda purgar el sistema cuando se ha abierto por un tiempo prolongado en el orden que recomiende el fabricante del vehículo. Si sólo se ha abierto un cilindro de rueda o tubería hidráulica es necesario purgar dicho cilindro únicamente. Al purgar el cilindro no se debe aplicar mucha fuerza o llevar el pedal del freno hasta el final. Para purgar los frenos acople una manguera al tornillo de purga. Introduzca el otro extremo en un frasco de vidrio parcialmente lleno de fluido de freno.

Algunos fabricantes de vehículos recomienda colocar un bloque de madera debajo del pedal de freno, para impedir que llegue hasta el fondo.

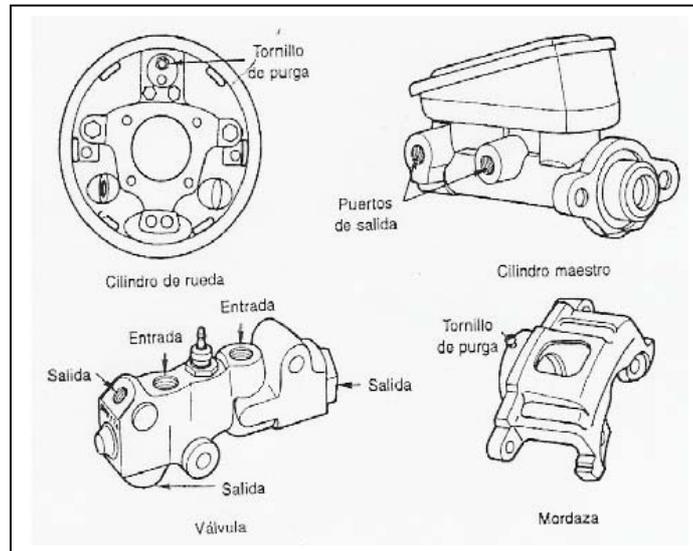


Fig. #13: Ubicación de los tornillos de purga

TIPOS DE PURGA:

a) **Purga manual:** una purga manual adecuada, requiere que haya buena comunicación entre el mecánico que oprime el pedal y la persona que abre y cierra la o las válvulas de purga. La válvula de purga sólo deberá estar abierta cuando se oprime el pedal de freno. Se debe cerrar la válvula cuando se suelta el pedal del freno para evitar que se aspire aire al interior del sistema.

b) **Purga por presión:** es un método en el que se aplica presión arriba del cilindro maestro para eliminar el aire atrapado en el sistema hidráulico. Los purgadores de presión deben utilizar el adaptador para cilindro maestro correcto. Siempre que se use un purgador mecánico, no pase de 20 PSI de presión.

Una desventaja importante al usar el método de purga con presión es el empleo del adaptador para depósito de cilindro maestro correcto. Al usarse el adaptador incorrecto puede hacer que se fugue fluido de frenos al exterior con la presión, lo que ocasionaría daños al vehículo.

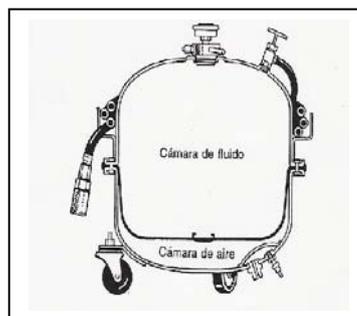
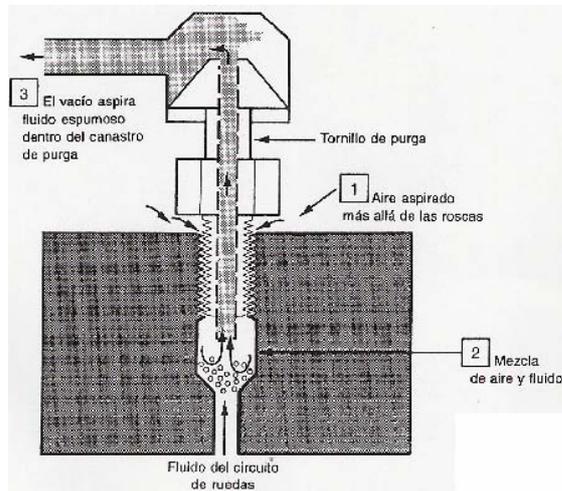


Fig. #14: Purgador de presión

c) **Purga con vacío:** emplea una bomba de vacío manual o eléctrica para aspirar el fluido de frenos desde la válvula de purga e introducirlo en un recipiente.



Fia. #15: Purga por vacío

d) **Purga por gravedad:** es un método lento pero efectivo. Consiste en abrir la válvula de purga y esperar hasta que fluya fluido de frenos desde la válvula abierta. Todo el aire atrapado en el punto del sistema en el que se realiza la purga, se elevará y escapará cuando se abra la válvula. Puede tomar varios minutos para que empiece a escapar fluidos de frenos. Si no sale fluido de frenos, hay que retirar por completo la válvula de purga, pues puede estar tapada. Nunca debe oprimirse el pedal de frenos con la válvula de purga desmontada mientras se efectúa una purga por gravedad.

RUIDO

En los sistemas de frenos, se producen ruidos que provienen de las vibraciones a las que son sometidos los componentes del sistema de fricción de frenos (pastillas, portapastillas, pernos de sujeción, clips, discos, soportes de mordaza, zapatas, tambor, resortes). El ruido se produce cuando esas vibraciones coinciden con la frecuencia de alguno de los componentes del sistema de fricción. Es uno de los problemas más frecuentes en los vehículos y el motivo número uno por el cual un cliente lleva su vehículo a una revisión de frenos.

TIPOS DE RUIDOS:

a) **Groan:** se produce cuando el vehículo se desplaza a baja velocidad y los frenos son aplicados con poca fuerza. Es un ruido grave y fácil de detectar.

b) **Judder o vibración:** son vibraciones en el sistema que alcanzan frecuencias audibles. Pueden sentirse en el volante, pedal de frenos o carrocería. Existen dos tipos:

- **Cold judder:** la vibración se produce cuando las pastillas de freno pasan a baja velocidad por imperfecciones que posee el disco. Estas imperfecciones son producidas por: defectos de mecanizado en fábrica, montaje defectuoso del disco u holguras excesivas en el sistema de fricción.



Fig. #16 : "Cold Judder"

- **Hot judder:** la vibración se produce a altas velocidades e intervalos de frenado largos, cuando la temperatura en el área de fricción aumenta considerablemente.

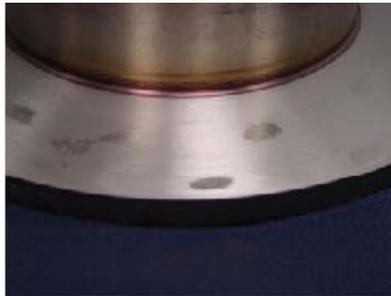


Fig. #17 : "Hot Judder"

Básicamente se producen imperfecciones en caliente en el disco y su principal causa es la variación en el coeficiente de fricción en diferentes puntos de la pastilla debido al desgaste de la misma, el efecto de la temperatura o por incrustaciones de materia prima mal mezcladas en la pastilla. La calidad de la pastilla de freno está estrechamente relacionada con este fenómeno.

En los puntos donde existe una variación en el coeficiente de fricción de las pastillas existe un mayor esfuerzo y por ende, un mayor recalentamiento en el frenado. Estos puntos se reflejan en el disco, transformando su estructura y adquiriendo una elevada dureza

superficial. Los llamados “puntos calientes” en el disco son visibles en frío como unas manchas oscuras.

Conforme se sigue frenando, la vibración en caliente se incrementa pues los puntos endurecidos sufrirán menos desgaste que el resto del disco. Por tal razón, los discos y las pastillas de freno deben reemplazarse bajo estas circunstancias.

c) **Squeal o "chirrido"**: es el tipo de ruido más común se presenta como un sonido agudo de alta frecuencia que, en algunos casos, es insoportable. Proviene del contacto entre el disco y las pastillas y depende de factores como: naturaleza de la pastilla, estado y calidad de la misma, acabado del disco, rigidez y calidad en el montaje de la mordaza, velocidad del vehículo. A continuación, profundizaremos a cerca de las causas de este tipo de ruido.

c-1) Pastillas o zapatas cristalizadas: cuando se frena a altas velocidades o en pendientes muy prolongadas, se produce un sobrecalentamiento que reduce la fricción entre la pastilla y el rotor, (en el caso de los frenos de disco), este sobrecalentamiento produce un endurecimiento superficial en las pastillas que se conoce comúnmente como cristalización. La cristalización produce un chirrido que no necesariamente se corregirá con el cambio de las pastillas, se recomienda rectificar el rotor.

La cristalización también se puede ocasionar debido a fallas en el funcionamiento del sistema hidráulico de las mordazas o del tambor. Estas fallas se producen debido por:

- Falta de mantenimiento en el sistema de sujeción y soporte de las mordazas o de las zapatas.
- Pistones pegados debido a obstrucciones.
- Falta de alineación entre la mordaza, las pastillas y el rotor. Se produce cuando los accesorios de montaje de la mordaza, (placas antirruído de las pastillas, resortes, pernos de sujeción, pernos deslizantes, grapas de las pastillas exteriores, etc.), poseen desgaste o están en mal estado.

d) **Ruido rasposo**: se presentan debido a pastillas desgastadas o presencia de suciedad u óxido en el conjunto de la mordaza.

CONSIDERACIONES PARA CORREGIR EL CHIRRIDO EN LOS FRENOS DE DISCO:

- Mantener limpias las pastillas de freno.
- Usar sujetadores y calzas antichirrido del tipo usado por la fábrica: para asegurar que los frenos recuperen el rendimiento que tenían cuando estaban nuevos, se deben usar los herrajes y calzas recomendados por fábrica.

- Lubricar todos los puntos de deslizamiento de la mordaza, atendiendo las recomendaciones del fabricante: se evita que se genere ruido conforme las partes deslizantes se mueven una sobre otra. Se pueden usar: grasa para frenos con base de litio, grasa de silicona, grasa de disulfuro de molibdeno, grasa sintética o compuesto antioxidante.
- Rectificar el rotor de freno lo menos posible y con el acabado de superficie correcto: un rotor más delgado vibrará a una frecuencia diferente que uno más grueso.

COMPOSICION DE LOS MATERIALES DE FRICCION

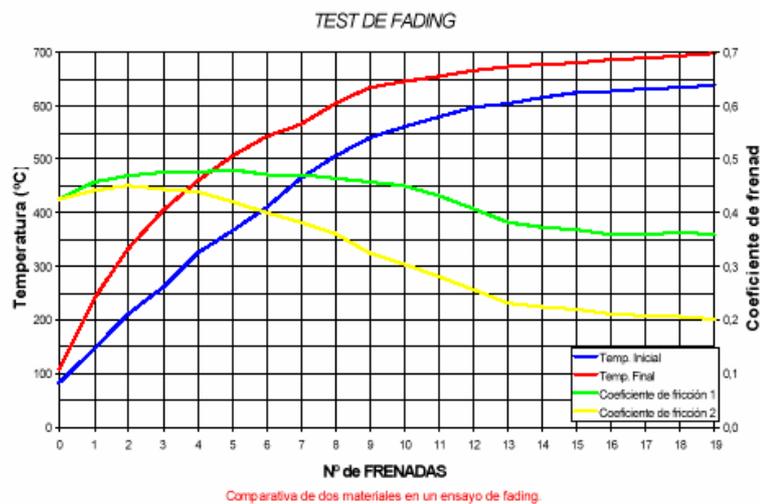
El material de fricción, del cual están compuestas las pastillas y zapatas contienen una mezcla de ingredientes, entre ellos: un aglutinante, como resina de fraguado térmico, fibras de refuerzo, son las que proporcionan cohesión y modificadores de fricción para obtener un coeficiente de fricción deseado.

El material de fricción, debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- Seguridad
- Durabilidad
- Libre de ruido

El material de fricción debe garantizar resistencia mecánica y resistencia al desvanecimiento. La resistencia mecánica está determinada por el factor de fricción, pues al bajar este, el comportamiento de los frenos varía, esto por efecto de la temperatura y de la humedad. Con respecto a la humedad, se relaciona el concepto de fricción húmeda que es la variación en el coeficiente de fricción de un material al estar húmedo. Adicional a lo anterior, el material de fricción debe poseer buena capacidad de absorción de calor.

El desvanecimiento o “fading” es la pérdida de eficacia en la frenada al elevarse la temperatura. El material de fricción presenta distintos valores de coeficiente de fricción a diferentes temperaturas (ver gráfico). Si este coeficiente comienza a bajar demasiado rápido y a una temperatura relativamente baja, cuando la temperatura del sistema sea superior a ese límite que presenta el material de fricción, se producirá el fenómeno de “fading”; con el cual, el coeficiente de fricción caerá y la eficacia del frenado se verá reducida pues el material de fricción tenderá a comprimirse.



Fig#18: Test de Fading para dos materiales de fricción

Relacionado con el ruido, como hablamos en la sección dedicada a este tema, el material de fricción debe tener la capacidad de impedir que las vibraciones producidas entre la pastilla y el rotor sean “amortiguadas”, para evitar que se produzca el ruido.

- **Material de fricción de asbesto:**
- **Material de fricción semimetálico o SEMIMET:** está compuesto por resina fenólica como aglutinador, grafito o carbón, fibra de acero, polvo de cerámica, polvos de acero, cobre o latón y hule. Al utilizar este material, se requiere que el rotor posea un acabado muy liso porque el metal no se amolda a la superficie del rotor como ocurre en el asbesto.
- **Material sintético sin asbesto u orgánico sin asbesto:** para su fabricación se utiliza como material base fibras de aramida o kevlar. Son más silenciosas y no causan tanto desgaste de los rotores de freno como las semimetálicas.
- **Material de fibra de carbono:** está fabricado con fibras de carbono y reforzado con incrustaciones de carbono. Presenta un coeficiente de fricción constante en frío o en caliente, presenta bajas tasas de desgaste y muy baja generación de ruido.

COMPOSICION DE PASTILLAS DE FRENO KASHIMA



KASHIMA ofrece una línea completa de pastillas y zapatas de freno, para vehículos japoneses, coreanos, americanos y europeos. Se suministran fricciones para vehículos livianos, y medianos, en material metalizado o NAO (Non- Asbestos Organic).

En la actualidad hay desarrolladas más de 1,200 aplicaciones. Hemos añadido a esta línea, nuevos desarrollos de zapatas, discos y tambores de freno, cilindros de freno principal y cilindros de rueda.

Presentamos nuestra línea de pastillas de nueva generación:

KASHIMA PLUS



- Formulación Orgánica.
- Coeficiente de Fricción F-F (0.45-0.35 en frío; 0.45-0.35 en caliente).
- Excelente para camiones livianos.
- No contiene fibras de cobre.
- Todas con placa anti-ruido, ranuradas y biseladas para mejor desempeño.

GARANTIZAMOS QUE NO PRODUCE CHIRRIDO, CERO RUIDO... SHHHH!!

KASHIMA EVOLUTION



- Semi-metálica / Heavy Duty
- Coeficiente de Fricción: G-F (0.55-0.45 en frío; 0.45-0.35 en caliente), G-G (0.55-0.45 en frío; 0.55-0.45 en caliente).
- Larga Vida
- Para uso de vehículos 4X4, camiones livianos y autobuses.
- Pastillas de abuso.

¡LARGA VIDA!

KS-1 Japan



- Formulación: Semi-metálica
- Coeficiente de Fricción: F-E (0.45-0.35 en frío; 0.35-0.25 en caliente)
- Precio competitivo.

100% LIBRE DE ASBESTOS

GUIA PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE FRENOS

CILINDRO MAESTRO

Desmontaje:

1. Desconectar el cable negativo de la batería.
2. Si es necesario, aplicar el pedal del freno varias veces, para expulsar todo el vacío del sistema reforzador de potencia.
3. Desmontar cualquier componente en el compartimento del motor que pueda interferir en el desmontaje del cilindro maestro.
4. Desconectar cualquier conector eléctrico de cualquier interruptor montado sobre el cilindro maestro.
5. Colocar trapos absorbentes debajo de los puntos en los cuales la tubería del freno se conecta con el cilindro maestro.
6. Desmontar las tuberías del freno de las aberturas de salida primaria y secundaria del cilindro maestro. Cubrir o taponar las tuberías para evitar pérdidas de fluido y contaminación.
7. Desmontar los pernos que fijan el cilindro maestro en el reforzador de potencia del freno.
8. Deslizar el cilindro maestro hacia delante y desmontarlo del vehículo.

Nota: Muchos fabricantes tienen varillas de empuje en el reforzador de potencia que pueden ser desmontadas. No se debe sacar la varilla de empuje. Detrás de la varilla de empuje, en muchos de estos vehículos, está el llamado disco de reacción. Éste es un amortiguador entre el cilindro reforzador de potencia y la varilla de empuje. Si ese disco de reacción se saca, no podrá ponerse de nuevo en su lugar.

Instalación:

9. Si es necesario, trasladar cualquier interruptor del cilindro maestro viejo al nuevo cilindro maestro.
10. Purgar en un banco el cilindro maestro nuevo.
11. Colocar el cilindro maestro del freno en el reforzador de potencia del freno.
12. Instalar las tuercas o los pernos de retención, y apretarlos firmemente.
13. Instalar las dos tuberías del freno primario y secundario en el cilindro maestro.
14. Cuando ambas tuberías del freno estén instaladas, apretarlas firmemente.
15. Reacoplar todo conector eléctrico.
16. Llenar el cilindro maestro con un líquido de freno adecuado.
17. Purgar el sistema de freno. Tapar el cilindro maestro cuando esté completo.
18. Conectar el cable negativo de la batería.
19. Probar el vehículo en carretera y comprobar que el sistema de frenos funcione correctamente.

PURGA DE SISTEMA DE FRENOS:

Nota: El líquido de freno contiene éteres poliglicósicos. Evitar el contacto con los ojos y lavarse las manos minuciosamente, después de manipular líquido de freno. Si cae líquido de freno en los ojos, sumergirlos en agua limpia y circulante durante 15 minutos. Si persiste la irritación de los ojos o si se ha ingerido líquido de freno, buscar asistencia médica.

El sistema de frenos hidráulico tiene que ser purgado cada vez que cualquier tubería es desconectada, o cada vez que entra aire en el sistema. Si un punto del sistema, como un cilindro de rueda o la tubería de freno de una mordaza, es el único punto que se ha abierto, los tornillos para la purga en dirección aguas abajo en el sistema hidráulico son los únicos que tienen que ser purgados. Si, no obstante, las válvulas de compensación del cilindro maestro se abren, o si el nivel del depósito cae lo suficiente como para introducir aire en el sistema, el aire tiene que ser extraído del sistema hidráulico por completo. Si el pedal del freno se siente esponjoso cuando se presiona y llega casi hasta el piso, pero recobra altura cuando se bombea, ha entrado aire en el sistema. Éste tiene que ser purgado. Si no se ha abierto ninguna válvula recientemente por algún servicio, averiguar las fugas que podrían haber permitido la entrada de aire y repararlas antes de intentar purgar el sistema.

Como regla general, una vez que el cilindro maestro (y la válvula moduladora de la presión del freno o la válvula de combinación en los sistemas ABS) es purgada, el resto del sistema hidráulico debe ser purgado en la secuencia adecuada.

Se describirá el procedimiento para la purga **manual** del sistema hidráulico por ser el más ampliamente utilizado.

PURGA MANUAL CILINDRO MAESTRO:

Si la unidad se desmonta del vehículo, hay 2 formas de “purgar en un banco” un cilindro maestro.

Un método es con la jeringa de plástico grande y transparente hecha para este objeto. Normalmente están disponibles en tiendas de recambios de automóviles. En éste procedimiento, el cilindro maestro se fija en un tornillo de banco de mandíbulas blandas y se llena con fluido de freno. Las aberturas de salida se cubren o se taponan. Entonces, destapando cada abertura, se coloca la jeringa firmemente en la abertura de salida y se succiona líquido dentro de la jeringa hasta que no quede aire en el cilindro maestro, y luego se taponan las aberturas cuando esté hecho.

El otro es con 2 trozos de manguera o tubo (para utilizarlos como tubos purgares). Existen mangueras de plástico hechas para este propósito, disponibles en la mayoría de las tiendas de piezas para automóviles. Estas mangueras tienen extremos roscados para el acople con las aberturas de salida. Por otra parte, se pueden hacer dos conductos a partir de 2 trozos de tuberías de freno que tengan los extremos roscados. Tratar de obtenerlas de plástico. En este procedimiento, sujetar el cilindro maestro en un tornillo de banco de mandíbulas blandas. Conectar los trozos de tubería de freno, o las mangueras de plástico, en las

válvulas de compensación de salida; doblarlos entonces hasta que el extremo libre esté en el depósito del cilindro maestro.

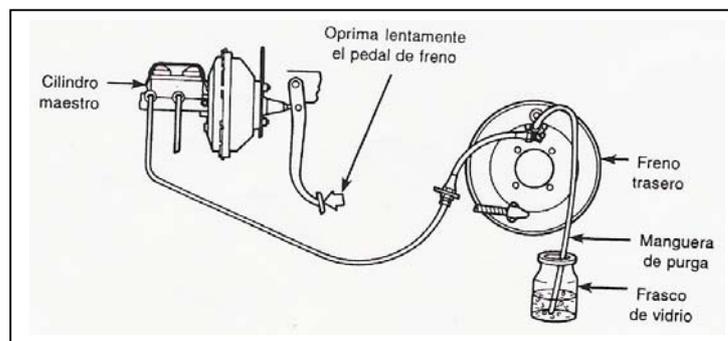
Llenar el depósito con líquido de freno DOT 3 fresco, o equivalente, proveniente de un depósito sellado, cubriendo completamente los extremos de los tubos. Bombear el pistón lentamente hasta que no aparezcan burbujas de aire en el depósito. Desmontar los tubos, llenar el cilindro maestro del freno e instalar firmemente las tapas o los tapones en las aberturas.

Si el cilindro maestro del freno está en el vehículo, colocar un trapo grande y absorbente debajo de las válvulas de compensación. Abrir las tuberías de freno ligeramente con la llave para tuercas de tubería, mientras un ayudante aplica presión en el pedal del freno desde el interior del vehículo. Asegurarse de apretar las tuberías antes de que se suelte el pedal del freno. Repetir el proceso con ambas tuberías hasta que no salgan burbujas de aire.

En ambos casos, el resto del sistema de frenos tiene que ser purgado para asegurarse de que todo el aire atrapado ha sido expulsado y el sistema funcionará correctamente.

PURGA DE MORDAZAS Y CILINDROS DE RUEDA:

Recomendamos que el sistema de frenos sea purgado utilizando el método de tarro y el tubo. Sabemos que algunas personas simplemente dejan que todo el fluido se pulverice sobre el lugar del conector. Esto no sólo es poco profesional, sino que además también es sucio y potencialmente peligroso. El fluido de freno daña la pintura, el hormigón, su ropa, su piel y, lo que es más importante, sus ojos.



Nota: Los sistemas de freno hidráulico tienen que ser limpiados totalmente si el líquido resulta contaminado con agua, polvo u otro corrosivo químico. También, muchos fabricantes recomiendan que el sistema sea limpiado rutinariamente, más o menos cada 2 años. Para vaciarlo, purgar el sistema completo, hasta que todo el líquido haya sido sustituido y el líquido de freno nuevo fluya limpio.

El sistema hidráulico en vehículos con sistema dividido (un cilindro maestro con 2 cámaras) puede ser dividido lo mismo en delantero y trasero que diagonalmente. En los sistemas divididos diagonalmente hay un componente delantero y uno trasero en cada circuito. Si se tienen dudas del diseño del sistema del vehículo, se pueden comprobar las tuberías de los frenos. Seguir las hasta cada rueda y mirar cuáles están apareadas.

Nota: Si, durante el procedimiento de purga, no se puede obtener un buen flujo de líquido de los frenos delanteros, el problema está en la parte de la medición de la válvula de combinación. Comprobar la válvula y se verá un pequeño vástago pegajoso que sobresale de un extremo. Será necesario fabricar una pequeña presilla para asir el vástago hacia fuera sacándolo todo lo que se pueda. Esto permitirá un flujo máximo hacia los frenos delanteros. También, cuando se utilice esta presilla en vehículos con frenos de potencia asistida, tratar de purgarlos con el motor en marcha. La mayor presión permitida por el reforzador de potencia ayudará en la purga del sistema.

1. Llenar el cilindro maestro del freno con el líquido recomendado para el vehículo. Comprobar el nivel a menudo durante el procedimiento. Nunca dejar que el cilindro maestro quede seco o habrá que ejecutar el procedimiento de nuevo.
2. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
3. Si es necesario para un mejor acceso, desmontar las ruedas.
4. En vehículos con sistemas de una cámara simple o sistemas de doble cámara dividida en delantero/trasero, se puede purgar el sistema en el siguiente orden:
 - Trasero derecho
 - Trasero izquierdo
 - Delantero derecho
 - Delantero izquierdo
5. En vehículos con sistemas de cámaras dobles divididos diagonalmente, el orden usual de purga es:
 - Trasero derecho
 - Delantero izquierdo
 - Trasero izquierdo
 - Delantero derecho
6. Buscar una llave, si es posible una llave de tubo, de la medida del tornillo utilizado, para la purga, y colocarla en el conector del primer cilindro para ser purgado.
7. Conectar un tubo de vinilo, transparente, en el conector de purga. Colocar el otro extremo del tubo dentro de una jarra de vidrio transparente de al menos 8 onzas (237 ml) de capacidad. La jarra debe estar llena hasta la mitad de líquido de freno limpio. Sumergir el extremo del tubo en el líquido de freno.
8. Tener un asistente que pise el pedal del freno; luego retenerlo abajo. Abrir lentamente el tornillo de purga. Cuando el pedal del freno alcance el piso, cerrar el tornillo de purga y hacer que el ayudante libere lentamente el pedal. Esperar 15 segundos. Luego, repetir el procedimiento hasta que no salga aire del tornillo de purga.
9. Repetir el procedimiento en las mordazas o cilindros de rueda restantes, en el orden adecuado.
10. Si el pedal del freno tiene un comportamiento esponjoso, el sistema de frenos tiene que ser purgado de nuevo para eliminar el aire que aún quede atrapado en el sistema.
11. Instalar las tapas de los tornillos de purga para que no entre suciedad.
12. Instalar las ruedas, si se desmontaron para ganar acceso.

13. Probar el vehículo en carretera y comprobar que el sistema de frenos funciona correctamente.

FRENOS DE DISCO

PASTILLA DE FRENO

Inspección:

Para inspeccionar las pastillas de freno, desmontar la rueda. Normalmente es posible ver el espesor de la pastilla a través del agujero grande de la mordaza, o mirando el lado de la pastilla. Sin embargo, en algunos modelos puede ser necesario desmontar la pastilla para inspeccionarla.

De modo empírico, el material de revestimiento de la pastilla debe desgastarse no más de 1/8 de plg (3 mm). En pastillas de freno encoladas al material de soporte, el material de la pastilla puede medirse desde el borde del material de soporte. Sin embargo, en pastillas que están remachados al material de soporte, el revestimiento debe medirse desde las cabezas de los remaches (en los agujeros del material de revestimiento).

El material de revestimiento del freno no debe mostrar ninguna humedad, rajaduras o estar desmenuzados. Si es evidente algún daño, las pastillas tienen que ser sustituidas, ejemplos de estos daños: si las pastillas muestran evidencia de humedad, localizar la fuente del salidero de líquido y repararlo antes de instalar las pastillas nuevas. Si las pastillas muestran un desgaste desigual (una pareja de pastillas está más desgastada en un lado del vehículo que el otro par de pastillas en el otro lado); la pastilla interior está más desgastada que la pastilla exterior, o viceversa, en una rueda; el material de revestimiento de la pastilla está más desgastado en el borde delantero de la pastilla o en el borde trasero de la pastilla, la mordaza del freno de disco es defectuosa o está montada incorrectamente.

Nota: Nunca pulir el revestimiento de la pastilla con papel de lija, debido a que las partículas duras del papel de lija se pueden quedar pegadas en el revestimiento, lo cual a su vez dañará el rotor del freno. Si el revestimiento del freno está dañado, excesivamente desgastado o desigualmente desgastado, reemplazar las pastillas por unas nuevas.

Nota: El polvo de los frenos puede contener amianto. El amianto es dañino para la salud. Nunca utilizar aire comprimido para limpiar ningún componente del freno. Debe utilizarse una máscara con filtro durante cualquier reparación de los frenos.

La sustitución de las pastillas de freno debe ejecutarse siempre simultáneamente en ambas ruedas, las delanteras o las traseras, a la vez. Nunca sustituir pastillas en sólo una rueda. Se recomienda utilizar sólo pastillas o partes OEM o de mejor calidad. Cuando se desmonta la mordaza, algunas pastillas de frenos se quedan con la mordaza; otras permanecen en el soporte de montaje de la mordaza. Utilizar un conjunto de accesorios de montaje de la pastilla nueva (resortes, placas o grapas anti-vibratorias, ajustadores) siempre que sea posible, para garantizar una mejor reparación.

Nota: En ciertas mordazas flotantes puede ser posible desmontar uno de los pasadores guías y pivotar la mordaza hacia arriba o hacia abajo para ganar acceso a las pastillas del freno. Si se decide hacer esto, asegurarse de que al pivotar la mordaza no se dañan las mangueras flexibles del freno.

Desmontaje (en mordazas deslizantes y flotantes):

1. Abrir el capó y localizar el depósito del líquido del cilindro maestro del freno. Limpiar el área alrededor de la tapa del depósito; luego desmontar la tapa. Extraer un poco del líquido de freno del depósito.
2. Aflojar las tuercas de los espárragos de las ruedas en cuestión.
3. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
4. Desmontar las ruedas.
5. Desconectar cualquier sensor electrónico del desgaste de las pastillas del freno.

Nota: No es necesario separar la manguera del freno de la mordaza durante este procedimiento. Si se decide separar la manguera, será necesario purgar el sistema de frenos.

6. Desmontar y suspender la mordaza con un trozo de alambre, cuerda o hilo fuerte y asegurarse de que no se somete a tensión la manguera del freno.
7. Para pastillas de mordaza montadas con soporte, ejecutar lo siguiente:
 - Si lo hay, desmontar cualquier placa anti-chirridos o grapa anti-chirridos, anotando su posición.
 - Desmontar también cualquier muelle anti-vibratorio que pueda haber. Si estos muelles no proporcionan buena tensión, entonces reemplazarlos.
 - Desmontar las pastillas de freno del soporte de la mordaza, sacando la pastilla con las manos o con un golpe leve de martillo, para ayudar.
8. Para pastillas de mordaza montadas con grapas, ejecutar lo siguiente:
 - Algunas pastillas exteriores tienen salientes que están doblados sobre el borde de la mordaza, los cuales aprisionan las pastillas firmemente en la mordaza. Enderezar los salientes con alicates antes de intentar desmontar el freno de la mordaza.
 - Luego, desmontar la pastilla de freno exterior, con un ligero golpe detrás de la pastilla con un martillo.

- Otras pastillas exteriores utilizan una grapa de muelle para montar la mordaza. Para desmontar este tipo de pastilla, presionarla hacia el centro de la mordaza y deslizarlos fuera. Puede ser útil una pequeña palanca.
- Desmontar la pastilla interior tirando de ella fuera del pistón.

Instalación:

9. Limpiar el área de deslizamiento de la mordaza utilizando un cepillo de alambre y atomizador limpiador de frenos.
10. Lubricar el área de deslizamiento de la mordaza y los pasadores, con grasa de freno de alta temperatura.
11. Aplicar compuestos anti-chirridos en el dorso de ambas pastillas de freno. Dejar que el compuesto se endurezca de acuerdo con las instrucciones en el paquete.
12. Instalar una de las pastillas de freno vieja, contra el pistón de la mordaza; luego utilizar una abrazadera en C grande, para presionar el pistón dentro de su cilindro.
13. Instalar todos los accesorios nuevos suministrados con las pastillas nuevas.
14. Para pastillas montadas con soportes, ejecutar los siguientes pasos:
 - Instalar las pastillas en el soporte de la mordaza. Algunas pastillas tienen marcada su posición.
 - Asegurarse de que las muescas, o las orejas, de las pastillas de los frenos están encajadas adecuadamente en el soporte.
 - Colocar la mordaza sobre las pastillas y hacia el soporte de montaje de la mordaza.
 - Instalar el conjunto de montaje de la mordaza y las grapas anti-vibratorias. Apretar los pasadores guía o los pernos de retención según las especificaciones adecuadas.

Nota: se recomienda, como medida de seguridad, utilizar pegamento de bloqueo de roscas en los pernos enroscados de la mordaza.

15. Para pastillas montadas en la mordaza, realizar lo siguiente:
 - Instalar la pastilla interior empujando los dedos de retención de forro dentro del pistón de la mordaza.
 - Si la pastilla exterior tiene una presilla de muelle, deslizar la pastilla sobre el borde de la mordaza dentro del bastidor de la mordaza.
 - Si se tiene la pastilla exterior del estilo de salientes doblados, entonces comprobar el encaje de la pastilla; debe encajar fuerte. Si los salientes no aseguran la pastilla de forma ajustada en la mordaza, colocar la pastilla sobre un trozo de madera y darle un pequeño golpe a los salientes con un martillo para ajustarlos. Esto puede requerir varios intentos para que quede bien.
 - Colocar la mordaza con las pastillas sobre el rotor y, si lo posee, el soporte de mordaza.
 - Instalar los accesorios de montaje de la mordaza y las grapas anti-vibratorias. Apretar los pasadores guía y los pernos de retención, de forma segura.
16. Conectar cualquier sensor eléctrico del desgaste de las pastillas de freno.

17. Asentar las pastillas de freno, de otra forma, el vehículo puede deslizarse cuesta abajo del área de trabajo y dentro del tráfico, antes de que los frenos sean efectivos. Esto requerirá bombear varias veces el pedal del freno, para sentar las pastillas contra el rotor.
18. Si no se consigue un pedal de freno firme, puede ser necesario purgar los frenos.
19. Comprobar el nivel de líquido de freno en el depósito y llenarlo completamente, como sea necesario.
20. Instalar las ruedas y apretar las tuercas de los espárragos.
21. Probar el vehículo en carretera.

MORDAZAS DE FRENO

Para la descripción del desmontaje e instalación de las mordazas, utilizaremos como referencia la mordaza de tipo deslizante.

Existen tres métodos para asegurar la mordaza deslizante en su soporte de montaje: con un pasador de retención, con una chaveta y perno, o con una cuña y pasador de retención. En las mordazas en que se utiliza el método del pasador de retención, se encontrarán pasadores introducidos en la hendidura entre la mordaza y el soporte de la mordaza. En las mordazas que utilizan el método de chaveta y perno, se utiliza una clavija entre la mordaza y el soporte de montaje para permitir a la mordaza que se deslice. La clavija es fijada en su posición por medio de un perno de retención. En las mordazas que utilizan el método de la cuña y el pasador, se utiliza una cuña retenida por un pasador entre la mordaza y el soporte de montaje, más o menos de la misma manera que el método de clavija y perno.

Desmontaje:

1. Aflojar las tuercas de los espárragos de las ruedas en cuestión.
2. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
3. Desmontar las ruedas.
4. Extraer un poco de fluido de freno del depósito de fluido de frenos. Utilizar una bomba de succión limpia y una almohadilla absorbente para hacer esto. No se debe reutilizar ningún líquido de freno que haya sido retirado del sistema.
5. Colocar una bandeja de drenado debajo del área de trabajo. Limpiar el área de la pastilla de freno y el rotor con un atomizador para limpiar frenos.
6. Desconectar todo sensor eléctrico de desgaste de forro de freno.
7. Utilizando una abrazadera en C en la mordaza, asentar el pistón en su cilindro. Colocar un extremo de la abrazadera en C sobre la superficie de atrás de la pastilla exterior del freno y el otro extremo contra el lado interior de la mordaza. Asegurarse de que no se comprime sólo la carcasa de la mordaza, ya que se puede rajarse, necesitando luego la instalación de una mordaza de repuesto.
8. Desmontar todas las grapas de vibración o de retención de la mordaza.
9. En las mordazas que utilizan el método del pasador, desmontar el pasador apretando el extremo del exterior del pasador inferior con un par de alicates, mientras se aplica una palanca sobre el extremo interior. Una vez que las orejas de retención del pasador estén colocadas en la ranura de la mordaza/soporte, utilizar un punzón y un martillo para golpear el pasador inferior sacándolo del resto del tramo de la ranura. Repetir este paso para el pasador superior. Inspeccionar los pasadores por daños, desgaste y óxido. Sustituirlos, si es necesario, en parejas.

10. En las mordazas que utilizan el método de perno y clavija, desmontar el perno de retención; luego utilizar un martillo y un punzón para sacar la clavija. (Tener cuidado de no perder el muelle de soporte de la mordaza, si lo tiene.) Comprobar el desgaste de las piezas y sustituirlas, si es necesario.
11. En las mordazas que utilizan el método de cuña y pasador, desmontar el pasador de retención del disco guía; luego utilizar un punzón y un martillo para sacar el disco guía. Inspeccionar el desgaste de las piezas y reemplazar si es necesario.
12. Si la mordaza se desmonta para una reparación o sustitución, aflojar la válvula de retención de la manguera de freno, sacar la mordaza y desmontar la manguera del freno completamente. Inmediatamente taponar el extremo abierto de la manguera de goma del freno, para evitar contaminación del líquido de freno. Si la manguera de freno estaba acoplada a la mordaza con un tornillo hueco de conexión, asegurarse de desmontar y desechar las dos arandelas de cobre.
13. Si la mordaza no requiere reparación o sustitución, preparar un trozo de alambre, cordón o un trozo de hilo fuerte para sostener la mordaza. No colgar la mordaza por la manguera de freno, podría dañarse.
14. Desmontar la mordaza y suspenderla con un alambre.
15. Si las pastillas de freno salen del rotor con la mordaza, desmontarlos palanqueando las pastillas de freno fuera del pistón de la mordaza.
16. Inspeccionar si la mordaza tiene fugas de líquido, guardapolvo o piezas perdidas. Reconstruir o sustituir la mordaza si se encuentra algún problema.
17. Inspeccionar si la manguera de caucho de freno tiene grietas (rajaduras) o signos de rozamiento contra la carrocería o elementos de la dirección. También es una buena idea sustituirla, si ya lleva más de 10 años, para conservar el adecuado funcionamiento de los frenos.
18. Inspeccionar si las tuberías de metal tienen corrosión y torceduras, provocadas por piedras sueltas de la carretera que golpean debajo del vehículo. Si se encuentra algún problema, sustituir la tubería.
19. Inspeccionar si el rotor tiene ranuras no maquinadas, tensiones térmicas, rajaduras, vidriado, espesor mínimo de desgaste y desviaciones del disco. Sustituir el rotor, o maquinarlo, para reparar el daño.
20. Inspeccionar si las pastillas de freno tienen el espesor mínimo, pérdidas de remaches o vidriado. Instalar pastillas de freno nuevas, si existe alguno de estos problemas.

Instalación:

21. Limpiar las superficies de deslizamiento de la mordaza y el soporte de montaje, con atomizador limpiador de frenos y un pequeño cepillo de alambre. Luego, lubricarlas con grasa de freno de alta temperatura.
22. Si es necesario, colocar las pastillas en la mordaza o en el soporte de montaje.
23. Si se desmontó la manguera de freno, acoplarla nuevamente a la mordaza. Instalar la mordaza en su soporte de montaje.
24. Para las mordazas que utilizan el método del pasador de retención, utilizar un martillo para introducir con pequeños golpes el pasador dentro de su posición. Luego, instalar todas las grapas anti-vibratorias.

25. Para las mordazas que utilizan el método del perno y la clavija, utilizar una palanca para levantar la mordaza y dejar una separación por la que se puedan deslizar la clavija y el muelle. Golpear suavemente la clavija y el muelle introduciéndolos en su posición; luego instalar el perno de retención y todas las grapas anti-vibratorias. Apretar el perno de retención de forma segura.
26. Para las mordazas que utilizan el método de la cuña y el pasador, deslizar las placas guías (cuña) entre las aberturas de la pinza y el soporte de montaje. Luego, instalar el pasador de retención. Apretar el pasador de retención de forma segura.
27. Reacoplar todos los sensores eléctricos de la pastilla de frenos.

Nota: Para el funcionamiento seguro y adecuado del sistema de frenos, es esencial un líquido de freno limpio y de alta calidad. Se debe comprar siempre el líquido de freno de mayor calidad que esté disponible. Si el líquido de freno se contamina, drenar y lavar el sistema. Luego, llenar el cilindro maestro con líquido nuevo.

28. Asentar las pastillas de freno, de otra forma el vehículo puede deslizarse cuesta abajo fuera del área de trabajo, antes de que los frenos sean efectivos. Esto requerirá bombear varias veces el pedal del freno, para asentar las pastillas contra el rotor.
29. Comprobar el nivel del líquido de freno en el depósito y llenarlo completamente, si es necesario.
30. Instalar las ruedas y apretar las tuercas de los espárragos de las ruedas.
31. Probar el vehículo en la carretera.

Cable Del Freno De Parqueo (Para frenos traseros de disco)

El cable de parqueo está conectado a la mordaza del rotor por lo que se debe inspeccionar con cuidado la mordaza para identificar los componentes pertinentes del cable del freno de parqueo, antes de desconectar nada.

1. Destornillar las tuercas de los espárragos de las ruedas en cuestión.
 2. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
 3. Desmontar las ruedas para un acceso más fácil al conjunto de freno.
 4. Liberar la tensión del cable del freno de parqueo.
 5. Inspeccionar con cuidado el montaje del cable del freno de parqueo y los puntos de acoplamiento (en la mordaza). La mayoría de los conductos de los cables de freno de parqueo están fijados a un soporte de montaje, con un dispositivo de contratuerca y tuerca con cierre, o bien con una grapa de retención. Desmontar la contratuerca y la tuerca con cierre, o quitar la grapa de retención de la abrazadera. Luego, desenganchar el conducto del cable del soporte de montaje. Si el vehículo utiliza contratuerca y tuerca con cierre para asegurar el conducto a un soporte, marcar las posiciones de las tuercas en el roscado del conducto del cable, para su reinstalación; si no es posible marcar las roscas, medir (y anotar la medición) desde el extremo del conducto del cable hasta la contratuerca y la tuerca con cierre.
- Con el tubo desacoplado de su soporte de montaje, debe haber suficiente soltura para desenganchar el extremo del cable del freno de parqueo de la palanquilla de la mordaza, o enlace similar. En algunos modelos, puede haber un broche de fijación (presilla, perno, etc.) en el extremo del cable, el

cual tiene que desmontarse antes de que se pueda desacoplar el cable de la mordaza.

6. Desacoplar el cable del freno de parqueo de la palanquilla de la mordaza, o el enlace. A menudo, el extremo del cable tiene que torcerse hacia arriba y alrededor para desengancharlo de la palanquilla de la mordaza.
7. Desmontar la mordaza, como se describió anteriormente.

Instalación:

8. Después de instalar la mordaza de freno, como se describió anteriormente, reacoplar el extremo del cable del freno de parqueo, en la palanquilla de la mordaza. Si lo tiene, instalar el broche de fijación del extremo del cable.
9. Colocar el conducto del cable en el soporte de montaje. Luego, instalar las presillas de retención o bien la contratuerca y tuerca con cierre. Si tiene contratuerca y tuerca con cierre, colocar las tuercas en el conducto del cable de manera que las tuercas queden colocadas como antes (utilizando las marcas en las roscas o una regla).
10. Ajustar la tensión del cable del freno de parqueo.
11. Instalar las ruedas y ajustar las tuercas de los espárragos de las ruedas.
12. Bajar el vehículo.
13. Apretar las tuercas de los espárragos de las ruedas completamente.
14. Presionar el pedal de freno varias veces para asegurarse de que las pastillas de freno están completamente asentadas.

Nota: Si no se asientan los frenos antes de conducir el vehículo, las primera veces que se pise el pedal del freno es posible que el vehículo no se detenga como se esperaba; lo cual traería como resultado un accidente.

Rotores De Freno

Inspección:

Para inspeccionar el rotor de freno, desmontar la mordaza sin desconectar la manguera flexible del freno y las pastillas. El rotor debe ser maquinado o reemplazado por uno nuevo, si existe alguna de las condiciones siguientes:

- Azulado o excesiva decoloración debido al calor.
- Rajaduras o pérdida de algún trozo.
- Rayado excesivo (trazar una línea con un bolígrafo sobre el rotor: si la línea se observa, entrecortada, el rotor debe ser maquinado).
- Excesiva desviación.

Utilizar un micrómetro para medir el grosor del rotor de freno. El mínimo espesor permitido de cada rotor de freno está normalmente indicado en el propio rotor. No utilizar un rotor que esté desgastado por debajo del espesor mínimo permitido.

Utilizar un indicador de aguja (esfera) para medir la cantidad de desviación del rotor, mientras rota el rotor del freno. Generalmente, la cantidad máxima de desviación permitida es 0.006 plg (0.15 mm); si la desviación es mayor que esto, reemplazar el rotor por uno bueno.

Desmontaje:

Nota: en algunos vehículos, el fabricante instala presillas de retención sobre una o dos de las tuercas de los espárragos de las ruedas, para fijar el rotor durante el montaje. A pesar de que, en general, se piensa que esos retenedores no son necesarios y pueden desecharse, es una buena idea volver a instalarlos de todas formas. Otros fabricantes usan uno o dos tornillos pequeños, para plancha de metal, para fijar el rotor en su lugar sobre el cubo; estos tornillos deben volver a instalarse.

1. Aflojar las tuercas de los espárragos de las ruedas en las ruedas en cuestión.
2. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
3. Desmontar las ruedas.
4. Limpiar completamente el conjunto del freno, con atomizador limpiador para frenos.
5. Desmontar la mordaza.
6. Si hay algún retenedor alrededor del rotor, desmontarlo. El tipo de retenedor de tuerca de presión normalmente se daña durante el desmontaje; desechar los retenedores viejos y comprar nuevos.
7. Desmontar el rotor. En algunos vehículos, el rotor simplemente se desliza fuera del montaje de las ruedas. Sin embargo, algunos rotores están metidos a presión en su emplazamiento y tienen que desmontarse atornillando los pernos de apriete en los orificios roscados al efecto, para de este modo, forzar la salida del rotor fuera del cubo. Otros rotores, no equipados con orificios roscados para pernos de presión hacia fuera, pueden requerir el empleo de un extractor, para desalojarlo del cubo.

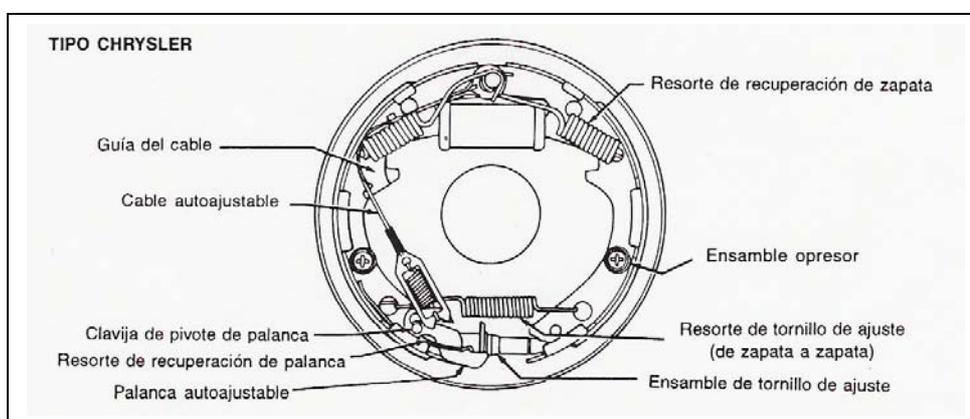
Nota: El rotor se puede oxidar, en éstos casos se recomienda rociar con abundancia el área con un aceite penetrante y luego, aflojar con pequeños golpes el rotor.

Instalación:

Nota: Los rotores nuevos vienen con la superficie de frenado aceitada con una capa protectora antioxidante. Esta capa puede eliminarse con un limpiador de piezas de freno. Se debe asegurar que todo resto de la capa es eliminado. Dejar secar el rotor antes de su instalación.

8. Colocar el rotor sobre el cubo e instalar todos los retenedores.
9. Instalar la mordaza.
10. Instalar las rueda.
11. Bajar el vehículo.
12. Asentar las pastillas de freno. De otra forma, el vehículo puede deslizarse cuesta abajo, fuera del área de trabajo y dentro del tráfico, antes de que los frenos sean efectivos. Esto requerirá bombear varias veces el pedal del freno, para asentar las pastillas contra el rotor.
13. Comprobar el sistema de freno para un funcionamiento correcto.

FRENOS DE TAMBOR



TAMBOR DE FRENO

Nota: La mayoría de los vehículos tiene tapones de goma en las placas de anclaje que hay que desmontar para acceder a los ajustadores de freno. Sin embargo, algunos vehículos se construyen con lo que se conoce como tapones desmontables. Son áreas en la placa de soporte que están hechas para ser desmontadas con un martillo y un punzón. Una vez que el tambor está afuera, se desmonta el tapón desmontable y se utiliza un tapón de goma en su lugar.

Inspección:

1. Desmontar el tambor de freno del vehículo.

Nota: Mientras se desmonta el tambor de freno del vehículo, se debe inspeccionar el cilindro de la rueda para localizar daños o fugas.

2. Limpiar completamente el tambor de freno.

Nota: Las zapatas de frenos viejas pueden contener amianto, el cual se ha determinado que es un agente causante de cáncer. No se deben limpiar las superficies de frenos con aire comprimido y se debe evitar inhalar polvo de una superficie de freno. Cuando se limpian superficies de freno, utilizar un líquido comercialmente disponible para limpiar frenos.

3. Inspeccionar el tambor de freno por si tiene rajaduras, arañazos, ranuras profundas, etc. Un tambor dañado es inseguro para el uso y debe ser sustituido inmediatamente. No intentar soldar un tambor rajado. Si el tambor muestra arañazos y hay suficiente metal en el diámetro interior del tambor, se debe rectificar. Los arañazos ligeros se pueden suavizar utilizando una tela de esmeril.
4. Inspeccionar el tambor por si tiene desgaste excesivo midiendo el diámetro interior del tambor de freno con un calibrador de mordazas. El diámetro interior máximo permisible del tambor debe estar impreso en el mismo tambor.
5. Si el tambor de freno muestra daños, o si el diámetro inferior es mayor que el especificado, sustituirlo por uno nuevo.

Desmontaje (tambores no integrales):

Los tambores de freno son componentes separados o una parte integral del conjunto del cubo. Los tambores de freno no integrales, (no forman parte del cubo), están fijados sobre la brida del eje o el cubo por la rueda y las tuercas de los espárragos; una vez que se desmonta la rueda, el tambor del freno se puede sacar de la brida del eje.

Nota: Si resulta difícil desmontar el tambor, se recomienda aflojar las zapatas de freno ajustando su posición con una cuchara de freno. A menudo se gana acceso para ajustar las zapatas de freno a través de un pequeño orificio en la placa de anclaje. Si se fuerza el tambor del freno para sacarlo de una brida del eje sin aflojar las zapatas de freno, pueden dañarse componentes del freno o del eje.

Hay tambores que están retenidos en el cubo con uno o dos pernos pequeños. Algunos tambores pueden sacarse fuera del cubo instalando dos pernos pequeños en orificios enroscados en el tambor; a medida que estos pernos se aprietan, empujan lentamente el tambor fuera del cubo. Ocasionalmente un tambor es difícil de desmontar debido a que se atora sobre la brida del cubo; estos tambores tienen que sacarse palanqueando suavemente entre el tambor y el plato de soporte (anclaje), mientras se aplica aceite penetrante en el punto de contacto del tambor/brida.

Algunos vehículos viejos tienen un conjunto de tambor que encaja sobre estrías en el extremo del vástago del eje. Otros se oxidan, si esto ocurre, se recomienda rociar la zona alrededor de cada espárrago de rueda trasera con un aceite penetrante. Dejar que el aceite penetrante actúe un rato. Luego, tratar de sacar o palanquear el tambor hacia fuera.

Nota: Es siempre una buena idea usar protección en los ojos cuando se trabaje en los componentes de freno, especialmente en frenos de tambor. Los frenos de tambor utilizan a menudo potentes resortes que podrían causar daños severos en los ojos, si se rompen accidentalmente.

ZAPATAS DE FRENO

La mayoría de los vehículos utilizan dos zapatas primarias, delanteras, o de ataque y dos zapatas secundarias o de reversa, del tipo de expansión interna en el tambor de freno, con mecanismos auto-ajustables. El mecanismo auto-ajustable puede tener varias formas, pero la gran mayoría utiliza el tipo de rueda estrella, localizado entre los extremos interiores de las dos zapatas, o el tipo de trinquete, localizado directamente debajo del cilindro de la rueda. Cuando se utiliza el tipo de ajuste por trinquete, los extremos bajos de las zapatas de freno descansan normalmente en un disco de anclaje.

Las zapatas de freno tienen que sustituirse como un juego por eje. Esto es, no sustituir sólo las zapatas en un lado del vehículo deben sustituirse en ambos lados. Sustituir las zapatas en un solo lado, traerá como consecuencia un deficiente comportamiento del frenado. Además, si las zapatas están más desgastadas en un lado que en el otro, es que hay un funcionamiento defectuoso del sistema de frenos. Inspeccionar el sistema de frenos, si es necesario, reparar el problema antes de proceder.

No es una buena idea desmontar al mismo tiempo los frenos en ambos lados. Hay muchas piezas implicadas que tienen que ser reemplazadas en un cierto orden. Trabajar solo en un lado cada vez. Si se llega a estar confuso de la posición particular de varias piezas durante la sustitución de la zapata de freno, consultar el otro lado. Recordar, sin embargo, que el otro lado es una imagen reflejada (todo está invertido).

Inspección:

1. Desmontar el tambor de freno.
2. Inspeccionar si el material de la zapata de freno tiene rajaduras, evidencia de humedad o están desmenuzados. Sustituir las zapatas por otras nuevas, si se encuentra alguno de estos daños. Si la presencia de humedad es evidente, reparar el componente que tiene fugas antes de instalar las zapatas nuevas.
3. Medir el espesor del material de la zapata de freno (sin incluir la base de la zapata). Generalmente, el mínimo espesor permisible es de 1/16 plg (1.6 mm) sobre la cabeza del remache (para material de fricción montado con remache) o 3/32 plg (2.4 mm) desde la base de la zapata (para material de fricción pegado).
4. Si una de las zapatas de freno está desgastada o por debajo del límite permisible, tienen que sustituirse las cuatro zapatas de freno traseras.

Nota: Nunca pulir el revestimiento de la zapata con papel de lija, debido a que las partículas duras del papel de lija se pueden quedar incrustadas en la zapata, lo cual dañará la superficie de contacto del tambor. Si la pastilla de la zapata está dañada, excesivamente desgastada o desigualmente desgastada, las zapatas deben reemplazarse.

5. Instalar el tambor de freno.

Desmontaje (Modelos con doble resorte de retorno y ajustador de tipo rueda de estrella)

1. Desmontar el tambor de freno.
2. Rociar completamente el conjunto del freno con un limpiador para piezas de freno y dejarlo secar. De forma similar, rociar el interior del tambor.
3. Inspeccionar si el tambor tiene desgaste y/o daños, como ranuras profundas, excesiva delgadez, rajaduras, etc. Maquinar o reemplazar el tambor, si es necesario. Cuando se maquine, respetar la especificación de diámetro máximo. El diámetro máximo de maquinado está estampado en el tambor. Si la superficie de frenado del tambor muestra signos de decoloración azul, indica sobrecalentamiento. Si el azulado es extenso, el tambor tiene que ser reemplazado. Un azulado extenso indica un debilitamiento del metal.
Se recomienda anotar la localización de todos los resortes y presillas, para un montaje correcto. Esto hará el montaje posterior mucho más fácil.
4. Retraer completamente el ajustador, rotando la rueda de estrella para liberar la tensión del resorte inferior.
5. Desmontar el conjunto de la rueda de estrella y palanca de ajuste de en medio de las dos zapatas de freno.
6. Utilizando una herramienta para resortes de freno, desmontar los dos resortes de retorno superiores.
7. Desmontar el cable de ajuste y la guía del cable.
8. Desmontar el disco del bloque de anclaje.
9. Utilizando una herramienta para sujeción de resortes, o unos alicates, mientras con una mano se sujeta la parte trasera de la clavija de montaje del resorte, presionar hacia dentro sobre la placa de sujeción del resorte, girarla ligeramente para alinear las muescas y las orejas de la clavija. Luego, desmontar el conjunto del resorte de sujeción con la otra mano. Desmontar el otro resorte de sujeción de la misma manera.
10. Sacar las zapatas de los pasadores y desmontar los pasadores del plato de soporte.
11. Desmontar el eslabón del freno de parqueo.
12. Retrasar el muelle del cable del freno de parqueo y girar y sacar el cable de la palanca del freno de parqueo.
13. La palanca del freno de parqueo está sujeta en la zapata trasera con una presilla de herradura. Abrir la presilla y desmontar la palanca y la arandela.

Instalación:

14. Limpiar completamente y secar el plato de soporte y el conjunto de la rueda de estrella.
15. Lubricar los salientes del plato de soporte, la superficie del disco de anclaje y el roscado de la rueda de estrella, y los puntos de contacto, con grasa de silicona. La grasa de alta temperatura para cojinetes de rueda o la grasa sintética también sirven para esta aplicación.

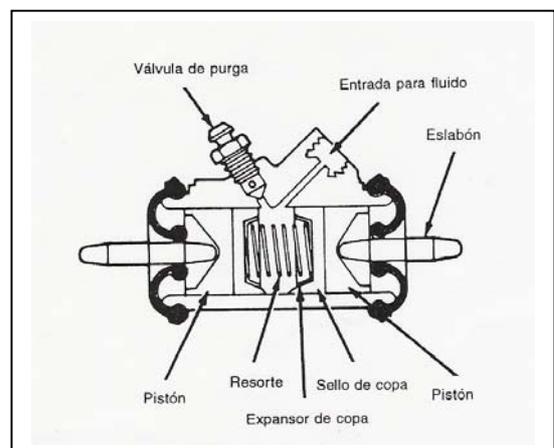
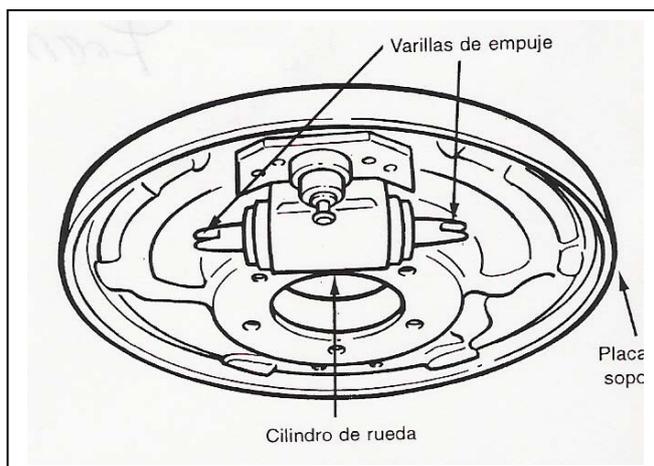
Nota: Cuando se aplique lubricante al plato de soporte y otros componentes, no utilizar un exceso de grasa que pueda llegar a esparcirse sobre el material de fricción de las zapatas de freno nuevas. Esto puede afectar adversamente al comportamiento de las zapatas de freno nuevas; por consiguiente, aumenta la distancia de frenado del vehículo.

16. Insertar el espárrago/pivote de la palanca del freno de parqueo, a través del orificio practicado en la zapata trasera. Luego, instalar una arandela ondulada nueva y la presilla de herradura. Apretar los extremos de la presilla hasta que la presilla no pueda salirse del espárrago/pivote de la palanca.
17. Conectar el cable del freno de parqueo en la palanca.
18. Colocar el conjunto de la zapata trasera en el plato de soporte e instalar el pasador de sujeción y el conjunto del resorte.
19. Instalar la zapata delantera y asegurarla con el conjunto del resorte de sujeción.
20. Colocar el eslabón del freno de parqueo y el resorte entre la zapata delantera y la palanca del freno de parqueo.
21. Colocar el cable de ajuste en la clavija del disco de anclaje, instalar la guía del cable y colocar el cable a través de la guía.
22. Asegurarse de que la muesca en el extremo superior de la zapata está encajada con el pistón del cilindro de rueda o la clavija del pistón.
23. Colocar el resorte de retorno de la zapata trasera en la guía y en el orificio de la zapata, utilizando una herramienta para resortes de freno; estirar el resorte hacia la clavija del disco de anclaje. Asegurarse de que la guía del cable permanece en su lugar.
24. Colocar el resorte de retorno de la zapata delantera dentro de su orificio en la zapata.
25. Asegurarse de que el eslabón del freno de parqueo está colocado adecuadamente y que el extremo superior de la zapata entra en el cilindro de rueda o encaja en el pistón de cilindro de rueda.
26. Utilizando una herramienta para resortes, estirar el resorte dentro de su lugar en la clavija del disco de anclaje.
Si la zapata no encaja adecuadamente en el eslabón o en el pistón del cilindro de rueda, intentarlo de nuevo desmontando el resorte.
27. Colocar la palanca de ajuste en su orificio de la zapata trasera y engancharle el cable.
28. Colocar el resorte inferior en su agujero en la zapata delantera. Sujetar el muelle con unos alicates de sujeción y estirarlo para engancharlo en el orificio de la palanca de ajuste. Asegurarse de que el cable queda en su lugar, sobre la guía.
29. Comprobar que las zapatas están colocadas uniformemente en el plato de soporte.
30. Girar la rueda de estrella para desplegar las zapatas hasta el punto en que se pueda instalar el tambor con una resistencia al movimiento muy ligera.
31. Instalar el tambor y ajustar la rueda de estrella hasta que el tambor no se pueda girar. Entonces, retroceder el despliegue lo justo para que el tambor se pueda girar sin resistencia al movimiento.
32. Instalar las ruedas, bajar el vehículo y comprobar la acción de los frenos. El pedal de los frenos debe sentirse firme.

33. Para activar los ajustadores, algunos vehículos requieren tirar rápido de la palanca del freno de parqueo, varias veces. En la mayoría, sin embargo, deben hacerse con el vehículo cortos recorridos de retroceso (reversa), de alrededor de 10 pies (3 m) cada uno.

CILINDROS DE RUEDA

Los cilindros de rueda están sujetos en su lugar sobre el plato de soporte, ya sea con pernos o con presillas de resorte. Si el cilindro de la rueda lleva mucho tiempo en su sitio, los pernos o las presillas pueden estar oxidados; también lo puede estar la tuerca de conexión de la tubería del freno. Los planos de la tuerca de conexión se redondean fácilmente. También, la tuerca de conexión puede estar oxidada con la tubería, lo que significa que se torcerá la tubería cuando se gire la rosca de conexión. Por lo anterior, se recomienda empapar completamente con aceite penetrante el área donde la tubería del freno enrosca con el cilindro de la rueda. También aplicar aceite penetrante a los pernos de montaje o a las presillas.



Si se enfrenta con problemas, aquí van algunas sugerencias generales:

- Utilizar una llave para tuercas de conexión en las tuercas de conexión, pues las llaves para tuercas de conexión están diseñadas para reducir la posibilidad de que se redondeen los planos de la tuerca de conexión.
- Utilizar una llave de tubo o, si el espacio lo permite, un socket o dado en los pernos. El agarre a la cabeza de los pernos será mejor y se evitará que se redondeen. Si se redondea la cabeza de un perno, habrá que intentar, utilizando una pinza de sujeción, una de esas llaves diseñadas para pernos con la cabeza redondeada, un desintegrador de tuercas (si el espacio lo permite) o amolar la cabeza del perno.
- Si la tubería del freno no se mueve, se teme torcer la tubería o se redondeó la tuerca de conexión, intentar esto: desmontar los pernos del cilindro de la rueda o las presillas y empujar el cilindro de la rueda, con la tubería acoplada, lejos del disco de soporte (anclaje). Normalmente, hay suficiente juego en la tubería del freno. Sujetar la tuerca de conexión con una pinza de sujeción y tratar de girar el cilindro de la rueda. El cilindro de la rueda ofrece una mayor ventaja mecánica que la tuerca de conexión. Si nada funciona, desconectar la tubería de la caja de conexión. Habrá que instalar una tubería nueva.

Desmontaje (Tipo con pernos)

1. Aflojar las tuercas de los espárragos de las ruedas aplicables.
2. Levantar y soportar con seguridad el vehículo.
3. Desmontar las ruedas.
4. Desmontar el tambor.
5. Desmontar las zapatas de freno
 - En algunos vehículos, es posible desmontar el cilindro de rueda con sólo desmontar los muelles de retorno y separar las zapatas lo suficiente. Nosotros no recomendamos esto por dos razones: el desmontaje del cilindro del freno trae algún derrame de líquido de freno (el líquido de freno puede contaminar el material de fricción de la zapata de freno) y dejar las zapatas de freno en el plato de soporte puede reducir el espacio de trabajo e interferir en el trabajo.
6. Aflojar el acoplamiento de la tubería del líquido de freno. Luego, separar la tubería del cilindro de rueda.
Se recomienda taponar la tubería inmediatamente para evitar la contaminación del líquido de freno, debido a que el líquido de freno absorbe el vapor de agua de la atmósfera muy rápido. El agua reduce la efectividad del líquido de freno, causando que se incremente el debilitamiento del freno.
7. Desmontar los pernos del cilindro de rueda y separar el cilindro del plato de soporte.

Instalación:

8. Limpiar el plato de soporte completamente.
9. Aplicar una capa muy fina de sellador de silicona RTV a la superficie de montaje del cilindro. Esto ayudará a impedir que la humedad y el polvo entren en los frenos.
10. Colocar el cilindro en el plato de soporte. Luego, instalar los pernos de retención.
11. Reacoplar la tubería del freno en el cilindro de rueda.
12. Instalar las zapatas de freno.
13. Instalar el tambor.
14. Purgar el sistema de frenos.
15. Ajustar las zapatas de freno.
16. Instalar las ruedas y apretar las tuercas de los espárragos de las ruedas.

AJUSTE DE FRENOS DE TAMBOR:

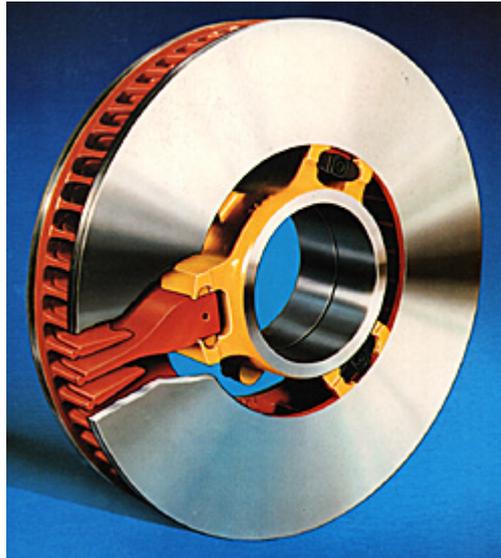
La mayoría de los frenos de tambor son auto-ajustables, pero se recomienda realizar un ajuste cuando se sustituyen los tambores. Comúnmente, el ajuste se ejecuta con un ajustador de expansión que consta de un manguito/espárrago roscado, girando la tuerca estriada, o la expansión de una rueda de estrella, o contrayendo los resortes de las zapatas de freno. Este ajustador puede ser accesible sin necesidad de desmontarse el tambor.

1. Levantar el vehículo y soportarlo con seguridad.
2. Liberar el freno de parqueo y colocar la transmisión en neutral para permitir que las ruedas giren libremente.
3. Desmontar el tapón de goma en el plato de soporte del freno e insertar una herramienta de ajuste del freno.
4. Si se está aplicando presión de freno, o sea, expandiendo los frenos, girar la rueda de estrella o ajustador estriado, hasta que las zapatas de freno bloqueen el tambor, esto es que impidan su movimiento.
6. Después quitar el ajuste, lo necesario para que el tambor pueda girar libremente y sin ninguna resistencia.
7. Si el vehículo está equipado con autoajuste, encontraremos que el ajustador no se le puede quitar el ajuste debido a que la palanca de ajuste lo está sujetando en su lugar. Habrá que insertar un pinzón fino, o un dispositivo similar, en el orificio, con la herramienta de ajuste de frenos. Empujar ligeramente sobre la palanca de soporte para librar el ajustador.
Algunos modelos de vehículos utilizan ajustadores de tipo leva. Con éstos, una espiga con un hexágono o con cabeza cuadrada sobresale a través del plato de soporte. Girando esta espiga, se rota una leva excéntrica que contacta con la zapata de freno. En una dirección de giro, se empuja la zapata hacia fuera; en la dirección contraria, la leva se aleja de la zapata y permite a los muelles tirar de la zapata y alejarla del tambor.

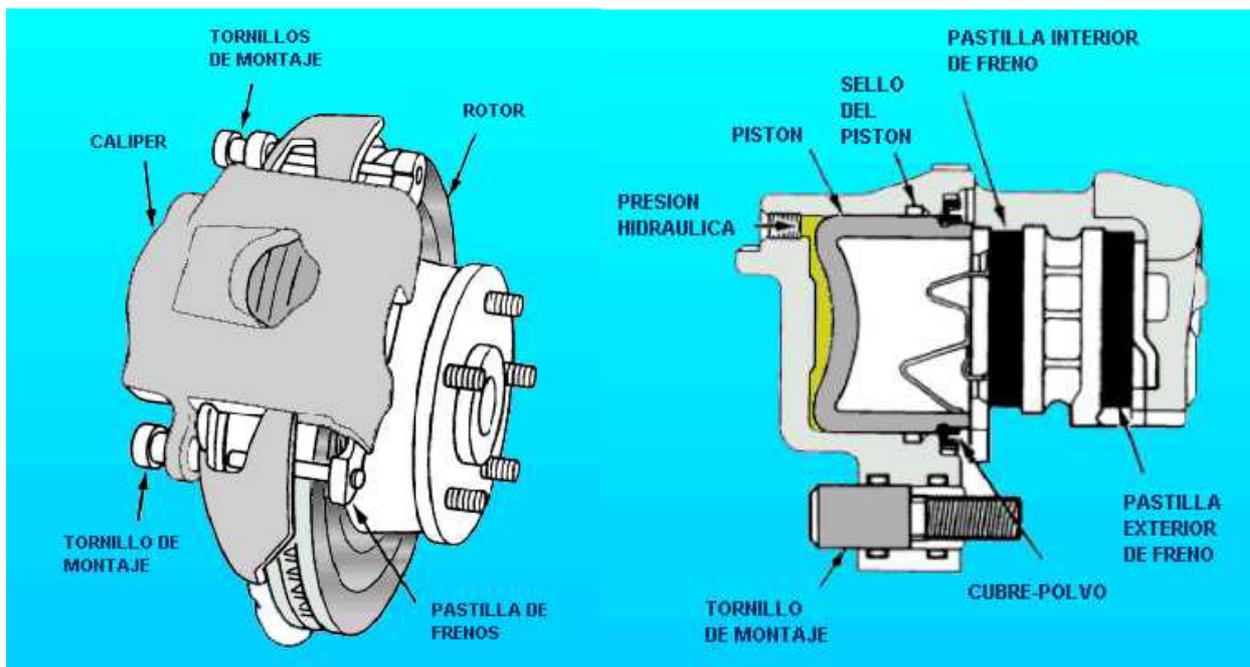
CABLE DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO (para frenos traseros de tambor)

La mayor parte de los frenos de estacionamiento mueven cables tejidos de acero unidos sólo a los frenos traseros y accionan las zapatas a través de la palanca de freno de estacionamiento. Dicha palanca se encuentra unida al cable y a la zapata secundaria. La fuerza del freno de estacionamiento se transmite a la zapata primaria a través de una barra plana de acero que se llama puntal de freno de estacionamiento. Alrededor del extremo del puntal ranurado hay un resorte conocido como resorte de anti-traqueteo que evita que el puntal haga un sonido de matraca cuando no está aplicado el freno de estacionamiento. La norma para los frenos de estacionamiento requiere que el vehículo se mantenga estacionario en una pendiente de 30%, ya sea mirando hacia arriba o hacia abajo. Muchos sistemas de freno de estacionamiento de tambor sujetan la palanca de freno de estacionamiento a la zapata secundaria y empujan a la zapata de freno primario contra el tambor. El cable de freno de estacionamiento entra a la placa de apoyo desde el frente del vehículo.

Una forma fácil para recordar cómo reinstalar un freno de tambor es tener presente que la palanca de freno de estacionamiento suele estar ligada a la zapata de freno secundaria trasera. El puntal de freno de estacionamiento se sujeta entre las zapatas con el resorte hacia el frente del vehículo



MANUAL TÉCNICO DEL SISTEMA DE FRENADO RH



CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE LAS FUERZAS DESARROLLADAS EN EL FRENADO.

1.INTRODUCCIÓN.

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.

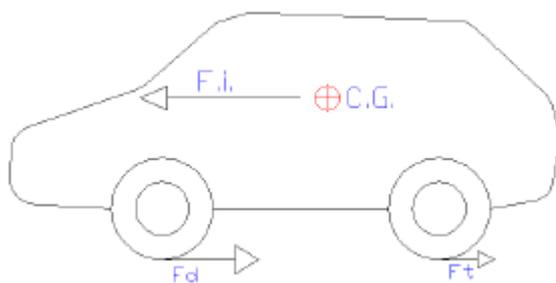
El principio de funcionamiento de un sistema de frenado es la reducción de la energía cinética y/o potencial para transformarla en energía calorífica. Con esta transformación de energía se consigue la reducción de la velocidad del vehículo.

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, este reparto **estático** de cargas se modifican en condiciones **dinámicas** según las aceleraciones o deceleraciones a que se ve sometido el vehículo.

Las principales fuerzas en juego en el proceso de frenado del vehículo son las que se representan en el esquema siguiente:



Esquema de las fuerzas en juego en el proceso de frenado

Como se puede observar en el diagrama, la inercia del vehículo al frenar genera una fuerza (F_i) que actúa sobre el centro de gravedad del vehículo y que

normalmente, al estar este punto situado a mayor altura que el eje de las ruedas, genera un par de cabeceo en el vehículo que modifica el reparto de cargas sobre los ejes. Aunque dicho reparto de cargas dinámicas durante la frenada depende de otros factores tales como el reparto de cargas estáticas, alturas del centro de gravedad y otros, se puede estimar que en un vehículo **tipo** dicho reparto de masas en una situación dinámica es el 75 % sobre el delantero y un 25 % sobre el eje trasero.

Esta situación supone que tanto el dimensionamiento de los frenos delanteros y trasero así, como las características del material de fricción de las pastillas o zapatas, han de tener distintas dimensiones y/o coeficientes para evitar el bloqueo de las ruedas traseras.

De producirse el bloqueo del eje trasero, la estabilidad direccional del vehículo quedaría enormemente comprometida y en dicha situación el coche tendería a girar sobre su eje, como se verá más adelante con mayor detalle.

2. 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.

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

Esta tabla ha sido confeccionada con las dimensiones de un vehículo de tamaño medio.

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.

3. 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 ($\mu=0,75$), 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 $\mu=0,2$ 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.

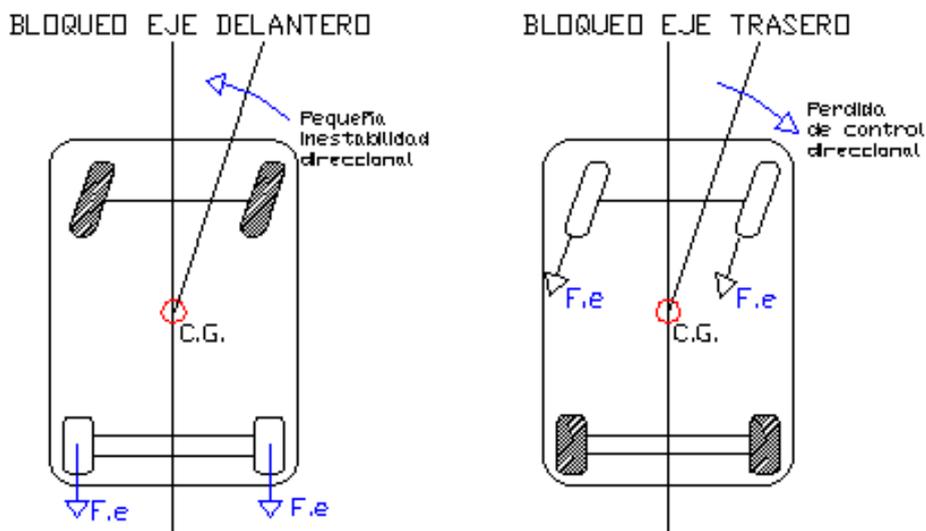


Diagrama de las fuerzas provocadas por el bloqueo de un eje.

De lo anterior se deducen en algunas conclusiones importantes:

1. El bloqueo de las ruedas del eje trasero de un vehículo de dos ejes produce una gran inestabilidad direccional de carácter irreversible.
2. El bloqueo de las ruedas del eje delantero de un vehículo de dos ejes puede producir pérdida de control direccional.
3. 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.
4. El bloqueo hace disminuir el coeficiente normal de adherencia ($\mu=0,7$), pasando al valor de rozamiento en deslizamiento ($\mu=0,2$), 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 aprovechase al máximo la adherencia.

De esto 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.

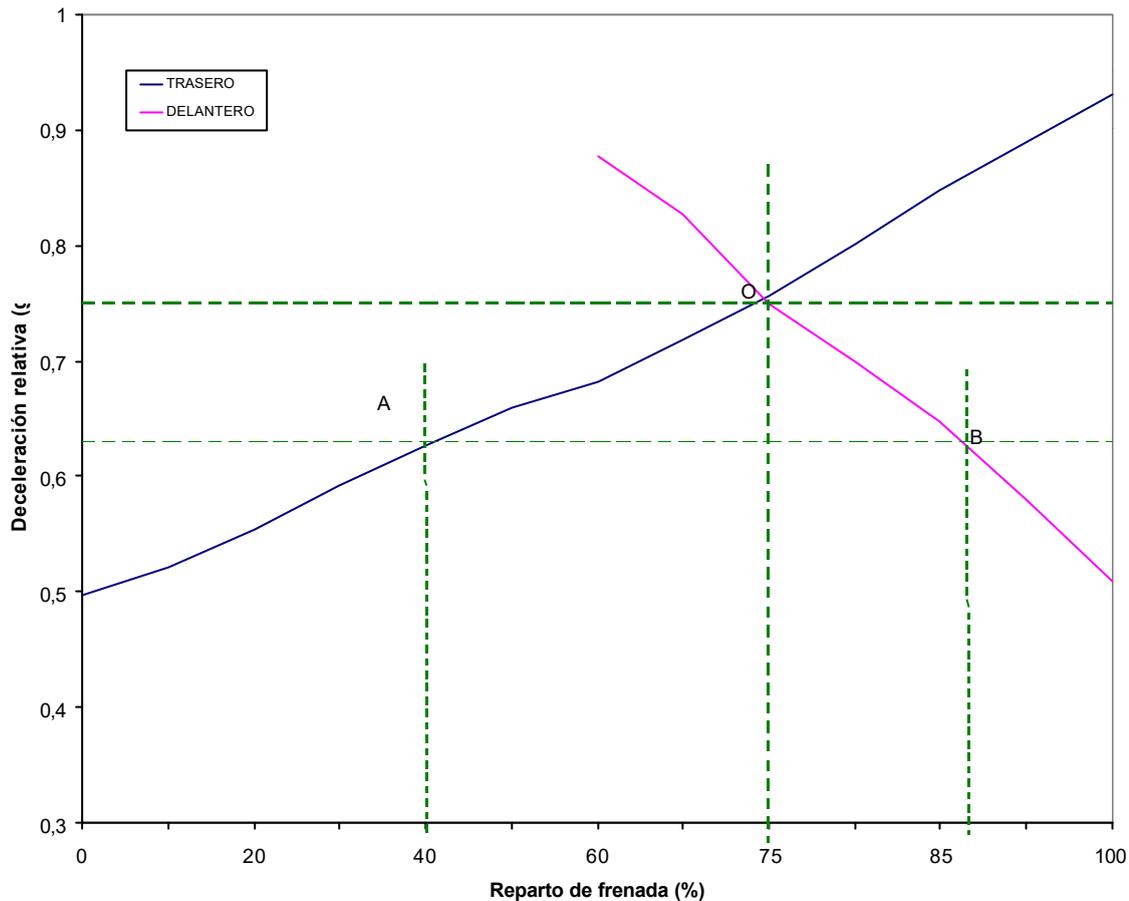
4.- REPARTO ÓPTIMO DE LAS FUERZAS DE FRENADO.

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 de 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).



Gráfica que representa el reparto óptimo de frenada entre ambos ejes.

Para un valor de adherencia entre el neumático y el suelo de valor $\mu = 0,80$. El punto O, de intersección de ambas curvas, corresponde al frenado óptimo y, por tanto, a un reparto de esfuerzos de frenada como se ha descrito anteriormente. Si en el vehículo se estableciese un reparto de frenada con un 86% de frenada en el eje delantero y un 14% en el eje trasero (Punto B), se alcanzaría antes el bloqueo en las ruedas delanteras, consiguiéndose una deceleración máxima 0,62, muy por debajo del valor óptimo. Si por el contrario, el coeficiente de reparto de frenada se establece en un 40% en las ruedas delanteras y un 60% en las traseras, (punto A). Bloquearían antes las ruedas traseras y el límite de la deceleración quedaría establecido, también en un valor de 0,62 muy por debajo del valor óptimo y además con los perjuicios que provoca el bloqueo del eje trasero, visto anteriormente. Como vemos la mejor solución es la representada en el punto O con un reparto de frenada de un 75% en el eje delantero y un 25% en el trasero.

Para que estos valores de reparto de frenada se mantengan dentro de la máxima adherencia consiguiendo así la mayor deceleración, los vehículos van equipados con reguladores de presión que consiguen la variación de la presión del circuito trasero para evitar el bloqueo de los neumáticos y las consecuencias negativas que ya se han comentado.

CAPÍTULO 2 INTRODUCCIÓN A LA TRIBOLOGÍA.

1. ¿QUÉ ES LA TRIBOLOGÍA?

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

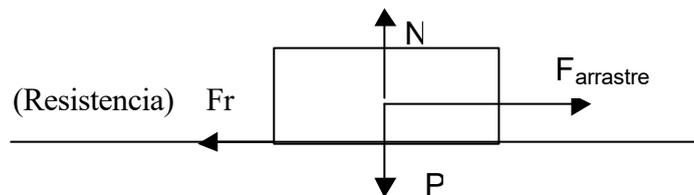
consecuencia de la fricción y el desgaste, equivale a un desperdicio energético anual del orden de 3 billones de pesetas.

2. 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.

$$\mu = \frac{F}{N} \quad \frac{(Kg)}{(Kg)}$$



Hay que distinguir entre dos situaciones:

1. 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.
2. FUERZA DE FRICCIÓN CINÉTICA O DINÁMICA: La necesaria para mantener el movimiento. De valor menor a la anterior.

Las leyes fundamentales de la fricción son:

- ◆ *La fuerza de fricción es proporcional a la fuerza normal.*
$$F = \mu \cdot N$$
- ◆ *La fuerza de fricción es independiente del área aparente de contacto (A_a). Por esta razón objetos grandes y pequeños del mismo par de materiales, presentan el mismo coeficiente de fricción.*
- ◆ *La fuerza de fricción teóricamente es independiente de la velocidad de deslizamiento (aunque no es así en la práctica debido a la sensibilidad*

de los materiales de fricción a la presión, a la velocidad y a la temperatura).

Los coeficientes de fricción típicos que presenta el acero cuando se desliza sobre otros materiales son los que aparecen en la siguiente tabla.

Material 1 Vs. Material 2		μ
Acero	Acero	0,62
Bronce	Acero	0,24
Grafito	Acero	0,10

A escala microscópica, las superficies de los sólidos presentan cimas y valles, que podemos evaluar midiendo su rugosidad. Debido a esta rugosidad cuando dos superficies entran en contacto, no lo hacen en todo el área aparente de contacto (A_a), sino que el contacto se verificará solo en algunos puntos de estas rugosidades.

A la suma de las áreas de los puntos en los que se verifica el contacto, la denominaremos área real de contacto (A_r). Esta área es independiente del área aparente de contacto.

Estos puntos de contactos son los encargados de soportar la carga normal y de generar la fuerza de fricción.

Cuando la carga normal aumenta, el número de puntos en contacto aumenta, aumentando el área real de contacto a pesar de mantenerse invariable el área aparente.

La fuerza de fricción es debida a varios efectos que suponen aportación de energía:

- ✓ Adhesión: principal componente de la fricción.
- ✓ Deformación.
- ✓ A la interacción entre asperezas.

La existencia de capas contaminantes entre el disco de freno y el material de fricción reduce considerablemente las fuerzas de fricción.

La existencia de una fuerza de fricción hace aumentar el área real de contacto y aumenta el barrido de la capa intermedia (tercera capa), aumentando la adhesión respecto al simple contacto.

Es importante destacar que a altas velocidades de deslizamiento de una superficie contra la otra, se aumenta la temperatura debido a la fuerza de rozamiento entre ambos materiales que se oponen al movimiento con lo cual se

produce una conversión de la energía cinética en calor (energía térmica) con el consiguiente aumento de la temperatura de ambas superficies.

3. 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.

CAPÍTULO 3 EL SISTEMA DE FRENADO.

El sistema de frenos de un vehículo moderno está compuesto por los siguientes elementos:

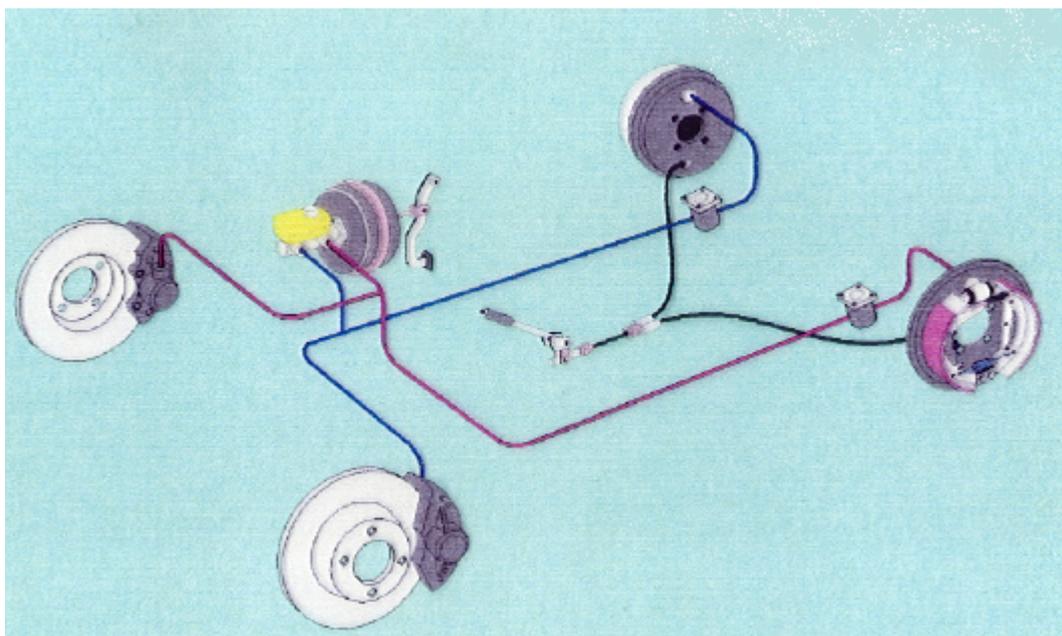


Diagrama de un sistema de frenos configurado de forma diagonal.

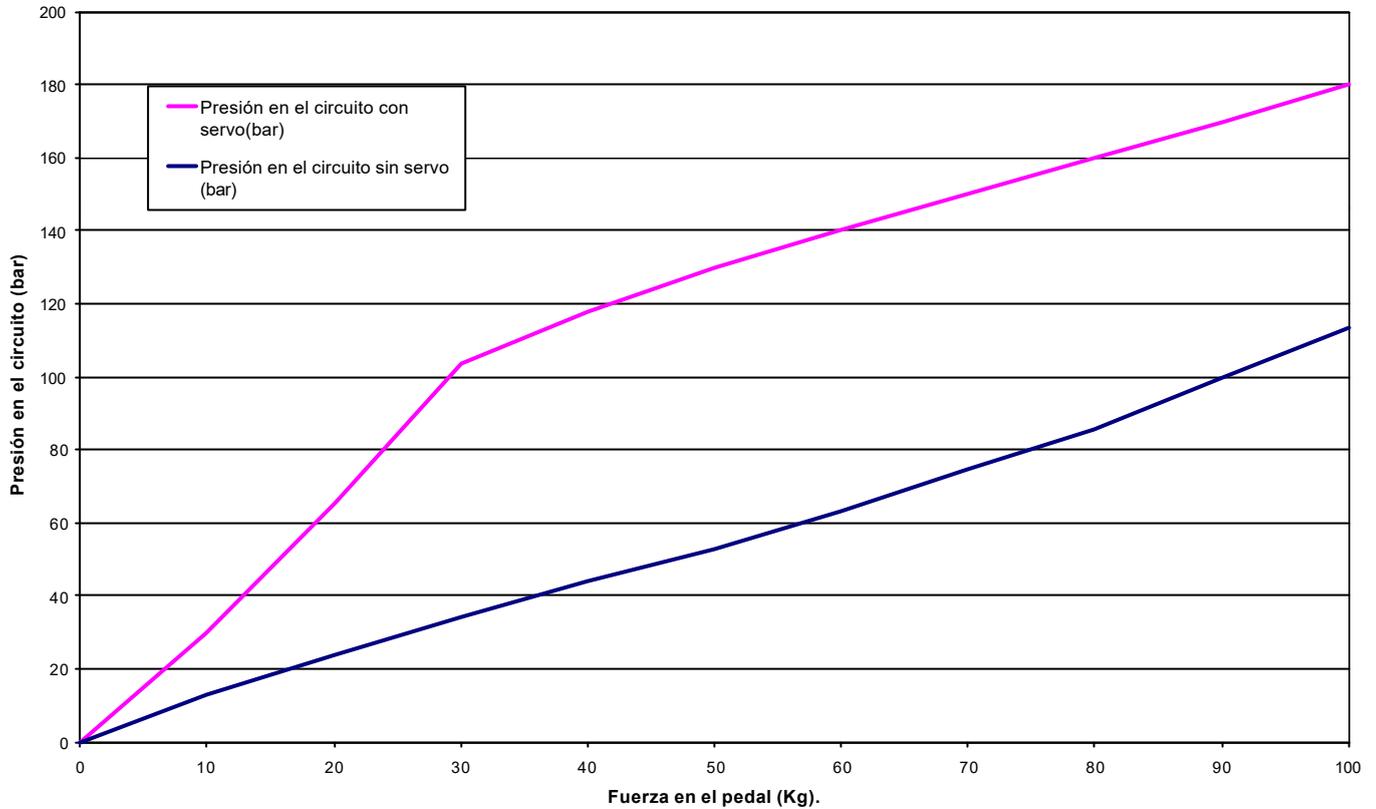
1. SERVOFRENO:

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.

**Comparativa
CON SERVO / SIN SERVO**



Comparativa de la fuerza de pedal a realizar en un vehículo sin servofreno y otro dotado de servofreno

Los valores típicos de esfuerzo pedal / servo para el sistema tipo representado anteriormente, son los siguientes:

Fuerza sobre el pedal (Kg)	Presión en el circuito con servo (bar)	Presión en el circuito sin servo (bar)
0	0	0
10	30	13
20	65	24
30	104	34
40	118	44
50	130	53
60	140	63
70	150	75
80	160	86
90	170	100
100	180	113

2. BOMBA DE FRENO:

La bomba de freno o cilindro principal, es el encargado de presurizar el líquido por todo el circuito hidráulico. Como la legislación actual obliga a los fabricantes de vehículos a que estos vayan provistos de doble circuito de freno, las bombas de freno son de tipo tándem.



Bomba de freno con depósito para el líquido de frenos

El sistema tandem significa que la bomba dispone de dos pistones, colocados uno a continuación del otro, con los cuales se atiende al suministro del líquido a una presión igual para cada uno de los dos circuitos independientes normalmente distribuciones según una "X". Es decir, un circuito actúa sobre la rueda delantera izquierda y también sobre la trasera derecha mientras que el otro actúa sobre la rueda delantera derecha y la trasera izquierda como elemento de

seguridad en el caso de problemas de pérdida de eficacia en uno de los dos circuitos.

3. 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.

- Dependiendo de la deceleración del vehículo.

Corrector de frenada por gravedad

4. 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.

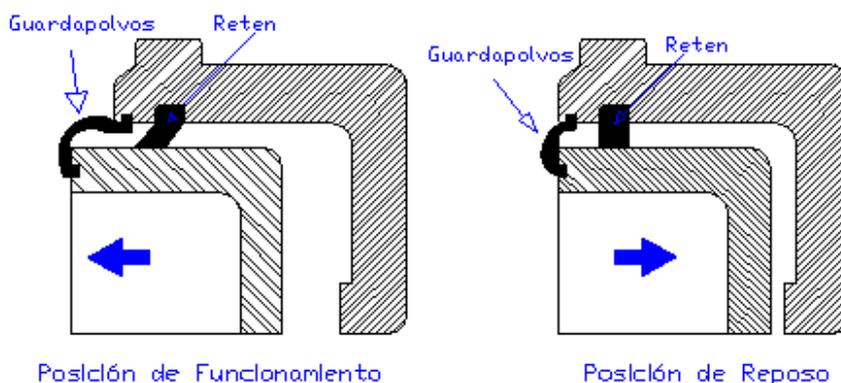


Diagrama de funcionamiento del cilindro del caliper

PINZAS DE PISTÓN 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.

Pinza de doble pistón

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. Esta 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.



Pinza deslizante

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.

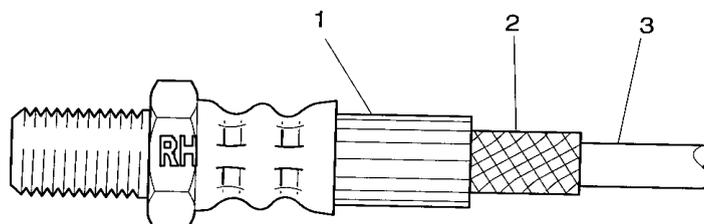
5. TUBERIAS Y LATIGUILLOS:

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 diseñados para funcionar a una presión de 100 bares, su presión de rotura es unas 5 veces mayor.



Latiguillo de freno

La membrana interior del tubo flexible ha de ser resistente al líquido de frenos (3). 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 (2). 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 (1).

6. EL LÍQUIDO DE FRENO:

El líquido de freno es el elemento que al ser presurizado por la bomba empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado. Para los usuarios de los automóviles es el eterno olvidado, es decir, muy pocos conductores dan la importancia que dicho elemento tiene. Como veremos a continuación sus características son las que aseguran una correcta frenada, pero es un elemento que con el uso y el paso del tiempo se degrada y debe de ser sustituido.

Las características fundamentales del líquido de freno son las siguientes:

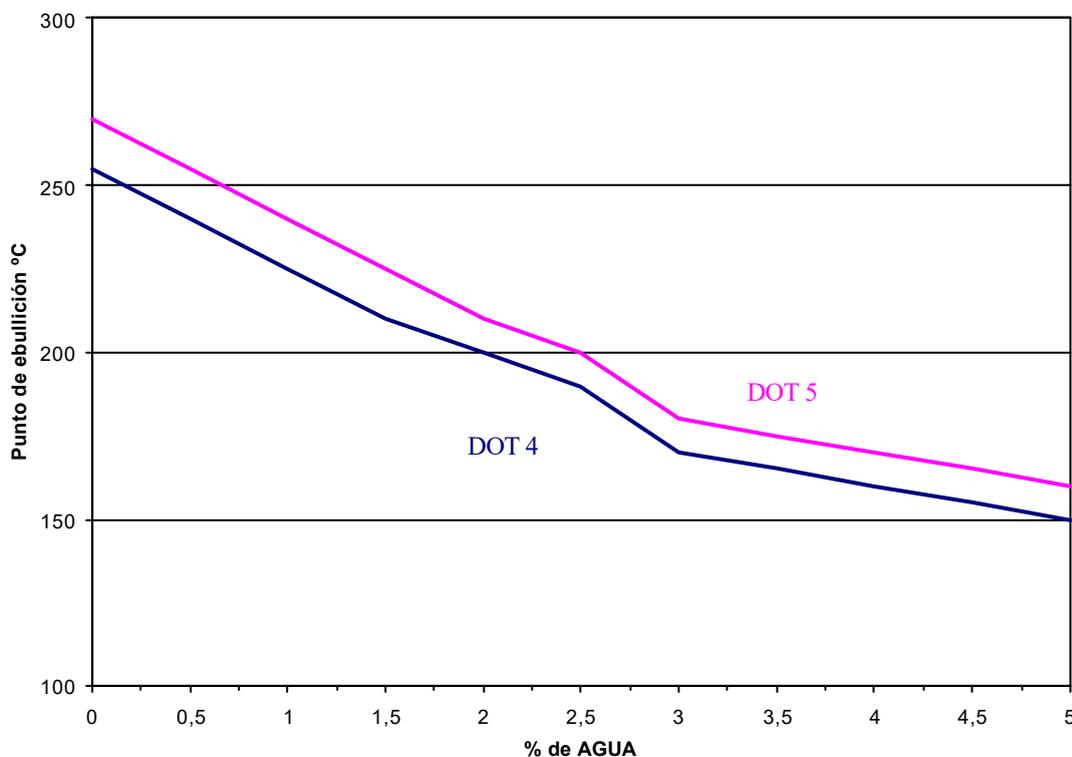
- Es incompresible (como todos los fluidos).
- Su punto de ebullición mínimo debe ser superior a los 230°C. Así conseguirá permanecer en estado líquido, sin entrar en ebullición, cuando las sollicitaciones de frenada sean muy exigentes.
- Debe de tener baja viscosidad para desplazarse rápidamente por el circuito.
- Debe de ser lubricante para que los elementos móviles del sistema de freno con los que se encuentra en contacto no se agarroten.

- Debe de ser estable químicamente, para no corroer los elementos del sistema de freno con los que se encuentran en contacto.

En la actualidad, la mayoría de los líquidos de freno cumplen con todos los requisitos que le son demandados, pero como contrapartida y debido a la composición de elementos que tiene, posee una propiedad que obliga a que su sustitución sea necesaria cada 2 años o 70000 km. Esta propiedad es la propiedad higroscópica, es decir, tiene una gran capacidad de absorber agua. En ambientes húmedos, bien pudiera ser necesario el proceder a su cambio antes de los plazos anteriormente indicados.

¿Por qué la capacidad higroscópica del líquido de freno es negativa?

Se podría pensar que cuando existe agua en el sistema de frenos no tendría porque modificar las cualidades del líquido, ya que es un fluido. Pero no es así ya que el agua aunque sea en estado líquido, corroe los elementos del sistema de frenos con los que está en contacto. Aunque el problema principal de la existencia de agua en el sistema de freno es que cuando la temperatura del líquido supera los 100°C el agua se evapora transformándose en vapor de agua, un gas, que si es compresible, con lo cual el pedal ira al fondo, ya que toda la presión que nosotros estemos introduciendo en el sistema servirá para comprimir ese vapor de agua y no para actuar sobre las pastillas de freno. Además la existencia de agua en el sistema como se ve en el gráfico hace disminuir el punto de ebullición del líquido.



Los líquidos de freno dividen en la actualidad en dos grupos dependiendo de las características que presenten. Así en la actualidad se pueden comercializar dos calidades de líquido de freno.



Líquido de freno

- DOT 4: Cuyo punto de ebullición es de 255°C. Empleado en sistemas de disco/tambor o disco/disco sin ABS.

- DOT 5: Cuyo punto de ebullición es de 270°C. Debe ser el utilizado para vehículos de altas

prestaciones y aquellos que vayan dotados de sistemas ABS.

Ambas calidades de líquido son miscibles entre sí, pero no se recomienda el mezclado de ambos. Aunque exista la posibilidad de mezclarlos, es conveniente leer el libro de mantenimiento del vehículo para saber, si necesitamos rellenar, que tipo de líquido emplea nuestro vehículo. Cuando procedamos a sustituir el líquido de freno es conveniente limpiar el circuito con alcohol metílico para conseguir que el líquido nuevo, conserve todas sus propiedades. Además en cualquier

Comparativa de lo que afecta el agua en los diferentes tipos de líquido de freno

manipulación que se haga debe de purgarse después el sistema de freno.

Conviene recordar que los vehículos que disponen de suspensión neumática emplean ese mismo fluido como líquido de freno. Este tipo de líquido se denomina LHM y es muy importante tener en cuenta que no debe ser empleado líquido de freno de tipo DOT mezclado con LHM, ya que estropearía todo el sistema.

CAPÍTULO 4 PASTILLAS DE FRENO

1. BREVE RESEÑA HISTORICA SOBRE LA FRICCIÓN.

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 fricciónales 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 formula presenta unas similitudes muy interesantes con la primera formula 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 fórmulas 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.

2. COMPOSICIÓN.

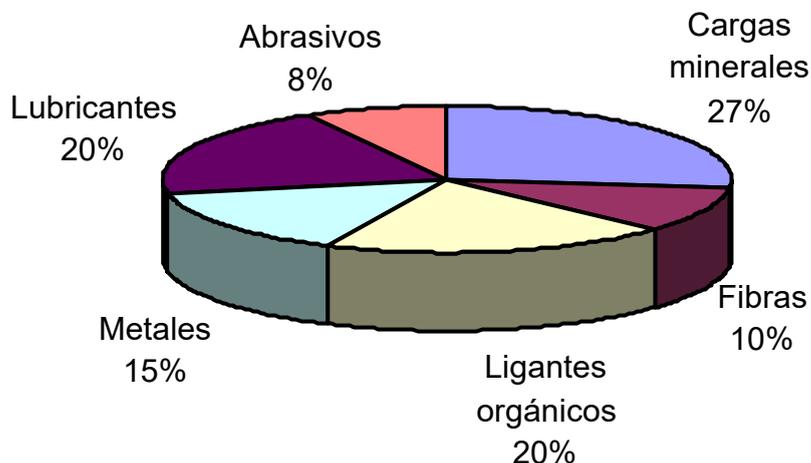
La obligatoriedad de eliminar el amianto supuso un cambio importante dentro de las formulaciones. El amianto era una fibra que constituía la base de cualquier formulación ya que era capaz de aportar las cualidades requeridas a cualquier material de fricción.

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**.



Composición del material de fricción

3. 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 realizaran 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 procesos 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.

4. 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:



Pastilla de freno

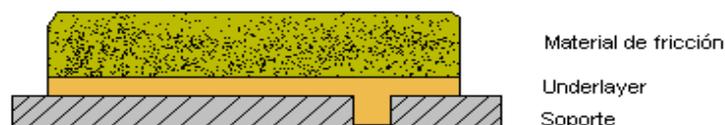
- ✓ **Presentar un coeficiente de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.**
- ✓ **Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.**
- ✓ **Una cierta compresibilidad, tanto en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones e irregularidades 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.



Dibujo de una pastilla de freno con UNDERLAYER.

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:



Soporte metálico

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.



Láminas antirruido

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 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.

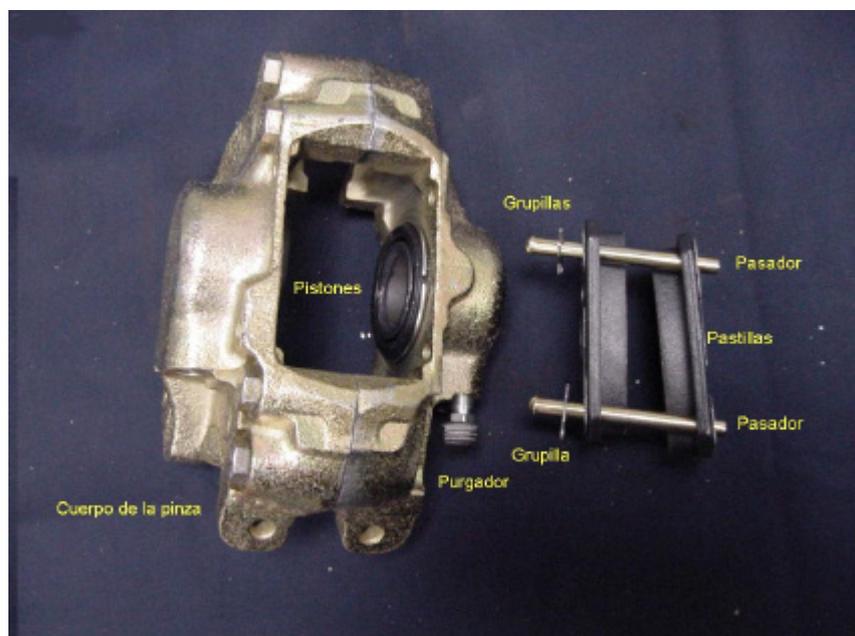


Pastilla con avisador luminoso

LUMINOSO: Los avisadores 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.

5. CONJUNTO PINZA – PASTILLA.

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



Despiece de pinza de doble pistón

1. *Cuerpo de la pinza. Da rigidez y soporta las pastillas.*
2. *Pistones. Empujan las pastillas contra el disco.*
3. *Purgador. Abre el sistema para permitir la salida del aire del circuito.*
4. *Grupillas. Retienen e impiden que se salgan los pasadores.*
5. *Pasadores. Mantienen las pastillas y les sirven de guías.*
6. *Pastillas. Friccionan contra el disco.*

6. 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



Dinamómetro de inercia

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.

$$\text{Energía cinética del vehículo} \quad E_c = \frac{1}{2} M \cdot v^2 \quad \text{Unidades [Kg]} \cdot \left[\frac{m}{s} \right]^2$$

$$\text{Energía cinética del dinamómetro} \quad E_c = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \right] \cdot \omega^2 \quad \text{Unidades [Kg]} \cdot \left[\frac{m}{s} \right]^2$$

Siendo:

M = Masa del vehículo (kg).

v = Velocidad del vehículo (m/s)

I = Momento de inercia de las masas de inercia del dinamómetro (kg · m²).

ω = Velocidad angular del dinamómetro (1/s).

Al poder igualar las dos expresiones de energía (ya que se miden en las mismas unidades) podemos calcular la inercia necesaria en el dinamómetro para simular fielmente cualquier tipo de vehículo, así como cualquier tipo de situación en carretera. Aprovechando así todas las ventajas que reporta el trabajar sobre dinamómetro.

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, la 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

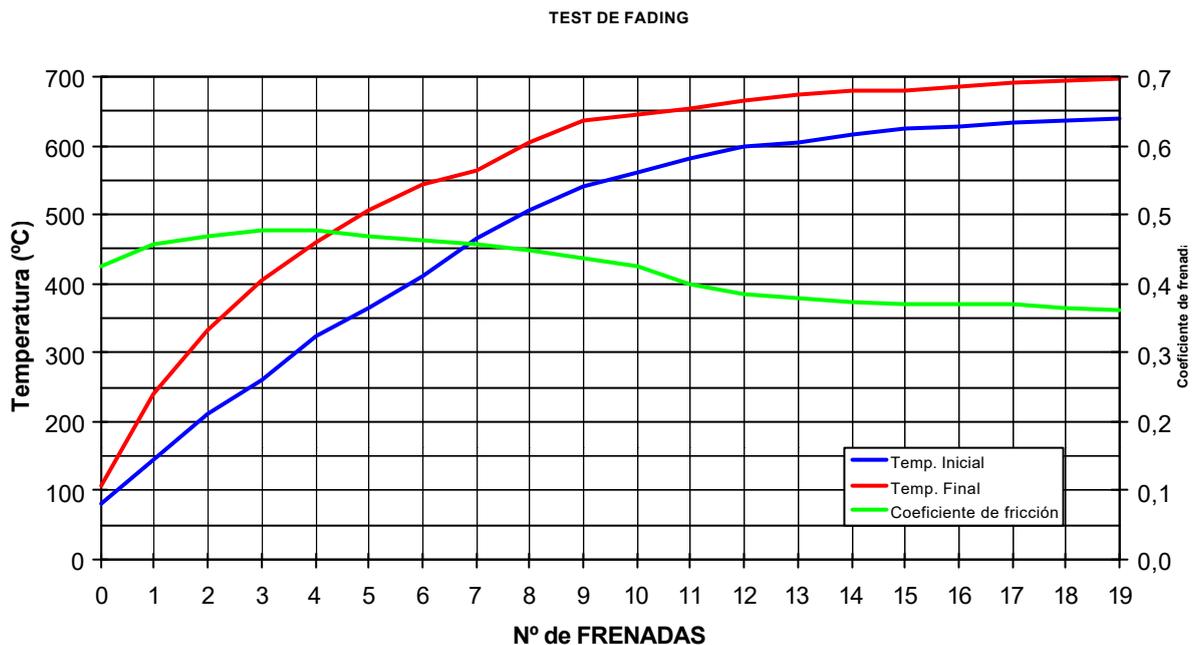
encuentra una brida donde va colocado el disco de freno. En el cabezal fijo se coloca la pinza que se desea ensayar, así como la bomba de freno, y el sistema hidráulico que comanda la bomba.

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.

Los ensayos se encuentran divididos en diferentes etapas, en las cuales se prueba el material de fricción, bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Se puede considerar que un ensayo básico está compuesto por las siguientes etapas en un programa estándar de pruebas (AK - Master):

- *Etapas de asentamiento.* La necesidad del asentamiento se hace patente en los ensayos que se realizan, al igual que nosotros debemos de hacer el asentamiento cuando cambiamos las pastillas a nuestros vehículos. El asentamiento se realiza a temperaturas inferiores a 100 °C, la presión varía desde 15 a 45 bar, el rango de velocidades es de 100 a 30 km/h. Durante toda la etapa lo que se mide es el coeficiente de fricción para ver el comportamiento del material durante las primeras frenadas. Esta etapa esta compuesta por 100 frenadas.
- *Etapas de sensibilidad a la presión.* Variando la presión del circuito se van comprobando a diferentes velocidades el coeficiente de fricción que el material es capaz de aportar. En una primera sub-etapa se realizan frenadas a 40 km/h en un rango de presiones que va desde 10 a 80 bares. En las siguientes sub-etapas la velocidad es de 80, 120, 160 y 180 km/h manteniendo el rango de presiones así como el número de frenadas.
- *Etapas de fading.* Esta etapa se suele repetir un par de veces durante el proceso, para comprobar que sucede con el coeficiente si se producen dos fading. El test de fading está compuesto de 20 frenadas en las cuales el requerimiento es alcanzar una deceleración media de 4m/s^2 durante diferentes temperaturas que van desde los 100°C de la primera frenada hasta los 550°C de la última frenada. Cada una de las 20 frenadas se realiza cuando se alcanza la temperatura establecida. Dichas temperaturas van incrementándose de 30°C en 30°C aproximadamente en cada frenada. La presión en el circuito es la necesaria para alcanzar una deceleración media de 4 m/s^2 .
- *Etapas de sensibilidad a la presión a alta temperatura.* Es igual que la etapa de sensibilidad a la presión pero con una temperatura inicial del sistema de 500°C.

- *Etapas de análisis de características.* Estas etapas lo que hacen la medición del coeficiente de fricción en condiciones de frenada normal, es decir, a una presión de 30 bar, a una temperatura inicial de 100°C y en un intervalo de velocidad de 80 a 30 km/h. Se realizan 18 frenadas durante las cuales se mide el coeficiente de fricción. Se realizan después de cada etapa descrita anteriormente.



Gráfica obtenida en la etapa de fading

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 ser vicio.

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.

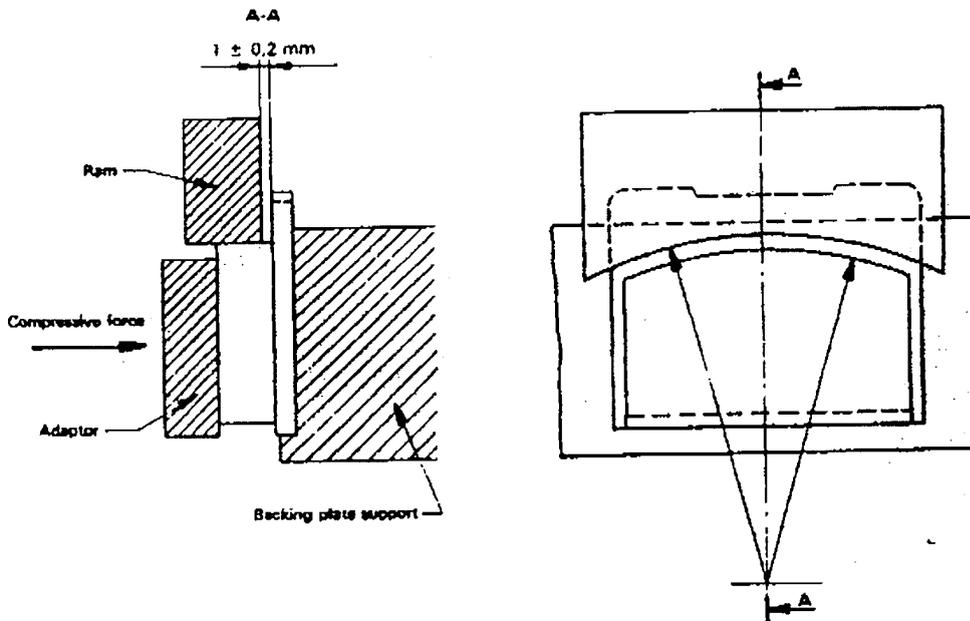
La fuerza de cizalladura es la resistencia que presenta el material de fricción a ser separado del soporte cuando sobre el actúa una fuerza tangencial. Este valor es de los más importantes ya que las pastillas de freno cuando se encuentran frenando están sometidas no solo a las fuerzas normales contra 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/cm², según Reglamento 90, esta presión equivale a desarrollar una fuerza de 1250 kg. en una pastilla de tipo medio, con un área de 50 cm². 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.



Esquema del ensayo de cizalladura.

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



Máquina de compresibilidad

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.

CAPÍTULO 5: LOS DISCOS DE FRENO

1. LOS DISCOS DE FRENO:



Disco 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.

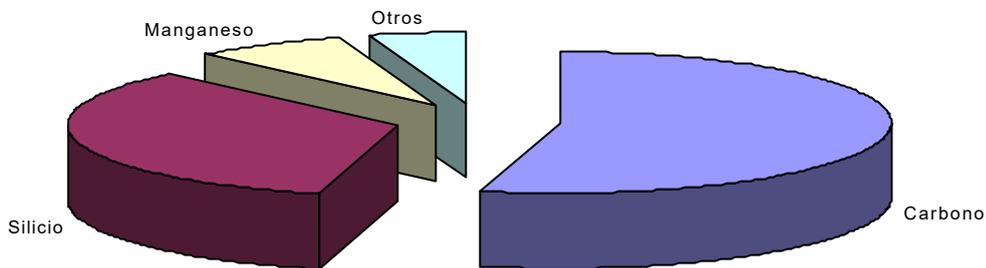
Las características básicas de la fundición de los discos la podemos ver la siguiente tabla.

Propiedades físicas	Valores
Resistencia a tracción	240 N / mm ²
Dureza	170 – 250 HB

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.

Composición de los discos

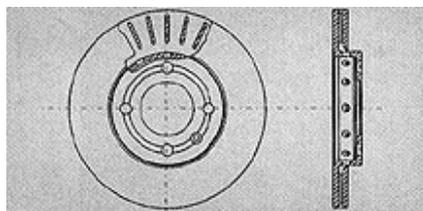


Composición de los discos (Resto de componentes excluyendo el 92% de hierro)

2. 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

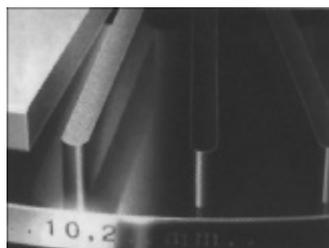
este es ventilado el valor de la potencia de disipación puede alcanzar un valor de 750 W/cm^2 . Por encima de dichos valores, pueden aparecer daños en el disco, tales como deformaciones geométricas, grietas, depósitos de material de fricción u otros que dañarían el disco de forma irreversible.

- ❖ **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 taladros que permiten el paso de los pernos de anclaje de la rueda. En la mayoría de los discos la fijación del disco se garantiza por unos taladros de menor diámetro que fijan el disco.
- ❖ **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 sé esta 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.

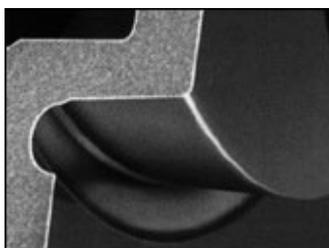
El principio de funcionamiento de los frenos como ya hemos visto anteriormente se basa en que la energía cinética que lleva el vehículo debe de disiparse en forma de calor. Este calor se acumula principalmente en los discos. Pero lógicamente los discos no pueden almacenarlo infinitamente, sino que debe 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.

3. 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



Comprobación del alabeo de los discos.

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.

LOS DISCOS HAN DE SUSTITUIRSE POR PAREJAS Y A SU VEZ SE DEBEN DE CAMBIAR LAS PASTILLAS AUNQUE NO SE HAYA AGOTADO LA VIDA ÚTIL DE ESTAS.

4. 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.

LA SOLUCIÓN A TODOS LOS PROBLEMAS, QUE EN ESTE APARTADO SE DESCRIBEN, ES LA SUSTITUCIÓN DE AMBOS DISCOS ASÍ COMO LAS PASTILLAS.

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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:



Disco defectuoso por mal montaje de la pinza.

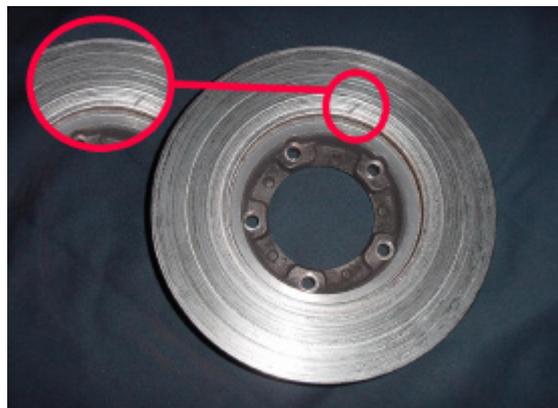
Si la pinza no ha sido colocada correctamente en su posición apreciaremos un desgaste irregular de las pastillas en forma cónica y antisimétrica.

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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

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.



Disco defectuoso por holguras en los rodamientos.

Se notaran vibraciones frecuentes desde el principio que cada vez se irán haciendo más graves.

LIMPIEZA INCORRECTA DEL BUJE

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

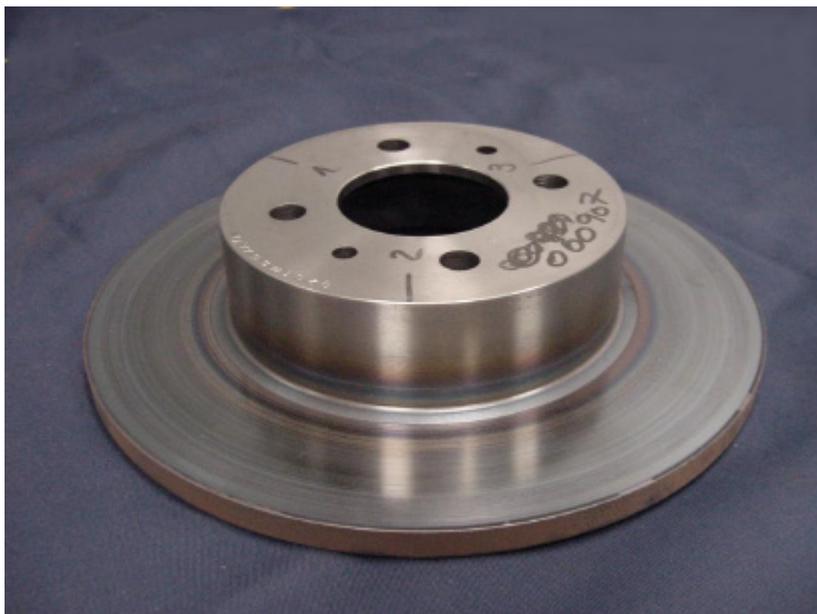
Cuando durante el montaje de un disco nuevo no se limpia correctamente la superficie de apoyo del disco en el buje, se puede producir un asentamiento inestable del disco en el buje. Esto provoca que al girar el disco se produzca una oscilación del mismo, y en cada giro, roce contra las pastillas provocando 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:

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

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.



Disco defectuoso por ser sometido a temperaturas excesivas.

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

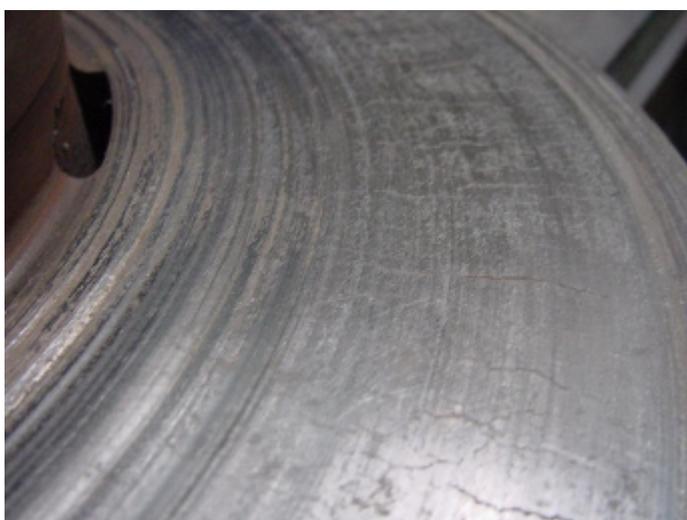
conductores de mantener el pie sobre el pedal, ejerciendo poca presión, en descensos prolongados para retener el vehículo.

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.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

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.



Disco defectuoso por un excesivo superior a su límite máximo.

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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

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



Disco defectuoso por un la aparición de grietas.

frágil, lo cual en definitiva, favorece el crecimiento de la grieta hasta romper en los 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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

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.



Disco defectuoso por el desgaste total de las pastillas.

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.

DISCO DAÑADO PORQUE EL MATERIAL DE FRICCIÓN ESTABA VITRIFICADO

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 pérdida importante de propiedades de frenado. El pedal además de sentirse muy duro, se pierde toda la sensación de frenado.



Disco defectuoso por la mala calidad del material de fricción.

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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA



Discos defectuosos por la generación de surcos y grietas 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

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

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.



Disco defectuoso debido a los depósitos de material dejado por las pastillas.

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.

5. RESUMEN.

- μ Inspeccionar periódicamente (cada 20000km. el estado de los discos).
- μ **Siempre cambiar los discos por eje (pareja)** ya que el coeficiente de fricción(μ) correspondiente al disco de freno, no sólo varía ligeramente de un fabricante a otro, sino que evoluciona con el desgaste del disco. Un mayor coeficiente de fricción(μ) en una rueda supone necesariamente, el no poder frenar el vehículo sobre una trayectoria recta.
- μ Es imprescindible el **limpiar** correctamente **el asiento del disco en el buje**, ya que de no asentar bien el disco en el buje, se puede producir la deformación del disco, produciéndose un frenado irregular que haría vibrar el volante.
- μ Proceder al apriete de los tornillos de sujeción alternativamente y de forma gradual antes de realizar el apriete final con la **llave dinamométrica** y según los valores del par recomendados por el fabricante del vehículo.
- μ **Limpiar** correctamente **el aceite anti-corrosión** de los discos, ya que de otra forma, los restos de dicho aceite podría contaminar el material de fricción modificando sus características friccionales.
- μ **Medir el alabeo** de los discos mediante un reloj comparador. Si la diferencia, entre el valor máximo y mínimo, fuese mayor de 0,125 mm. proceder a desmontar el disco para inspeccionar la superficie de asiento de éste y del buje de rueda y volver a montar en una posición diferente a la anterior para comprobar que el alabeo está dentro del valor máximo admisible.
- μ Es imprescindible **frenar suavemente durante los primeros 250 km.** a fin de realizar un buen asentamiento entre las pastillas y los discos. Este asentamiento prolongará la vida de los discos así como el de las pastillas, además de mejorar la eficiencia del frenado.
- μ Inspeccionar periódicamente el espesor de los discos, en la superficie de trabajo. Si el espesor medido está por debajo del mínimo espesor especificado por el fabricante, deberá de ser sustituido el juego de discos. Para saber cual es el mínimo espesor del disco suele venir grabado sobre el canto del disco, con las letras MIN-TH-XX (MINimum THickness XX). En el catalogo del fabricante también aparece la medida del mínimo espesor. Es importante sustituir los discos cuando se encuentran por debajo de esta medida, debido a que la rampa de calentamiento es mucho más acusada produciendo fading,

desgaste prematuro en las pastillas y otros tipos de problemas no deseados en el sistema de frenos, como consecuencia del incremento de temperatura.

- μ Nunca se deben rectificar los discos a menos que el torno con el que se cuente tenga la precisión necesaria para ello, y la pasada sea una pasada a limpiar, no a desbastar. Esto significa que para rectificar discos se deben dar una serie de consideraciones, ya que nunca debemos de sobrepasar el mínimo espesor recomendado por el fabricante. Al igual que no se debe de rectificar discos en tornos, cuya precisión, rigidez de bancada, etc. no sea la requerida para dejar un acabado superficial bueno. Recordaremos que los discos cuando son fabricados, como todo elemento rotante del vehículo y para que no introduzca vibraciones en el automóvil, deben de ser equilibrado tanto estática como dinámicamente. En ningún caso cuando nos rectifican un disco nos comprueban si el disco sigue estando equilibrado, con lo cual será muy probable, y sobre todo si el rectificado ha sido muy profundo que los discos nos produzcan vibraciones, pero no solo al frenar sino que incluso por el mero hecho de girar.

- μ Cambiar siempre las pastillas con el cambio de discos ya que mantener las pastillas usadas, se reducirán de forma importante tanto la vida de los discos como de las pastillas y disminuirá la eficacia del sistema de freno.

CAPÍTULO 6

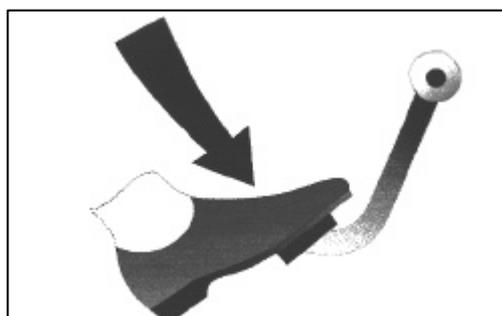
DIAGNOSIS Y AVERÍAS MÁS FRECUENTES EN EL SISTEMA DE FRENO

1. 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.



Pruebas en el pedal

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.

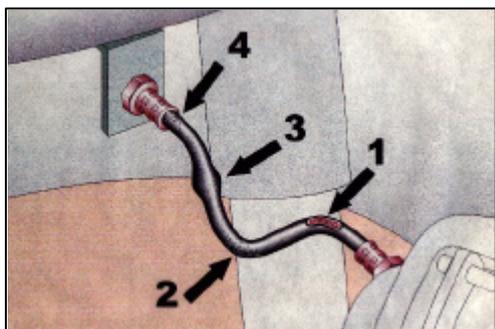
Compruebe que el nivel del líquido está próximo a la parte superior del depósito (ambos lados si son frenos dobles), y que esté limpio. Añada líquido en caso necesario pero cerciorándose de que el líquido a añadir es de la misma calidad que el que el vehículo lleva.

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).



Se debe de sustituir los manguitos cuando se presente cualquiera de los siguientes defectos.

1. Rasgaduras en la superficie del manguito.
2. Cuarteado de la superficie.
3. Inflamamiento del manguito.
4. Rozaduras en la proximidad de los racores o terminales.

Inspección de los latiguillos de freno.

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.

2. 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.

EXCESIVA CARRERA DE PEDAL

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Fugas en el circuito 2.-Aire en el sistema 3.-Líquido de freno inadecuado o contaminado. 4.-Bajo nivel de líquido de frenos 5.-Pastillas muy desgastadas.	1.-Revisar todo el circuito y reemplazar la parte dañada. 2.-Purgue el sistema y rellénelo. 3.-Lave el sistema con alcohol metílico y luego llénelo con líquido adecuado. 4.-Llene el deposito de líquido de frenos y purgue el sistema. 5.-Sustituya las pastillas

PEDAL ESPONJOSO

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Aire en el sistema hidráulico 2.-Líquido inadecuado o contaminado con agua. 3.-El pistón del caliper agarrotado. 4.-Latiguillo debilitado 5.-Pinza gripada	1.-Elimine el aire purgando el sistema. 2.-Lave con alcohol metílico y use el líquido adecuado. 3.-Limpie el alojamiento del pistón y reemplace el reten y el guardapolvo 4.-Instale latiguillos nuevos. 5.-Sustituya la pinza.

HAY QUE PISAR MUY FUERTE EL PEDAL PARA FRENAR

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
<p>1.-Las pastillas están impregnadas de grasa o líquido de frenos.</p> <p>2.-Desplazamiento del pistón del caliper gripado.</p> <p>3.-Líquido inadecuado o poca cantidad del mismo.</p> <p>4.-Cilindro maestro o de rueda pegados.</p> <p>5.-El pedal de freno se atora en su eje.</p> <p>6.-Pastillas cristalizadas.</p> <p>7.-Discos dañados.</p> <p>8.-Mal funcionamiento del servofreno.</p>	<p>1.-Revise por donde se produce la perdida y sustituya las pastillas.</p> <p>2.-Limpie la cámara del pistón y reemplace el retén y guardapolvos.</p> <p>3.-Lave el sistema con alcohol metílico, llénelo con líquido adecuado y púrguelo.</p> <p>4.-Revise todos los elementos hidráulicos y sustituya el agarrotado.</p> <p>5.-Lubríquelo y compruebe el casquillo.</p> <p>6.-Instale pastillas nuevas.</p> <p>7.-Reemplace los discos.</p> <p>8.-Verificar su funcionamiento y reparar las partes dañadas.</p>

DISMINUYE LA CARRERA DE PEDAL

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
<p>1.-Goma del cilindro maestro hinchada.</p> <p>2.-El pistón del cilindro principal no vuelve a su lugar.</p> <p>3.-Resortes retractores débiles.</p> <p>4.-Pistón del caliper pegado</p>	<p>1.-Reemplace retenes y guardapolvos y lave el sistema. Llénelo con líquido nuevo.</p> <p>2.-Repare el cilindro principal o sustitúyalo.</p> <p>3.-Reemplace los resortes.</p> <p>4.-Limpie la cámara del pistón, lubrique y cambie el retén.</p>

SE BLOQUEA UNA RUEDA

<i>CAUSAS PROBABLES</i>	<i>SOLUCIONES</i>
1.-Rodamientos de rueda sueltos. 2.-Se han hinchado las gomas de los cilindros de rueda o el retén del pistón del caliper. 3.-Se agarrotan los pistones en el cilindro de rueda. 4.-Obstrucción de alguna conducción. 5.-Pastilla defectuosa. 6.-El cable del freno de mano se engancha.	1.-Ajuste o sustituya los rodamientos. 2.-Reconstruya los cilindros / caliper. Utilice nuevos juegos de reparación. 3.-Reemplace los pistones. 4.-Reemplace la conducción obstruida. 5.-Reemplácela por la pastilla especificada. 6.-Lubríquelo y verifique el correcto funcionamiento del sistema.

PULSACIONES DE PEDAL DE FRENO

<i>CAUSAS PROBABLES</i>	<i>SOLUCIONES</i>
1.-Discos alabeados. 2.-Rodamientos de rueda gastados o sueltos. 3.-Vibraciones en el pedal (JUDDER)	1.-Cambie los discos. 2.-Reemplácelos. 3.-Reemplace las pastillas y los discos, ya que este problema no se puede corregir de otra forma.

LOS FRENOS PIERDEN EFICACIA EN CALIENTE

<i>CAUSAS PROBABLES</i>	<i>SOLUCIONES</i>
1.-Pastilla de baja calidad. 2.-La pastilla hace mal contacto. 3.-Disco muy delgado.	1.-Reemplacela por unas de calidad contrastada. 2.-Verifique la causa e instale pastillas nuevas. 3.-Reemplace los discos.

EL COCHE OSCILA HACIA UN LADO

<i>CAUSAS PROBABLES</i>	<i>SOLUCIONES</i>
<p>1.-Pastillas de un lado impregnadas de grasa o líquido.</p> <p>2.-Los neumáticos no tienen la presión adecuada o presentan un desgaste desigual o un dibujo de diseño distinto.</p> <p>3.-Pastillas cristalizadas.</p> <p>4.-Cilindro de la rueda bloqueado.</p> <p>5.-Resortes de retorno sueltos o debilitados.</p> <p>6.-Una rueda se arrastra.</p> <p>7.-Dirección con holguras.</p> <p>8.-Cotas de la dirección.</p> <p>9.-Tubería hidráulica tapada o doblada.</p> <p>10.-Rótulas de dirección con holguras.</p> <p>11.-Discos en malas condiciones</p> <p>12.-Amortiguadores en mal estado.</p>	<p>1.-Cambie las pastillas del eje completo. Verifique posibles pérdidas de líquido.</p> <p>2.-Hinche los neumáticos a la presión recomendada. Ponga neumáticos del mismo modelo en el eje delantero y el otro par con dibujo idéntico en el eje trasero.</p> <p>3.-Sustituya las pastillas.</p> <p>4.-Cambie el cilindro de rueda.</p> <p>5.-Revise los resortes y reemplácelos.</p> <p>6.-Compruebe si hay una pastilla suelta y la causa.</p> <p>7.-Repárela y ajústela.</p> <p>8.-Haga una alineación de dirección.</p> <p>9.-Repare o reemplace la tubería.</p> <p>10.-Reemplace las rótulas de dirección.</p> <p>11.-Sustitúyalos siempre por pareja.</p> <p>12.-Sustitúyalos.</p>

LOS FRENOS VIBRAN

<i>CAUSAS PROBABLES</i>	<i>SOLUCIONES</i>
<p>1.-Pastillas con grasa, líquido o polvo.</p> <p>2.-Resorte de retroceso roto o debilitado.</p> <p>3.-Rodamientos de rueda sueltos.</p> <p>4.-Discos alabeados.</p> <p>5.-Ruedas desequilibradas.</p> <p>6.-Rotulas en mal estado.</p>	<p>1.-Sustituir pastillas del eje completo.</p> <p>2.-Reemplácelo.</p> <p>3.-Reajústelos o reemplácelos.</p> <p>4.-Cambie los discos, siempre por el eje.</p> <p>5.-Equilibre las ruedas.</p> <p>6.-Sustitúyalas.</p>

LOS FRENSOS CHIRRIAN

CAUSAS PROBABLES	SOLUCIONES
1.-Lamina antirruido doblada, rota o fuera de su sitio. 2.-Partículas metálicas o polvo incrustado en las pastillas. 3.-Pastillas de baja calidad. 4.-Las pastillas rozan contra el caliper. 5.-Resortes de sujeción débiles o rotos. 6.-Rodamientos de las ruedas sueltos. 7.-El pistón del caliper no retrocede correctamente. 8.-Discos en mal estado. 9.-Pastillas muy desgastadas *.	1.-Sustituir las pastillas del eje completo. 2.- Sustituir las pastillas del eje completo. 3.-Reemplace las pastillas por unas de calidad contrastada. 4.-Aplique lubricante en los apoyos de las pastillas con el caliper. 5.-Reemplace las piezas defectuosas. 6.-Verificar y sustituir en caso necesario. 7.-Repare el caliper. 8.-Sustituya los discos del eje completo. 9.-Instale pastillas nuevas de calidad contrastada.

* Aunque la compresibilidad de un material de fricción depende de su propia composición y estructura, dicha compresibilidad es totalmente proporcional al espesor de la pastilla de freno. En consecuencia, aunque la compresibilidad relativa se mantiene, la compresibilidad total disminuye con la vida (espesor) de la pastilla y frecuentemente se puede situar en una zona crítica para producir chirridos. La instalación de pastillas nuevas, suele resolver este problema.

3. ANÁLISIS DE PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

FADING

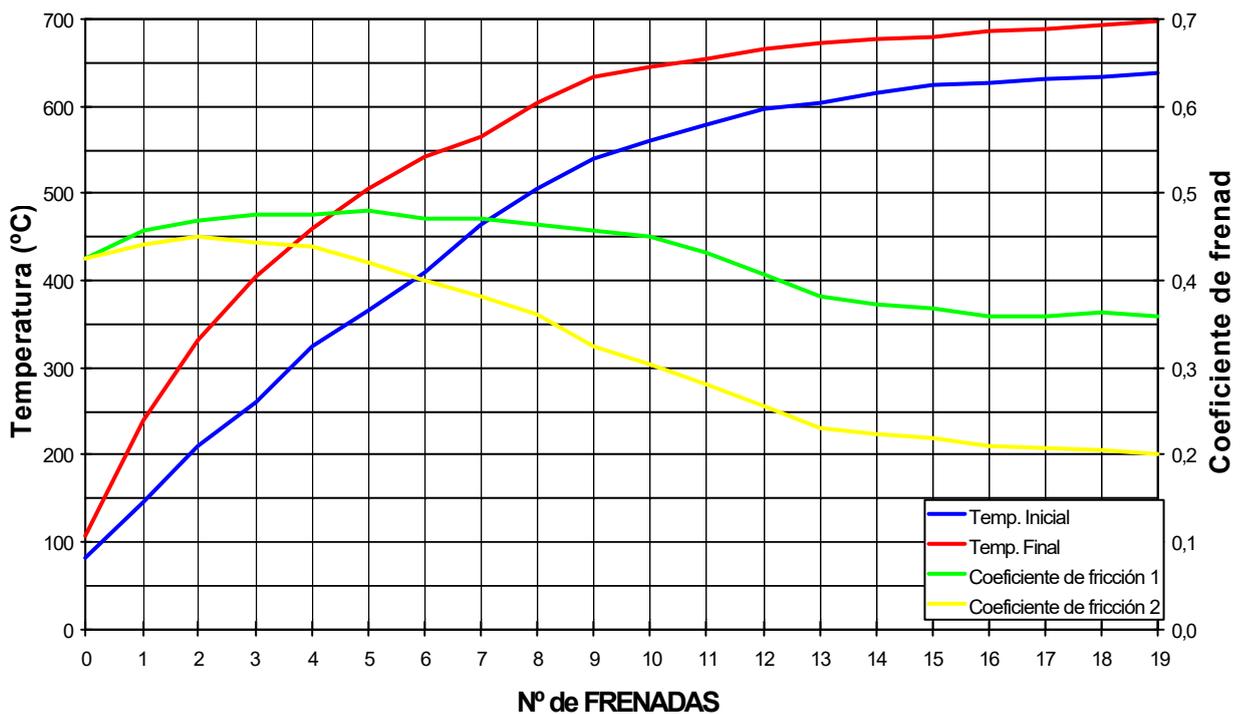
El fading es uno de los fenómenos más peligrosos que se pueden dar en un sistema de freno, ya que, el fading es la pérdida de eficacia de frenada en caliente.

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 todo su equipo 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.

TEST DE FADING



Comparativa de dos materiales en un ensayo de fading.

En la gráfica se observa como el **material 1** tiene un comportamiento bastante bueno con la temperatura, ya que aunque cae su coeficiente con el aumento de la temperatura siempre se mantiene en valores que podemos considerar aceptables para un material de fricción. Vemos como cuando la temperatura ya es de 640°C se mantiene aún en un valor de $\mu = 0,46$. Si consideramos que 640°C es una temperatura muy alta para una conducción normal, es decir, en circunstancias normales de conducción descendiendo un

puerto, nuestros frenos podrán alcanzar esa temperatura aunque no abusemos de ellos. A partir de este punto su descenso es más pronunciado pero siempre manteniendo el valor del coeficiente por encima de $\mu = 0,35$ lo cual permite mantener el control del vehículo. Coeficientes de fading inferiores a $\mu = 0,25$ puede resultar peligroso, en determinadas circunstancias.

Sin embargo vemos como el **material 2**, presentará problemas de fading ya que en el mismo punto descrito anteriormente su coeficiente está más bajo, llegando a un valor de $\mu = 0,33$. Desde este punto sigue bajando hasta alcanzar valores de $\mu = 0,20$ que lógicamente notaremos que la pérdida de eficacia es muy considerable.

El fading es fácilmente perceptible en el vehículo, ya que a medida que intentemos frenar vamos a notar como el pedal cada vez se va más al fondo para obtener la misma deceleración y en consecuencia hay que aplicar mayor presión sobre el pedal de freno. En esta situación la sensación de frenado es reducida. Intentaremos parar el vehículo pero este no se detendrá. El aumento de la carrera de pedal es debido no solo a la compresibilidad de las pastillas, si dicha compresibilidad es demasiado alta en caliente, sino también a la caída del coeficiente de fricción por el efecto de la temperatura.

Es importante saber que una vez sufrido un fading, si se deja enfriar el sistema, el material de fricción se recuperará en parte volviéndose a comportar casi como antes de haber sufrido el problema. Lógicamente si volvemos a someter al material a condiciones extremas se puede volver a producir el mismo fenómeno. Conviene diferenciar en estas situaciones si el fading que ha aparecido es de carácter inicial, es decir, debido a la fase de rodaje de las pastillas, en cuyo caso dicho problema desaparecerá con el uso, o si por el contrario es de carácter estructural en cuyo caso no desaparecerá nunca durante la vida en servicio de las pastillas de freno. En este último caso es necesario reemplazar las pastillas de freno por otras de otra marca de calidad contrastada.

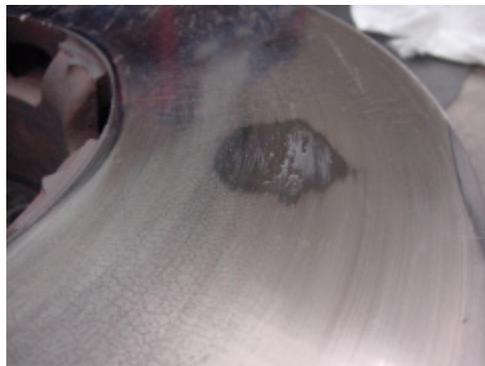
Conviene diferenciar el problema del fading, del problema producido cuando el circuito de freno contiene agua que presenta prácticamente los mismos síntomas. También, discos de freno muy desgastados pueden producir un incremento anormal de la temperatura que sitúa al material de fricción en zona de fading.

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.

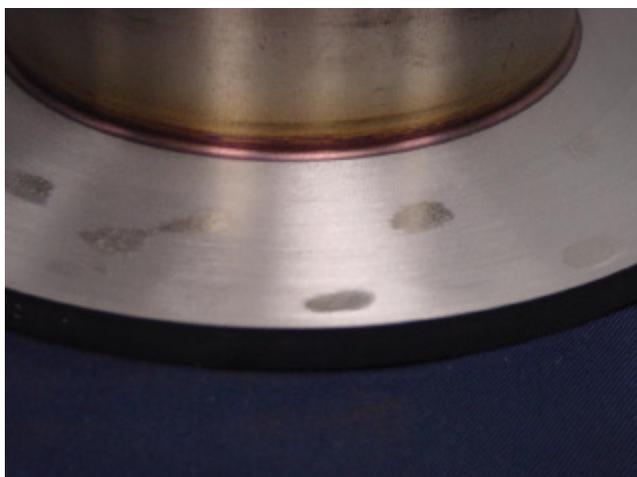
El judder está clasificado en dos grupos:

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.



Mancha de “cold judder”.

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.



Manchas de “hot judder”.

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.



Transformación del material del disco. El disco de la imagen está rectificado y aún así las manchas provocadas por el "hot judder" no se eliminan.

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 desgastaran 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 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, obtenemos la siguiente tabla.

Decibelios	Potencia necesaria
90 dB	1 W
93 dB	2 W
96 dB	4 W
99 dB	5 W
102 dB	16 W
105 dB	32 W
108 dB	64 W
111 dB	128 W
114 dB	256 W

Nivel de referencia

Como se puede observar en la tabla anterior, para aumentar la sensación fisiológica del nivel acústico, por ejemplo, de 102 dB a 108 dB, supone únicamente un aumento en la sensación acústica de un 5% (6 dB). Sin embargo, esto requiere incrementar la potencia de 16 W a 64 W, o lo que es lo mismo, un incremento de la potencia del 200 % (48 W).

En el caso de necesitar reducir la sensación acústica, es decir si lo que necesitamos es amortiguar el ruido, el comportamiento es exactamente el mismo que el descrito anteriormente para hacerlo crecer. De ahí, lo difícil que resulta atenuar los ruidos, ya sea de tipo general o específicamente del sistema de freno.

El porqué de dicho comportamiento del oído humano reside en que su respuesta biológica es logarítmica y por lo tanto, importantes variaciones de presión (SPL) se traducen en pequeñas variaciones en la sensación acústica.

A continuación se describen los diferentes tipos de ruido que se pueden producir en un sistema de freno.

- GROAN: Denominado “*gruñido*” se produce a baja frecuencia, cuando el vehículo se desplaza a muy baja/media velocidad y accionamos los frenos con baja presión. Es un tipo de ruido grave muy fácil de detectar en entradas en los garajes o en circunstancias de tráfico lento. Suele ser un ruido no detectado por los usuarios y muy frecuente en vehículos dotados de cambios automáticos.
- JUDDER: Como ya vimos en el capítulo que dedicamos a las vibraciones, el *judder* es una vibración que puede convertirse en ruido audible. Al igual que el groan es un tipo de ruido grave que no suele ser detectado por el usuario al no ser que sea un judder muy grave que introduzca vibraciones en el volante, en el pedal del freno o en la carrocería.
- SQUEAL: Este tipo de ruido es el más conocido por todos los usuarios de los vehículos. Vulgarmente se le conoce como “*chirridos*”, se producen cuando la frecuencia de vibración de la pastilla contra el disco es lo suficientemente alto. Este tipo de ruido es agudo, muy molesto para el oído humano. Existe una variedad de squeal denominado HF Squeal (High Frequency Squeal) o “*chirrido de alta frecuencia*” que se produce a mayor frecuencia y es un ruido muy agudo muy alto en decibelios, en torno a 100 dB A, con lo cual bastante molesto para el conductor.

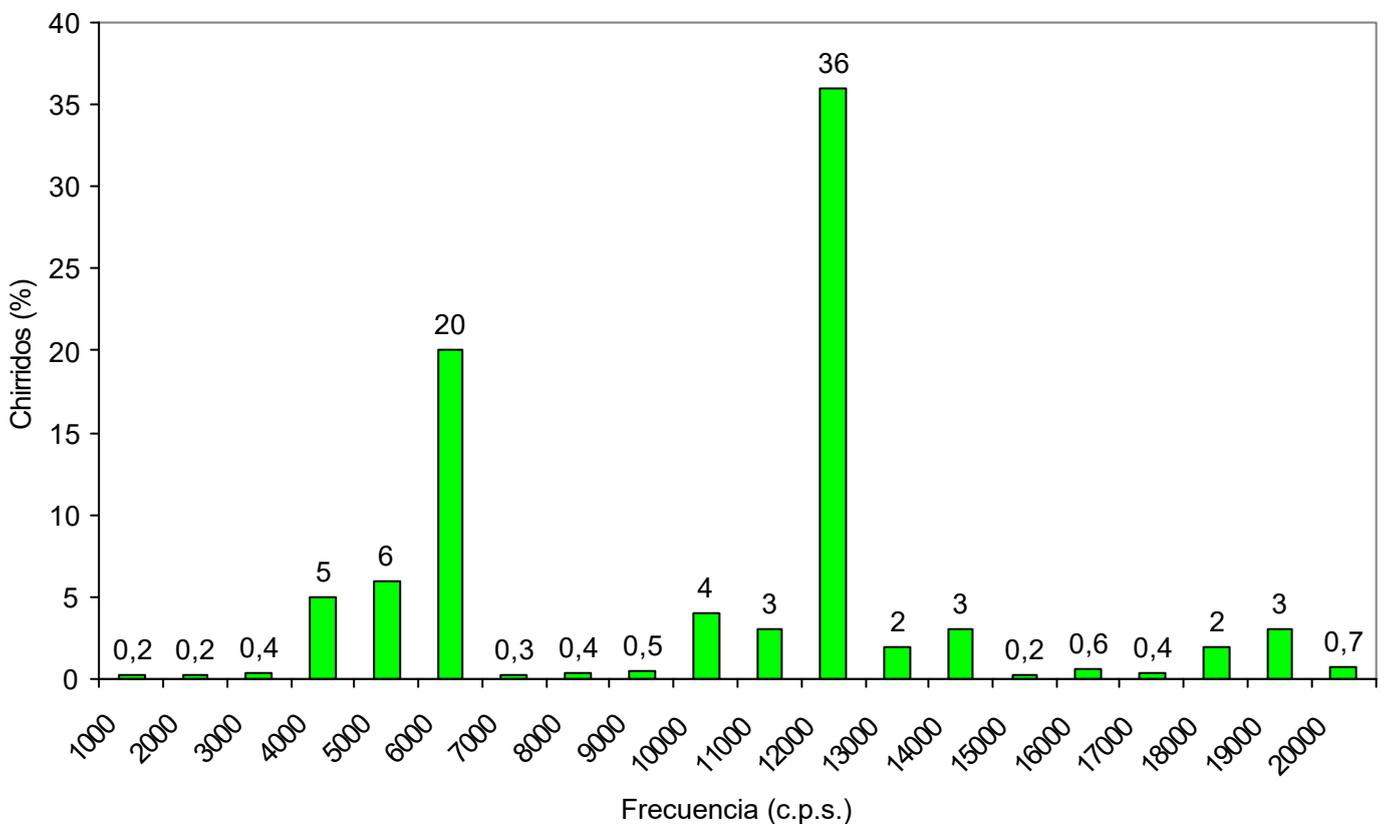
Toda la investigación sobre ruidos, parte de unas bases empíricas que relacionan la compresibilidad, la dureza y el coeficiente de fricción de un material de fricción determinado. Sin embargo, después de una primera aproximación de tipo teórico es necesario un extenso trabajo en el laboratorio sobre la pastilla de freno a fin de optimizar su comportamiento en el banco de ruidos previamente a las pruebas que se realizarán en el propio vehículo.

Los ensayos típicos a realizar sobre varias muestras de un mismo material de fricción, consisten en unas 3000 frenadas por juego, tanto marcha delante como marcha atrás. A presiones, velocidades y temperaturas variables. En el gráfico de la página siguiente podemos ver un histograma sacado de un ensayo del banco de ruidos, en el cual se ve la frecuencia a la que se produce el ruido y el porcentaje de veces que se ha producido ruido a esa frecuencia.

Obviamente dichos ensayos son muy lentos y por lo tanto costosos, pero permiten optimizar el material de fricción de forma tal que reducen sensiblemente los ensayos sobre vehículo.

Existen sin embargo tipos de vehículos o sistemas de freno en los cuales la optimización solo es posible parcialmente y por lo tanto es necesario recurrir a la instalación de juntas anti - ruido en la pastilla de freno lo cual no solo mejora dicho problema, sino que reduce la transferencia de calor al caliper y al circuito hidráulico. De hecho, una gran mayoría de vehículos de última generación incorpora dichas juntas anti – ruido como la única garantía posible de resolver o al menos mejorar dicho problema.

Histograma de chirridos



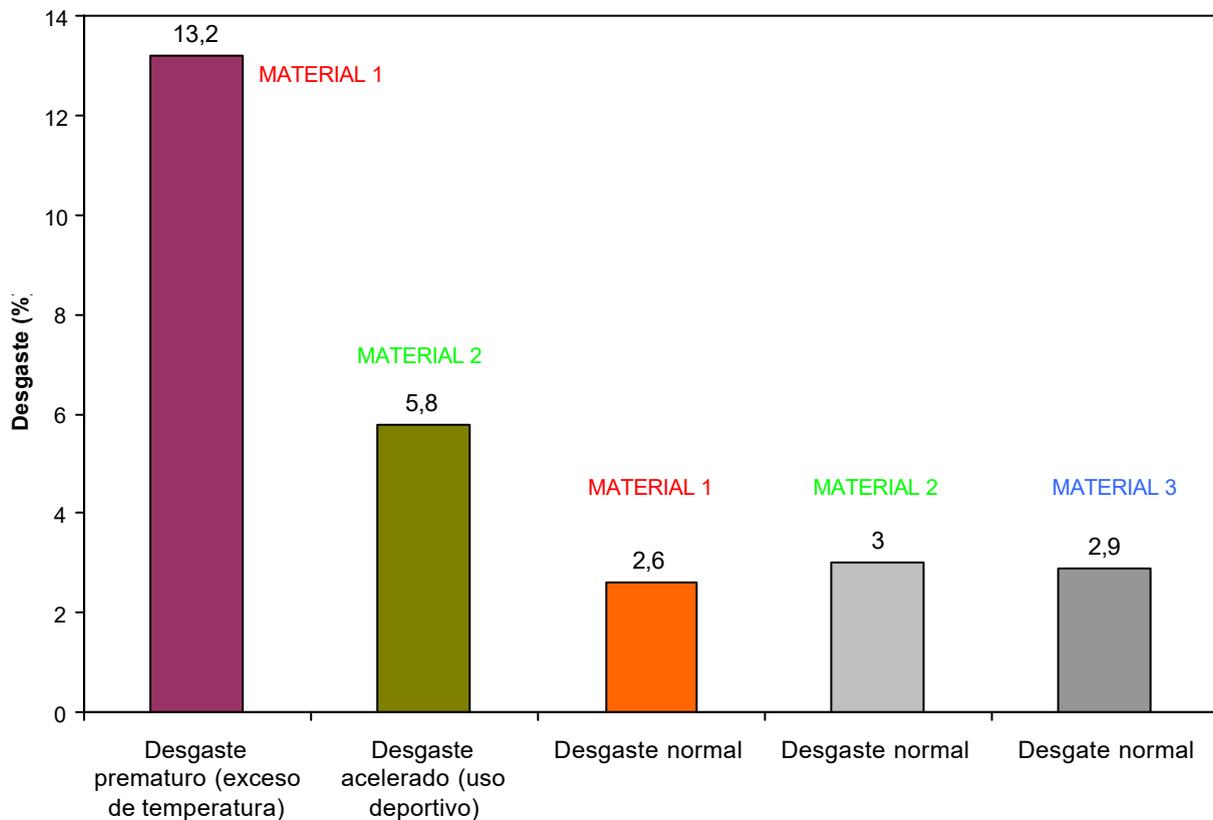
Histograma de la máquina de ruido. Representa la ocurrencia del chirrido y las veces que se produce.

Se puede observar que el material de fricción bajo ensayo de ruidos, presenta en este caso dos frecuencias, a 6000 c.p.s. y 12000 c.p.s., en las que los porcentajes de ocurrencia de chirridos, presentan picos del 20% y 36% respectivamente mientras que en otras zonas del espectro acústico, los porcentajes son mucho menores o incluso inexistentes.

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.



Comparativa de desgaste de diferentes materiales.

Dada la importancia del fenómeno descrito, resulta imprescindible el comprobar dicho par residual girando la rueda libremente y observando que no existe resistencia a la rodadura. En caso contrario, se debe proceder a una revisión total del caliper.

Pueden, también, aparecer desgastes prematuros en aquellos vehículos cuyo conductor tiene el hábito de conducir con el pie sobre el pedal de freno en descensos largos aunque sea con baja presión, con la intención de simplemente ir reteniendo el vehículo.

En la gráfica anterior se comparan valores de desgaste medio de diferentes materiales. Se representa el desgaste en porcentaje para el mismo número de kilómetros realizados, con el mismo vehículo y diferentes materiales. La vida de un material de fricción es un valor muy relativo, ya que depende mucho del estado del sistema, así como del tipo de conducción que se haga.

Como se puede observar, según las cifras del cuadro, los desgastes por efecto de la temperatura pueden suponer reducciones en la vida útil de las pastillas de freno superiores al 300 %. Mientras que para un usuario normal dicho efecto tiene un impacto moderado, para ciertos vehículos o conductores profesionales es recomendable montar exclusivamente calidades contrastadas.

En la gráfica anterior podemos observar como para un mismo material (material 1), dependiendo del tipo de conducción el desgaste es diferente. En el primero de los casos el material fue testado en una furgoneta de reparto que realizaba una ruta, en la cual debía de hacer frente a un terreno escarpado, con muchos puertos de montaña y además el conductor abusaba en exceso del freno. En el segundo ensayo con el material 1, con la misma furgoneta y haciendo la misma ruta, pero con un conductor el cual retiene el vehículo con el motor, además su velocidad era bastante más lenta. En el segundo ensayo con el material 2 realizando una conducción deportiva, es decir, apurando las frenadas de forma que la presión en el circuito siempre sea muy alta, para conseguir deceleraciones muy elevadas, con lo cual la temperatura de funcionamiento es muy elevada y de ahí la pérdida de material. Sin embargo con el mismo vehículo pero una conducción normal el porcentaje de desgaste de las pastillas ha sido menor llegando a diferencias en el desgaste del orden del 100%. En el tercer material el comportamiento del conductor es normal, con lo cual los desgastes se encuentran dentro de los valores aceptables.

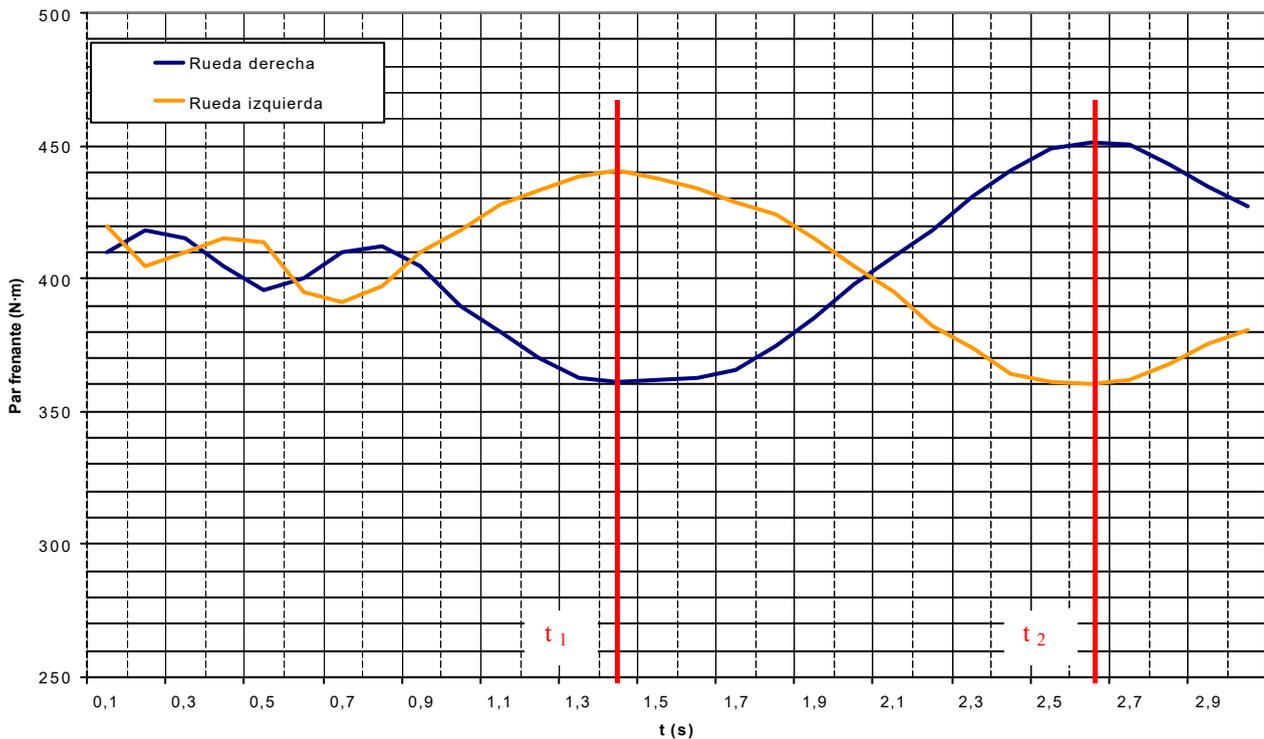
PULLING

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.

En la siguiente gráfica podemos comprobar como van variando los pares frenantes de las ruedas. Se ve como en el comienzo de la frenada existe una zona transitoria hasta que se alcanza un buen contacto entre el disco y la pastilla y la presión alcanza un valor constante. Una vez alcanzado el “equilibrio” vemos como los pares de ambas ruedas son diferentes, es decir, en t_1 el par frenante de la rueda derecha es de 360 N·m, mientras el par en la rueda izquierda es de 440 N·m, con lo cual el vehículo presentará una inestabilidad direccional que hará que se vaya hacia la izquierda. Se puede observar en la gráfica que esto sigue variando con el paso de la frenada, vemos que en t_2 , el par frenante de la rueda izquierda a caído hasta un valor de 360 N·m mientras que la rueda derecha el par frenante a crecido hasta un valor de 450 N·m, con lo cual el vehículo se irá hacia la derecha. Este efecto indeseable se conoce como PULLING.



Gráfica del efecto pulling tomada de ensayos en vehículo.

Hay que entender que el coeficiente de fricción (μ) varía incluso a lo largo de una vuelta de rueda y que normalmente no puede ir sincronizado con las

variaciones del coeficiente (μ) de la otra rueda dando así lugar al problema señalado en la gráfica anterior.

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.

CAPÍTULO 7

REGLAMENTO 90: LA LEGISLACIÓN ACTUAL

1. 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.

3. 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.

La ECE R90 está integrada en la directiva 98/12/EC y es efectiva para todos los estados miembros de la Comunidad Económico Europea desde el 11 de Octubre de 1.999. No obstante, se ha otorgado un período de transición hasta el 31 de Marzo de 2.001.

A partir de esa fecha, las pastillas que no cumplan los requisitos de la normativa no se podrán vender en el mercado de la unión europea.

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.

4. 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.



Dinamómetro de inercia.

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.

Máquina de compresibilidad.

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.



Máquina de cizallamiento.

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.

ANEXO

DESMONTAJE Y MONTAJE DE PASTILLAS DE FRENO DE DISCO PARA VEHÍCULOS DE MENOS DE 3,5 t.

MEDIDAS DE SEGURIDAD.

El sistema de freno es un elemento crítico para garantizar la seguridad del vehículo, con lo cual todas las piezas que lo componen son imprescindibles para tal fin.

Toda manipulación del sistema debe ser llevada a cabo con extremo cuidado y por profesionales cualificados. Un error en dicha manipulación, puede llevar al fallo completo del sistema.

Estas instrucciones sirven de guía para sustituciones de pastillas de freno, sin entrar en las diferentes configuraciones de los sistemas. Si se necesitase más información es imprescindible acudir a los manuales específicos de cada modelo o preguntar al fabricante del material de fricción.

Se deben siempre reemplazar las pastillas de las dos ruedas de un mismo eje. Usándose siempre las pastillas adecuadas para ese modelo en concreto. Las pastillas de reposición deben ser siempre nuevas NO se debe emplear jamás material usado anteriormente.

IMPORTANTE:

- © **EL MATERIAL DE FRICCIÓN DE LAS PASTILLAS, ASÍ COMO LOS DISCOS, NO DEBEN ENTRAR EN CONTACTO CON GRASAS, LUBRICANTES, LIMPIADORES O PRODUCTOS DE ORIGEN MINERAL, YA QUE PODRÍAN CAUSAR LA INEFICACIA DEL SISTEMA DE FRENADO. SI ESTA CONTAMINACIÓN SE PRODUJERE ES RECOMENDABLE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL AFECTADO.**
- © **PARA LA SUSTITUCIÓN DE LAS PASTILLAS DEBE SER EMPLEADAS HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS QUE NO CAUSEN DAÑOS AL MATERIAL DE FRICCIÓN, NO DEBEN CONTENER ARISTAS CORTANTES QUE PUEDAN DAÑAR LAS PASTILLAS. LOS APRIETES DEBEN SER LOS ESPECIFICADOS POR EL FABRICANTE SIENDO REALIZADOS CON UNA LLAVE DINAMOMÉTRICA.**
- © **CUALQUIER TIPO DE FALLO EN EL SISTEMA OBSERVADO DURANTE LA INSTALACIÓN DE LAS PASTILLAS NUEVAS, DEBERÁ**

SER SUBSANADA PARA CONSEGUIR ASÍ, LA GARANTÍA TOTAL DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

DESMONTAJE DE LAS PASTILLAS DE FRENO DE UN CALIPER FIJO DE DOBLE PISTÓN.

1. Desmontar las grupillas o los dispositivos de retención, que impiden que se suelten los pasadores. Así como si existen cables de avisadores de desgaste desconectarlos.
2. Soltar los pasadores ayudándose de botadores. Tener cuidado si existen muelles, clips, etc. ya que estos elementos pueden encontrarse bajo tensión y deben ser retirados con cuidado.
3. Empleando una pinza expansora empujar las pastillas hacia atrás, con el fin de conseguir que salgan de su alojamiento sin problemas.
4. Quitar las pastillas del alojamiento.
5. Llevar los pistones hasta el final de su carrera con la herramienta adecuada para así, poder instalar las pastillas de freno.



Caliper fijo de dos pistones.

DESMONTAJE DE LAS PASTILLAS DE FRENO DE UN CALIPER DE UN SOLO PISTÓN Y PUENTE DESLIZANTE.

(ESTE PROCEDIMIENTO ES VALIDO PARA PINZAS CUYO ACCESO A LAS PASTILLAS SEA DESDE LA PARTE SUPERIOR)

1. Desmontar las grupillas o los dispositivos de retención, que impiden que se suelten los pasadores. Así como si existen cables de avisadores de desgaste desconectarlos.
2. Soltar los pasadores ayudándose de botadores. Tener cuidado si existen muelles, clips, etc. ya que estos elementos pueden encontrarse bajo tensión y deben ser retirados con cuidado.
3. Empleando una pinza expansora empujar las pastillas hacia atrás, con el fin de conseguir que salgan de su alojamiento sin problemas.
4. Quitar las pastillas del alojamiento, comenzando siempre por la del lado del pistón.
5. Llevar el pistón hasta el final de su carrera con la herramienta adecuada para así, poder instalar las pastillas de freno.

DESMONTAJE DE LAS PASTILLAS DE FRENO DE UN CALIPER FLOTANTE DE UN SOLO PISTÓN.

(ESTE PROCEDIMIENTO ES VALIDO PARA PINZAS CUYO ACCESO A LAS PASTILLAS NO SEA POSIBLE DESDE LA PARTE SUPERIOR)

1. Si existe testigo de desgaste, desconectarlo.
2. Dependiendo del tipo de pinza con el cual estemos trabajando, desmontar los tornillos de bloqueo del cuerpo de la pinza, que se encuentran unidos al portapastillas. Estos elementos de bloqueo pueden ser tornillos, resortes, guías o pernos.
3. Empleando una pinza expansora o una palanca apropiada empujar las pastillas hacia atrás, con el fin de conseguir que el cuerpo de la pinza salga sin problemas de su alojamiento.
4. Suspender el cuerpo de la pinza, con la ayuda de un gancho del muelle de la suspensión. No es necesario en ninguno de los casos desmontar el latiguillo.
5. Retirar las pastillas de su alojamiento y empujar el pistón hasta el fondo para proceder a la instalación de las nuevas pastillas.



Caliper flotante de un pistón.

PROCEDIMIENTO SIGUIENTE COMÚN A TODOS LOS TIPOS DE PINZA.

IMPORTANTE: SE DEBE PRESTAR UNA ATENCIÓN ESPECIAL A LA PÉRDIDA DE LÍQUIDO DE FRENOS. YA SEA DESDE ALGÚN MANGUITO DAÑADO O DESDE EL PROPIO DEPOSITO DE LÍQUIDO, YA QUE AL LLEVAR EL PISTÓN HASTA SU POSICIÓN ORIGINAL EL LÍQUIDO LLENARÁ EL DEPOSITO, SI ÉSTE SE ENCUENTRA MUY LLENO PODRÍA DERRAMARSE. RECORDEMOS QUE EL LÍQUIDO DE FRENO PUEDE CAUSAR DAÑOS GRAVES SI NO SE MANIPULA DE FORMA APROPIADA.

1. Con el fin de que las nuevas pastillas entren en su alojamiento se debe de empujar los pistones hacia atrás, hasta que queden completamente alojado en su cavidad.
2. Si la configuración de la pinza fuese fija de 4 pistones o flotante de 2 pistones, se debe impedir que los pistones que hayamos llevado hasta su posición original vuelvan a salir, cuando introducimos el resto de los pistones hasta su posición original.
3. Si los frenos son combinados y se componen del sistema normal más un accionamiento mecánico para el freno de estacionamiento, es muy

importante volver los pistones hacia atrás girando, o mediante tornillos reguladores, según la configuración de la pinza.

AVISO:

- *NO SE DEBE UTILIZAR AIRE A PRESIÓN PARA LIMPIAR LOS FRENOS.*
 - *NO CREAR POLVO FINO, YA QUE SU INHALACIÓN PUEDE SER PERJUDICIAL PARA LA SALUD.*
 - *UTILIZAR UNA MASCARILLA SI SE TRABAJA EN AMBIENTES MAL VENTILADOS.*
 - *EMPLEAR PRODUCTOS ESPECÍFICO DE LIMPIEZA DE FRENO, SINO LO TUVIESEMOS EMPLEAR ALCOHOL METÍLICO.*
4. Verificar los espesores de los discos, si se encuentran por debajo del mínimo establecido por el fabricante debe de ser sustituidos, al igual que si encontramos grietas grandes o rayas profundas.

MONTAJE DE LAS PASTILLAS.

1. Antes de colocar las pastillas debemos de lubricar con grasa que contenga algún lubricante sólido (grasa de litio, grasa de molibdeno, etc.), las guías de la pinza, las de soporte con los pistones.
2. Se deben colocar los testigos de desgaste en su alojamiento específico en las pastillas.
3. Colocar las nuevas pastillas de freno, prestando especial atención a como iban colocada, ya que existen muchos modelos que llevan posición.
4. Colocar los pasadores, los muelles, los resortes y los clips de cierre en la posición original.
5. Conectar los testigos de desgaste al cableado del vehículo.
6. Apretar los tornillos de fijación de la pinza. Emplear siempre que sea posible tornillos con autoblocante nuevos. Apretarlos con el par especificado por el fabricante.

COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.

Una vez finalizado el montaje de las pastillas del mismo eje, colocar las ruedas, asegurándose que se les da el par recomendado por el fabricante. Bajar el vehículo del elevador y verificar los siguientes puntos:

1. Comprobar el nivel del líquido de freno, rellenándolo si fuese necesario.
2. Pisar el pedal del freno repetidas veces, hasta que coja pedal. Pisar hasta su punto máximo y mantenerlo durante unos segundos para

comprobar que el pedal no se va hacía abajo, lo que podría indicar que existe algún problema en el sistema.

3. Es necesario explicar al cliente, que las primeras frenadas con las nuevas pastillas deben de ser suaves y progresivas, ya que debe de haber un periodo de adaptación de unos 300 km. para que la efectividad del material sea la necesaria.
4. Recordar que el sistema de freno debe de ser revisado cada 20000 km.

! IMPORTANTE:

PROBAR SIEMPRE EL VEHÍCULO PREVIAMENTE A SU ENTREGA AL CLIENTE.