

## Índice

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE FRENOS CONVENCIONAL.....	3
3.- TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS.....	3
3.1.- Ventajas que representan los frenos de disco frente a los de tambor.....	7
4.- SISTEMAS DE AYUDA.....	8
5.- BOMBA DE FRENOS HIDRAÚLICA.....	10
6.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE CORRECTOR DE FRENADA.....	12
6.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE CORRECTOR DE FRENADA.....	12
7. - LÍQUIDO DE FRENOS.....	13
8. - FRENO DE ESTACIONAMIENTO.....	15
9.- NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE FRENOS.....	16
9.1.- Frenos cerámicos (PCCB).....	16
9.2.- La geometría del disco de freno.....	18
9.3.- Mantenimiento de los discos de freno.....	18
9.4.- Sistema de frenos sin hidráulica (EWB).....	20
9.5.- Freno de estacionamiento con bloqueo automático.....	21
10.- SISTEMA DE FRENOS ABS.....	21
10.1.- ¿Cómo se reparte la fuerza de frenado en un vehículo?.....	22
10.2.- Componentes del ABS.....	23
10.3.- Funcionamiento hidráulico del sistema ABS.....	25
11.- LOS NUEVOS SISTEMAS DE FRENADO.....	26
12.- E.S.P (control de tracción).....	29
12.1.- ¿En qué se distingue ESP de ABS y ASR?.....	30

### **MATERIAL ADICIONAL INCLUIDO EN EL CD:**

- **Video ABS**
- **Video ESP**
- **Presentación de frenos**



## 1.- INTRODUCCIÓN.

El sistema de frenos está diseñado para que a través del funcionamiento de sus componentes se pueda detener el vehículo a voluntad del conductor.

En el año 1918, un joven inventor, Malcolm Lougheed (quien posteriormente cambió la escritura de su nombre por la de Lockheed), aplicó la fuerza hidráulica al sistema de frenos. Empleó cilindros y tubos para transmitir la presión de un líquido contra las zapatas de los frenos, a fin de empujar éstas contra los tambores. En 1921 apareció el primer automóvil de pasajeros equipado con frenos hidráulicos en las cuatro ruedas: el Duesenberg Modelo A.

Pero el sistema hidráulico no fue adoptado de inmediato por todos los fabricantes de automóviles. Diez años después de aparecer el Duesenberg Modelo A, en 1931, sólo los modelos Chrysler, Dodge, Desoto, Plymouth, Auburn, Franklin, Reo y Granham tenían frenos hidráulicos. Todos los otros vehículos todavía tenían frenos mecánicos activados por cables.

De hecho, no fue hasta 1939, que la Ford finalmente los adoptó, convirtiéndose en el último fabricante de importancia en emplear frenos hidráulicos.

La base del funcionamiento del sistema principal de frenos es la transmisión de fuerza a través de un fluido que amplía la presión ejercida por el conductor, para conseguir detener el coche con el mínimo esfuerzo posible.

Las características de construcción de los sistemas de frenado se han de diseñar para conseguir el mínimo de deceleración establecido en las normas.

El sistema de frenos se constituye por dos sistemas:

1.- El sistema que se encarga de frenar el vehículo durante su funcionamiento normal; freno de servicio (*funcionamiento hidráulico*).

2.-El sistema auxiliar o de emergencia que se utilizará en caso de inmovilización o de fallo del sistema principal; freno de estacionamiento o auxiliar (*funcionamiento mecánico*).



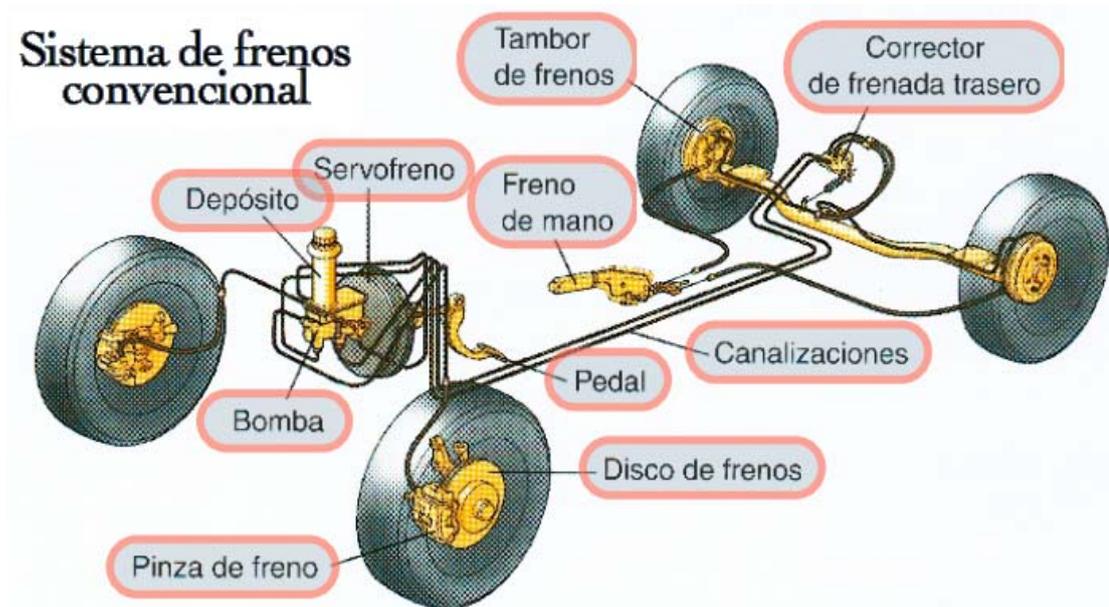
## 2.- COMPONENTES DE UN SISTEMA DE FRENOS CONVENCIONAL.

### A. Sistema principal:

1. **Pedal:** transmite la fuerza ejercida por el conductor al la bomba.
2. **Servofreno:** amplifica la fuerza aplicada al pedal.
3. **Bomba de frenos/Cilindro maestro (CM):** transmite la presión necesaria al circuito de freno.
4. **Canalizaciones -rígidas y flexibles-:** conducen el fluido hasta los cilindros de rueda.
5. **Conjunto de disco:** produce el rozamiento necesario entre el elemento fijo y móvil para producir la deceleración.
6. **Corrector de frenada:** establece el corte de presión necesario en el tren trasero.
7. **Conjunto de tambor:** ídem. conjunto de disco.

### B. Sistema complementario:

1. **Freno de estacionamiento (FE):** inmoviliza el vehículo estacionado.
2. **“Stop de freno”:** avisa al vehículo que va detrás de la acción de frenado.
3. **Dispositivo avisador – FE echado, nivel líquido, desgaste de pastillas-:** indica al conductor incidencias en el sistema.





### 3.- TIPOS DE SISTEMAS DE FRENOS.

En la actualidad, los dos grandes sistemas que se utilizan en los conjuntos de frenado de un automóvil son:

- Mediante *frenos de disco* (contracción externa).
- Mediante *frenos de tambor* (expansión interna).

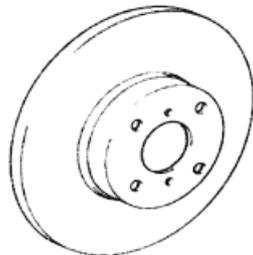
Todos los conjuntos de frenado sean de disco o de tambor tienen sus elementos fijos sobre la mangueta del vehículo, a excepción de los elementos que le dan nombre y que son sobre los que realizamos el esfuerzo de frenado (estos elementos son solidarios a los conjuntos de rueda a través de pernos o tornillos).

Los *frenos de disco*, utilizados normalmente en las ruedas delanteras y en muchos casos también en las traseras, se componen de:

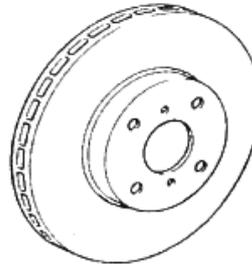
- Un disco solidario al buje del cual toma movimiento, pudiendo ser ventilados o normales, fijos o flotantes y de compuestos especiales.
- Pinza de freno sujeta al porta pinzas, en cuyo interior se aloja el bombín o actuador hidráulico y las pastillas de freno sujetas de forma flotante o fija.

#### ✘ *Tipos de disco*

Este es un plato redondo hecho de hierro fundido que rota con el neumático. Hay dos tipos de disco rotor, el tipo sólido y el tipo ventilado. El tipo sólido consiste en un simple disco rotor, mientras que el tipo ventilado tiene agujeros en la mitad del disco rotor, haciendo esto un interior hueco. Estos agujeros amplían la vida de las almohadillas de freno por la mejora de la radiación de calor.



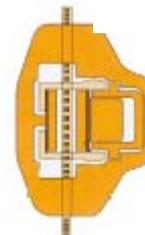
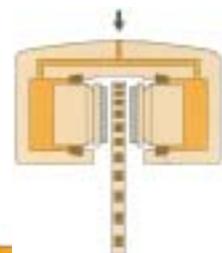
Tipo Sólido



Tipo Ventilado

#### ✘ *Tipos de conjunto de disco en turismos y sus características principales:*

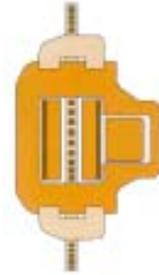
- *Pinza fija:*
  - La pinza es solidaria al montante e incorpora un cilindro a cada lado del disco.
  - Formación de burbujas en el conducto hidráulico del lado interior al exterior.
  - La solidez de montaje permite discos de gran diámetro.
  - Idóneos para vehículos de grandes prestaciones.
- *Marco flotante:*
  - Tamaño reducido.
  - Escasa formación de burbujas.
  - Montaje en vehículos de poco peso.





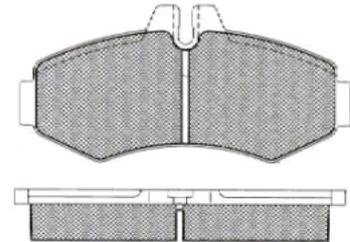
- Pinza flotante:

- Émbolo de mayor tamaño.
- Tamaño reducido.
- Escasez de burbujas.
- Montaje en vehículos industriales de poco peso y turismos.



- ✘ **Propiedades que deben reunir las pastillas de freno:**

- Soportar altas temperaturas.
- Ser resistentes a la abrasión.
- Mantener en todo momento el coeficiente de rozamiento.
- Evacuar con la mayor rapidez el calor.



- ✘ **Características del freno de disco:**

- Mayor refrigeración.
- Montaje y funcionamiento sencillo.
- Piezas de menor tamaño para la misma eficacia.

Los **frenos de tambor**, se utilizan en las ruedas traseras de algunos vehículos. Este sistema de frenos, presenta la ventaja de poseer una *gran superficie frenante*, pero tiene un inconveniente, que disipa muy mal el calor generado por la frenada.

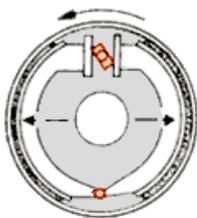
Los frenos de tambor están constituidos por los siguientes elementos:

- Tambor unido al buje del cual recibe movimiento.
- Plato portafreno donde se alojan las zapatas que rozan con dicho tambor para frenar la rueda.
- Sistema de ajuste automático.
- Actuador hidráulico (bombín).
- Muelles de recuperación de las zapatas.

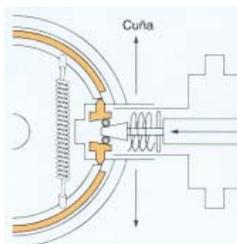
- ✘ **Clasificación de frenos de tambor y sus características principales:**

- Por modo de activación de zapatas:

1. *Leva en "S"*: Una leva de doble lóbulo es accionada por el varilla-je, y esta empuja unos rodillos unidos al extremo de la zapata.
2. *Cuña de expansión*: La cuña en forma de trapecio se introduce entre dos rodillos que hay en el extremo de las zapatas empujando a estas.
3. *Émbolo*: Un bombín hidráulico con uno o dos émbolos recibe presión del circuito desplazando el extremo de la zapata.



1.



2.



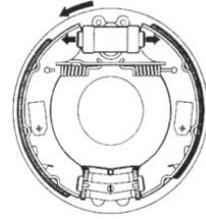
3.



• Por tipo de émbolo:

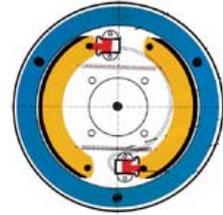
✘ **Simplex:**

- Bombín de doble émbolo.
- Autoreforzamiento de zapatas pequeño (una zapata primaria).
- Posibilita mecanismo tensor de freno de mano.



✘ **Duplex:**

- Doble bombín de un émbolo.
- Autoreforzamiento en ambas zapatas.
- Menor eficacia marcha atrás (ambas zapatas secundarias).
- Freno de estacionamiento dificultoso.



✘ **Servo/Rearme:**

- Bombín de doble émbolo.
- Apoyo de zapatas flotante.
- Autoreforzamiento elevado.
- Facilidad para freno de estacionamiento.

✘ **Duo-duplex :**

- Bombín de doble émbolo.
- Ángulo abrazado asimétrico.
- Acoplamiento al tope más progresivo.
- Apoyo de zapatas flotante.
- Autoreforzamiento elevado hacia adelante y hacia atrás.
- Mayor efecto de frenado.
- Posibilita FE con facilidad.

• Por dispositivo de aproximación:

✘ **Palanca-trinquete (Bendix):** Basa su funcionamiento en el empuje que realiza una palanca unida a la zapata primaria, la cual resbala sobre un trinquete con muelle.

✘ **Tornillo-levier (Girling):** Se fundamenta en un tornillo colocado entre ambas zapatas y que se alarga por la acción de un levier para abrir las zapatas.

✘ **Propiedades que deben reunir las guarniciones:**

Las propiedades y materiales empleados en la fabricación de las guarniciones son similares a los de las pastillas de disco.

✘ **Características del freno de tambor.**

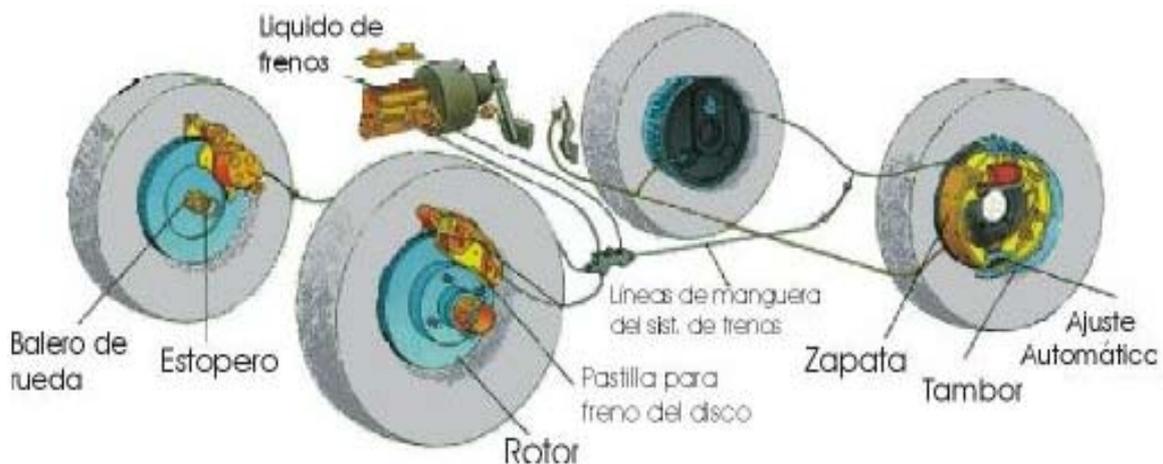
- Mayor eficacia (mayor superficie).
- Refrigeración escasa.
- Sistema más complejo.



### 3.1- Ventajas que representan los frenos de disco frente a los de tambor.

Las principales ventajas son:

- El equilibrio de las presiones en ambas caras del disco suprime toda reacción sobre el eje (delantero o trasero) del vehículo; además, estas presiones axiales no producen deformaciones de la superficie de frenado.
- La dilatación transversal bajo el efecto del aumento de temperatura tiende a disminuir el juego entre disco y pastillas; de todas formas, esta dilatación es más pequeña que la radial de los frenos de tambor, lo que facilita el reglaje y simplifica los dispositivos de reglaje automático.
- El disco se encuentra al aire libre y, por ello, su refrigeración está asegurada, retardándose la aparición del fading.
- Los cilindros de freno 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.
- Menor peso total, que en un automóvil de turismo puede llegar a suponer hasta 100 Kg.
- Mayor facilidad de intervención y sustitución de las guarnituras.



#### 4.- SISTEMAS DE AYUDA

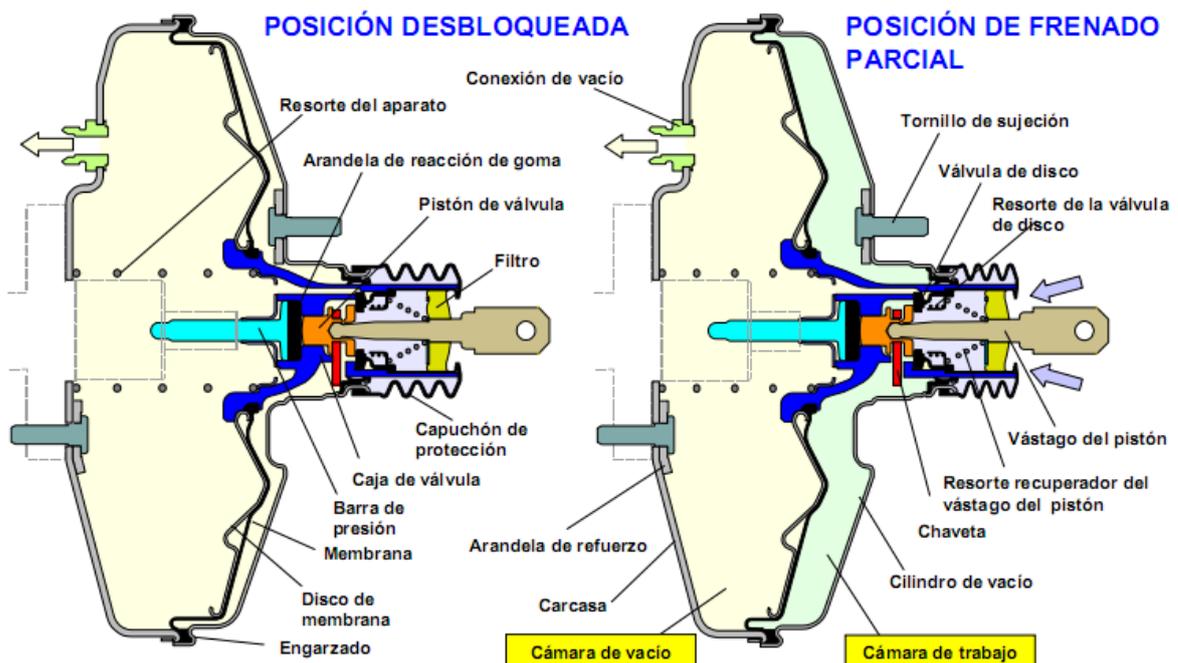
El servofreno es el sistema por el cual la fuerza que hay que ejercer sobre el pedal, para presurizar el circuito a una misma presión, se reduce. Es decir, es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal.

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.

##### ✦Tipos de servofreno.

- **MasterVac:** Va colocado junto al cilindro maestro. El sistema MasterVac utiliza como recurso de ayuda la depresión que se produce en el colector de admisión, reduciendo el esfuerzo que hay que hacer para generar en el circuito con presión con el CM.



##### ○ Funcionamiento.

- *En reposo:*

En posición de reposo, la válvula de comunicación con la atmósfera está cerrada, la válvula de comunicación entre cámaras se encuentra abierta, por lo que la aspiración a través de la válvula de depresión no consigue vencer la fuerza del muelle y el pistón no se mueve; ya que las presiones de las cámaras anterior y posterior son iguales.

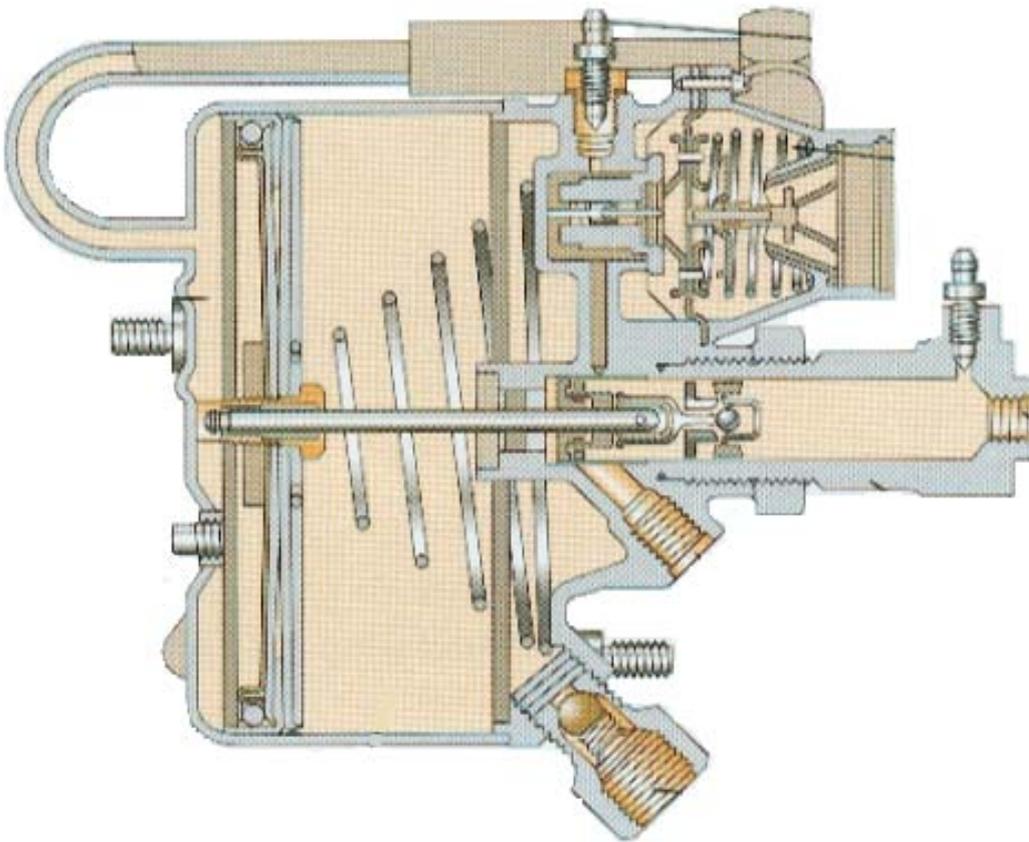


- *Accionado:*

Al accionar el pedal, la válvula de comunicación con la atmósfera abre, la válvula de comunicación entre cámaras queda cerrada, por lo que la aspiración a través de la válvula de depresión consigue vencer la fuerza del muelle, y el pistón se mueve para ayudar al CM a empujar el líquido; gracias a que la presión en ambas cámaras es diferente.

- **HidroVac:** La bomba principal se monta separada.

El HidroVac echa mano del vacío del colector de admisión y la presión que genera la bomba principal, para aumentar la presión que llega al circuito después de pasar por el circuito hidráulico del servofreno.

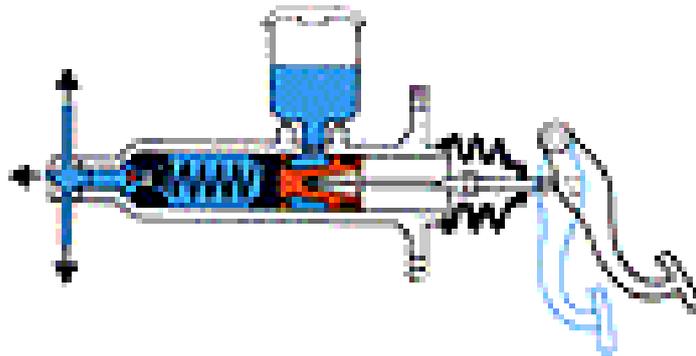




## 5.- BOMBA DE FRENOS HIDRAÚLICA.

Es la encargada de crear la fuerza necesaria para que los elementos de fricción frenen el vehículo convenientemente. Al presionar la palanca de freno, desplazamos los elementos interiores de la bomba, generando la fuerza necesaria para frenar el vehículo; Básicamente, la bomba es un cilindro con diversas aperturas donde se desplaza un émbolo en su interior, provisto de un sistema de estanqueidad y un sistema de oposición al movimiento, de tal manera que, cuando cese el esfuerzo, vuelva a su posición de reposo.

Los orificios que posee la bomba son para que sus elementos interiores admitan o expulsen líquido hidráulico con la correspondiente presión.



### Funcionamiento:

#### - En reposo:

En posición de reposo, la cámara (11) está llena de líquido que entra por el orificio (12), llamado de compensación. En esta cámara tenemos ahora la presión atmosférica, debido a su comunicación con el depósito, el cual se halla sometido a esta misma presión. El muelle mantiene retirado contra su tope al pistón (4) y aplica contra su asiento a la válvula (2), no existiendo comunicación entre la cámara (11) y las canalizaciones de los cilindros de rueda. Por detrás de la copela primaria (3) entra líquido a la cámara (13), que proporciona un deslizamiento suave del pistón.

#### - Accionamiento:

Cuando se pisa el pedal de freno, la varilla (10) empuja al pistón (4), que arrastra consigo hacia la izquierda a la copela primaria, que se abre de su periferia adaptándose perfectamente a las paredes del cilindro, evitando así las fugas hacia atrás del líquido encerrado en la cámara (11) que, durante el desplazamiento del pistón, va siendo comprimido.

En este mismo espacio de tiempo, el muelle aplica contra su asiento a la válvula cada vez más fuerte. Mientras la copela (3) no tape el orificio de compensación (12), por él sale un poco de líquido hacia el depósito, lo que supone una compensación que evita brusquedad en el accionamiento de los frenos.

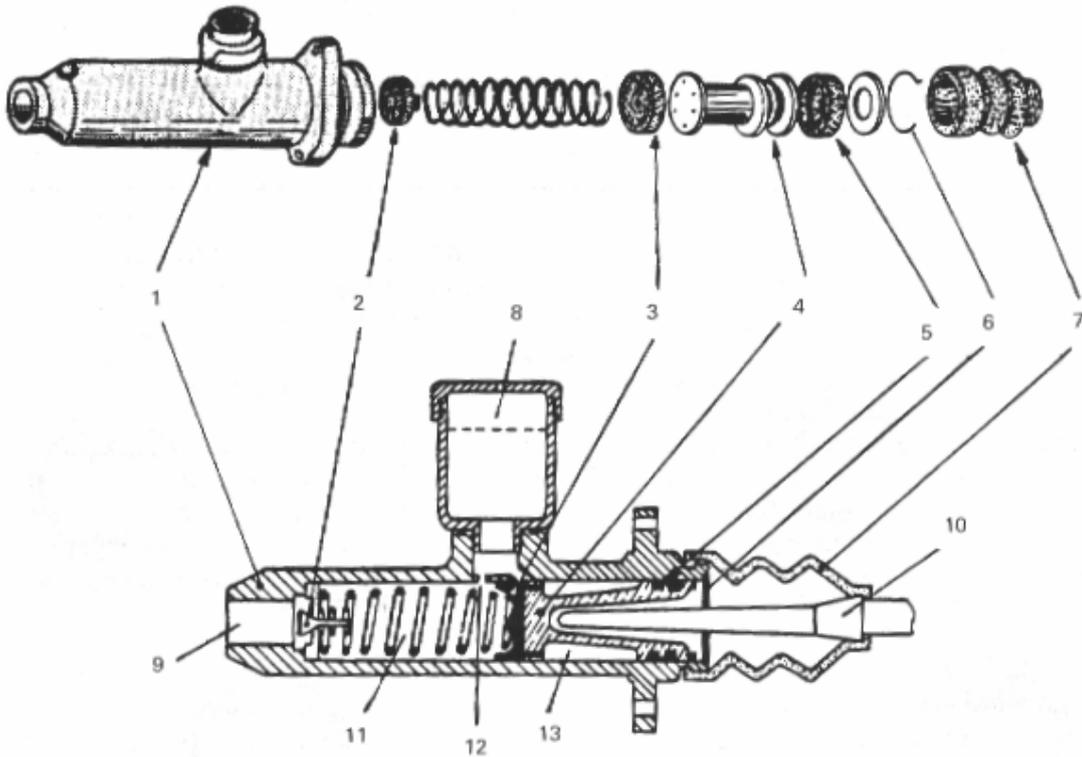
Una vez tapado este orificio, el consiguiente desplazamiento del pistón hace subir la presión en la cámara (11) y, llegado un cierto instante, el valor de presión alcanzado es suficiente para abrir la válvula (2), cuya guarnición de goma es deformada dejando libres los orificios por los que puede salir el líquido a las canalizaciones.



Como las canalizaciones y los cilindros de rueda se encuentran llenos de este mismo líquido, al abrirse la válvula (2) se transmite la presión obtenida en (11) a los cilindros de rueda, que producirán bajo este efecto la aproximación de las superficies frenantes. Cuanta más fuerza se ejerza en el pistón (4), mayor será la presión alcanzada en la cámara (11), que al transmitirse a los cilindros de rueda producirán una acción de frenado más enérgica.

La presión ejercida en el líquido produce el desplazamiento de los pistones de los cilindros de rueda, que aplican las zapatas contra el tambor. El espacio que van dejando libre en su desplazamiento va siendo llenado por el líquido que es enviado desde la bomba.

Durante el desplazamiento del pistón (4) del cilindro maestro, la cámara de compensación (13) permanece en comunicación con el depósito de líquido, a través del orificio de comunicación por detrás del de compensación y, por tanto, a la presión atmosférica.





## 6.- CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE CORRECTOR DE FRENADA.

### ✘ *En función de la presión:*

#### ▪ Repartidor de Simple efecto.

Normalmente, los repartidores de simple efecto no tienen reglaje. Salen tarados de fábrica para establecer el corte de presión a los 50 bar aproximadamente.

#### ▪ Repartidor de Doble efecto.

Los repartidores de doble efecto tampoco suelen tener reglaje. El corte principal de presión se establece en torno a los 50 bar, aunque la presión de corte sigue aumentando conforme se incrementa el esfuerzo en el pedal.

### ✘ *En función de la carga*

#### ▪ Limitadores.

En los limitadores el corte de presión se establece en múltiples valores: tantos como alturas presente la carrocería, en función del peso soportado.

### ✘ *En función de la carga y la presión:*

#### ▪ Compensadores.

Al igual que en los limitadores el corte de presión se establece en múltiples valores; pero en este caso la presión sigue incrementándose según aumenta el esfuerzo aplicado al pedal.

### ✘ *En función de la inclinación de la carrocería/deceleración y la presión:*

#### ▪ Compensador de inercia.

Por regla general, este tipo de limitadores comienzan el corte de presión en el circuito trasero cuando se produce una deceleración de 5 m/s; estableciendo múltiples valores de corte si la inclinación de la carrocería varía. La presión en el circuito trasero aumenta, después de cada punto de corte, si la presión de entrada al limitador también lo hace.



## 7. - LÍQUIDO DE FRENOS

- *Características de los líquidos de freno:*
  - Punto de ebullición seco (sin presencia de humedad).
  - Punto de ebullición húmedo (con +/- 3,5 % de humedad).
  - Viscosidad.
  - Propiedades anticorrosivas.
  - Compatibilidad con los elastómeros.

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

Existen cuatro denominaciones **DOT**:

### **DOT 3**

- Es el líquido más barato y de menor desempeño producido.
- Base: Poliglicol sintético.
- Viscosidad a -40° F; 1500 cst
- Compatibilidad: DOT 4 y 5.1.
- Color: ámbar a claro.



### **DOT 4**

- Base: Poliglicol sintético.
- Viscosidad a -40° F; 1800 cst.
- Compatibilidad: DOT 4 y 5.1.
- Color: ámbar a claro.



### **DOT 5**

- Líquido muy caliente usado actualmente solo en Harleys.
- Base: Silicona.
- Viscosidad a -40° F; 900 cst.
- Compatibilidad: DOT 5 base silicona.
- Color: púrpura.
- No daña superficies como los otros DOT.



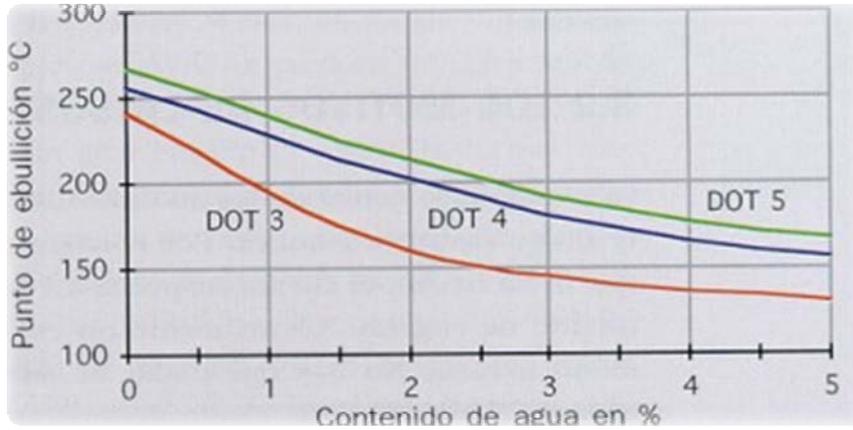
### **DOT 5.1**

- Líquido Europeo que surgió por los nuevos sistemas ABS de los autos.
- Es el más delgado de todos y ofrece el menor cambio en viscosidad de frío a caliente.
- Base: Poliglicol sintético.
- Viscosidad a -40° F; 900 cst.
- Compatibilidad: DOT 3 y DOT 4.
- Color: ámbar.





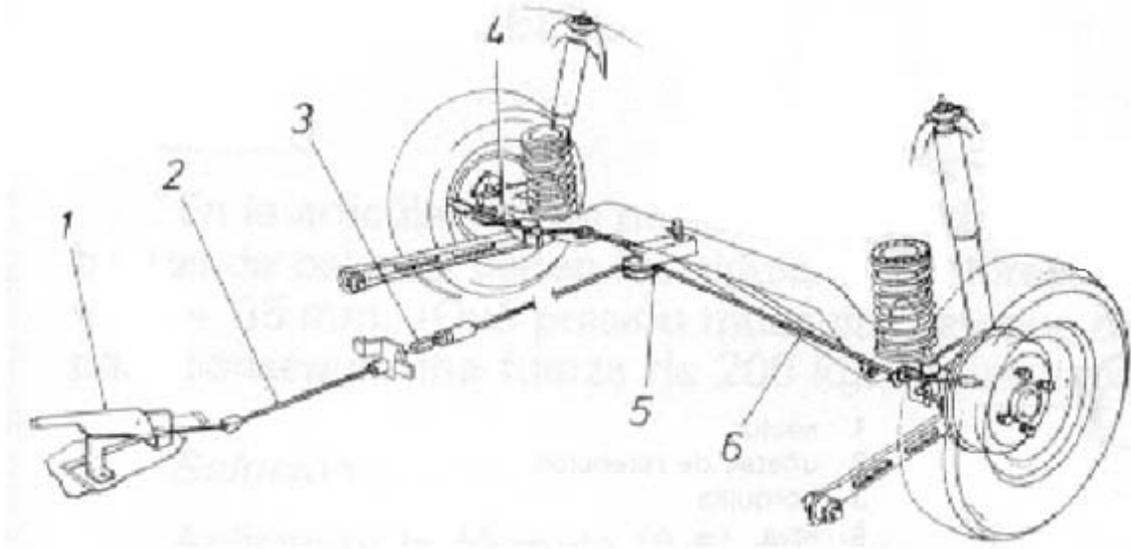
Lo anterior nos da una imagen general de los líquidos DOT, pero luego existen excepciones como líquidos DOT3 de competición con mejores propiedades que un DOT5.1 en cuanto al punto de ebullición, ya que las normas DOT marcan unos mínimos.



Viendo la anterior gráfica se puede comprobar que para tener un líquido en perfectas condiciones sería adecuado cambiarlo bastante a menudo, ya que el 3% de contenido en agua puede conseguirse en un año dependiendo de la zona y las condiciones de uso, y su efecto sobre la temperatura de ebullición es muy alto.



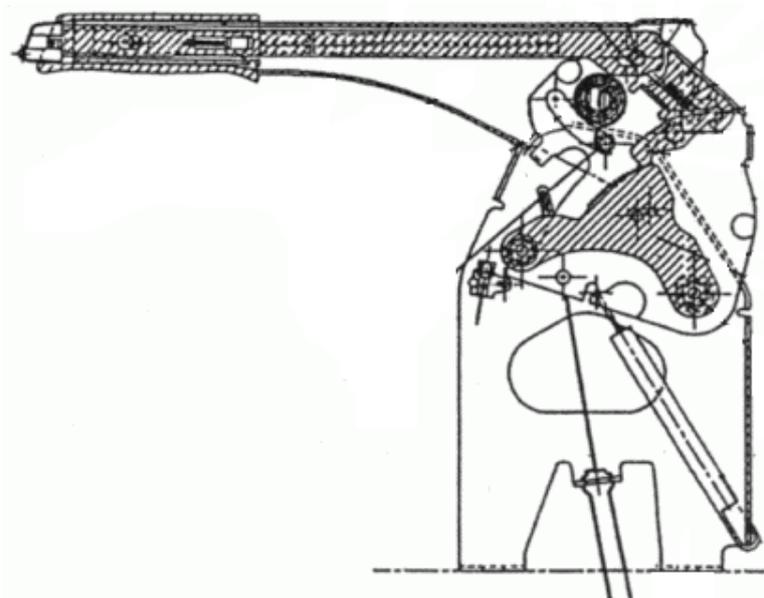
## 8. - FRENO DE ESTACIONAMIENTO.



- |                     |                          |                       |
|---------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1.- Palanca.        | 3.- Tensor               | 5.- Reenvío           |
| 2.- Cable enfundado | 4.- Enganche de terminal | 6.- Cable transversal |

El conjunto es el encargado de bloquear el vehículo cuando está parado o que permite una frenada de emergencia en caso de fallo en el sistema de frenado normal.

Su funcionamiento es habitualmente mecánico, teniendo que realizar un esfuerzo sobre una palanca para el tensado del cable que bloquea las ruedas.





## 9.- NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LOS SISTEMAS DE FRENOS.

### 9.1.- Frenos cerámicos (PCCB).

Los frenos cerámicos se denominan *Porsche Ceramic Composite Brake (PCCB)*, que básicamente *consiste en unos discos cerámicos dotados de conductos de autoventilación*. El uso de este material ofrece una capacidad y una eficacia mayores, marcando un importante avance en la tecnología de los frenos.

Las ventajas de este nuevo sistema se concentran en su capacidad de repuesta sobre pavimentos húmedos o secos, sus propiedades antifading, la estabilidad en la frenada, el menor peso del conjunto y la larga vida de los discos. La eficiencia en el frenado, según los técnicos de Porsche, no podrá aprovecharse al máximo hasta tanto no se disponga de compuestos de caucho adecuados en los neumáticos y de un sistema ABS desarrollado específicamente para este tipo de discos. Los técnicos auguran un promisorio futuro para los frenos PCCB, pues pueden montarse en el sistema actual, sustituyendo los discos y las pastillas de freno, sin que sea necesario cambiar los pistones, el mecanismo de servo u otros componentes del equipo de frenos



El sistema PCCB *proporciona una frenada más efectiva con un coeficiente de fricción más alto*, una ventaja en caso de una frenada de emergencia, durante la cual no es necesario ejercer una mayor presión sobre el pedal del freno, ni requiere de ningún sistema de asistencia para lograr la máxima presión en fracciones de segundo. Esta eficiencia evita los riesgos que se corren al efectuar una frenada a fondo con el sistema convencional, pues muchos conductores pisan al máximo el pedal al iniciar la frenada, pero la reducen en cuanto se activa el ABS, al creer que se ha logrado la máxima desaceleración.

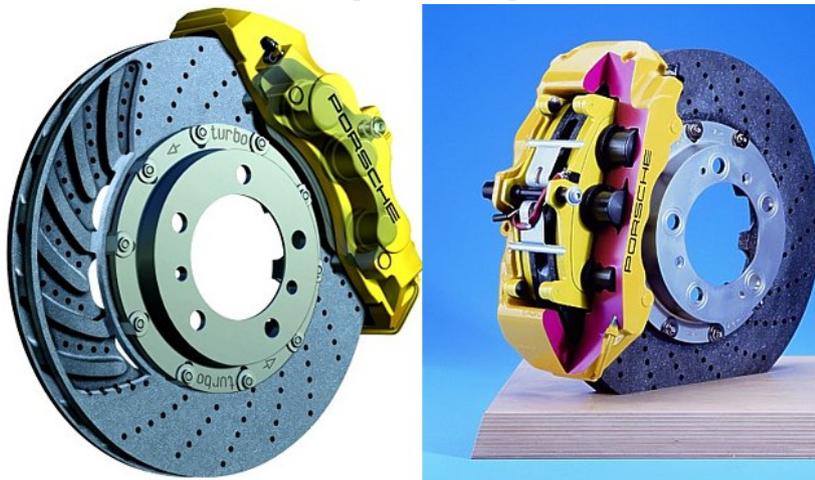
Uno de los mayores enemigos que confrontan los frenos es la alta temperatura, lo cual no afecta a los frenos PCCB. En la prueba “antifading” de Porsche, en la que se realizan 25 frenadas consecutivas desde el 90% de la velocidad máxima hasta los 100 kilómetros por hora, con una relación de desaceleración establecida de 8 m/s<sup>2</sup>. Después de la undécima frenada el coeficiente de fricción se mantiene en 0,45, una estabilidad que puede ser decisiva cuando se viaja a altas velocidades y es necesario detener totalmente el automóvil. Esta condición marca una diferencia notoria con los frenos convencionales, cuya efectividad disminuye a medida que aumenta la temperatura de los discos, lo cual debe ser compensado con una mayor presión sobre el pedal.



En las pruebas los discos cerámicos llegan a alcanzar temperaturas de hasta 800 grados, pero el calor se soporta sin mayores fatigas, pues los discos se “hornean” a más de 1.700 grados. Bajo estas condiciones los discos de fundición se dilatan y su superficie se ondula, impidiendo que las pastillas de freno se apoyen completamente sobre la superficie de los discos, provocando vibraciones en el volante, lo cual reduce el confort durante el manejo, pues las vibraciones se extiende hasta el tren delantero, provocando una sensación de desequilibrio.

Así mismo, los discos cerámicos *soportan tan altas temperaturas* debido al bajo peso de su material, que dispersa de un modo más eficaz el calor acumulado, y a los conductos de autoventilación envolventes de máxima eficacia en la ventilación interior, que es reforzada en las superficies de roce con la incorporación de taladros transversales, con lo cual se asegura un frenado más eficiente sobre pavimentos mojados que con los frenos convencionales, lo que se debe en parte a la alta densidad del compuesto de fibra orgánica, que no absorben tanta humedad como los sistemas convencionales. Porsche aplica en el sistema de frenos cerámicos el mismo diseño, más evolucionado, de los discos metálicos perforados.

Esta patente capitaliza las leyes físicas: la aplicación de los frenos en una carretera mojada hace que la humedad acumulada entre el disco y el forro de las pinzas se evapore de forma instantánea, lo que provoca una fina capa de vapor de agua entre ambos elementos de fricción que impide que el freno actúe con la máxima eficiencia, pero ello ha sido superado con los discos de frenos perforados, pues las aberturas hacen que se disperse el vapor de agua, de tal forma que los cilindros pueden transmitir a las pinzas toda la fricción que pueden aplicar sobre los discos.



En las ruedas delanteras los frenos tienen pinzas de seis cilindros y en las traseras la ya clásica disposición de cuatro pistones, los cuales son de diferentes diámetros para compensar el desgaste tangencial oblicuo. Una pieza termoaislante, cuyo factor de aislamiento es 2.5 veces más alto que el del titanio – utilizado en los monoplazas de Fórmula 1 – ubicada entre las pastillas y los cilindros de cada pinza, evita que las altas temperaturas lleguen hasta la liga de frenos. Las pinzas de aluminio utilizan el tradicional diseño “monobloc” de Porsche, con las pastillas montadas con pernos para prevenir la corrosión y la línea de conexión montada en el exterior para mantener el líquido de frenos a la temperatura adecuada.

Estos discos *son inmunes a la corrosión*, por lo cual los componentes metálicos que incorpora Porsche en este sistema de frenos son de acero inoxidable. Con una



duración que se estima supera los 300 mil kilómetros, quizás haya que cambiar primero de automóvil que de discos de frenos.

### 9.2.- 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  $250 \text{ W/cm}^2$ , 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  $750 \text{ W/cm}^2$ . 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 se 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 hacía 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.

### 9.3- 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  $10 \text{ kg} \cdot \text{m}$  si la llanta es de chapa y a unos  $11 \text{ kg} \cdot \text{m}$  si la llanta es de aleación. Procediendo al apriete de forma equidistante. Las llaves de apriete neumáticas pueden deformar los discos, dando lugar a problemas de vibraciones, ruidos, e incluso roturas de la propia llanta, principalmente si esta es de aleación.

Para un buen mantenimiento de los discos de freno conviene revisarlos cada 20000 km como norma general. Este control no debe de ser solo visual, ya que existe una cota mínima tras la cual el disco debe de ser sustituido. Esta medida llamada *MINIMUM THICKNESS* (mínimo espesor) viene grabada en los cantos de los discos. Más adelante veremos que sucede cuando este espesor no es respetado. Los controles que se deben realizar, no son solo la medida del espesor con ayuda de un micrómetro de exteriores, sino que además debe de comprobar el alabeo del disco con ayuda de una base magnética y un reloj comparador unido a ella. El proceso de verificación del alabeo se lleva a cabo, pegando la base magnética en la mangueta del vehículo y la punta del reloj comparador debe estar en contacto con la pista frenante del disco. En esta posición se debe poner a cero el reloj. Una vez colocado todo el sistema debemos de hacer girar el disco fijándonos en la desviación que el reloj comparador nos va a ir dando. Si esta variación es mayor a 0,125 mm. debe de ser sustituido el disco por estar alabeado. Esto se hará patente en el freno ya que al frenar nos producirá vibraciones en el volante, incluso si el alabeo es muy grave se producirán pulsaciones en el pedal.

La planitud del disco es una característica crítica para una frenada progresiva y libre de vibraciones no solo en frío sino en caliente. Si esta planitud no se encuentra dentro de los valores requeridos, pueden aparecer puntos calientes “judder” que producen vibraciones muy desagradables al frenar. Como se verá más adelante el “judder” puede aparecer como vibraciones acústicas, vibraciones estructurales en la dirección del vehículo o como pulsaciones en el pedal del freno.

Resolver este tipo de problemas es complejo y desde luego, pasa por la instalación de discos de freno de primerísima calidad y pastillas de freno con la compresibilidad y el coeficiente de fricción adecuado.

En algunos casos, también podemos observar óxido en las pistas frenantes de los discos, formado al estar el vehículo en un entorno muy húmedo. Esto no implica un problema serio ya que en unas cuantas frenadas ese óxido debe ser eliminado por el contacto entre las pastillas y el disco. Si una vez realizadas estas frenadas existe alguna zona donde ese óxido no se haya eliminado, significa que puede existir algún problema en la pinza, debido a que la pastilla no hace un perfecto contacto en el disco.

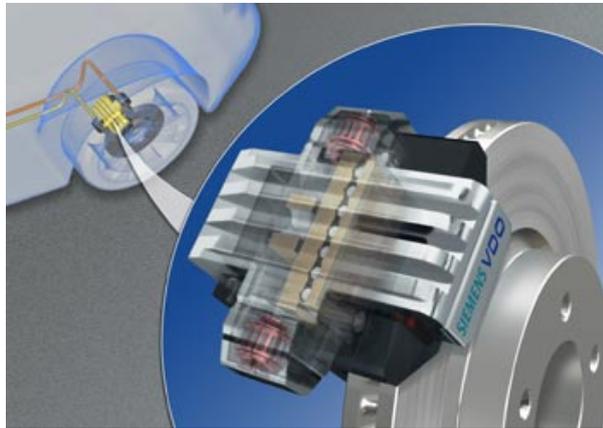
Si se observan rayas circulares profundas o grietas radiales numerosas deberán de cambiar los discos obligatoriamente.



#### 9.4.- Sistema de frenos sin hidráulica (EWB).

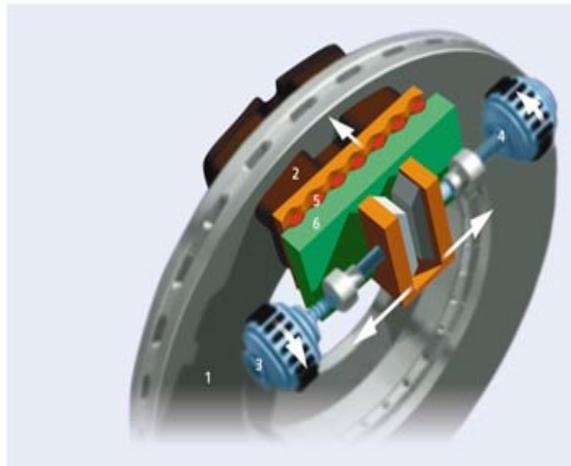
Los automovilistas ya han podido comprobar en los modelos más recientes la desaparición del freno de mano. El freno de aparcamiento se ha sustituido por un sistema electrónico que se bloquea automáticamente al cortar el contacto y, al contrario, afloja la presión de los frenos en cuanto el conductor acelera. El freno de aparcamiento electrónico ocupa menos espacio entre los asientos y constituye un accesorio que aporta algo más de confort y seguridad (ya nadie podrá olvidarse de echar el freno de mano: es automático).

Se trata pues de un primer sistema de frenado electrónico o, más bien, enteramente eléctrico. Hoy por hoy, la frenada sigue necesitando la intervención de elementos hidráulicos. La presión del conductor sobre el pedal de freno induce un movimiento del líquido de frenos que se canaliza a través de un conducto hacia la pinza. Este líquido, bajo presión, actúa sobre los pistones de las pinzas que, a su vez, comprimen las pastillas de freno contra el disco. Así es como se genera la frenada. Este proceso se completa con el sistema ABS, que evita el bloqueo de las ruedas limitando, en caso de necesidad, la acción del líquido sobre los pistones a fin de mantener el control del vehículo. El antibloqueo puede llegar a ajustar hasta 100 veces por segundo la potencia máxima de frenada para evitar que se bloquee alguna de las ruedas. La ayuda a la frenada de emergencia consigue reducir también el tiempo de indecisión del conductor, estimado por lo general en un segundo. No obstante y a pesar de todos estos avances, el sistema hidráulico se ve limitado por la inercia. Se calcula que a 100 km/h, los coches equipados con frenos hidráulicos necesitan unos 40 metros para pararse y que esta distancia se convierte en 70 m a 130 km/h.



#### - El freno electrónico según Siemens VDO

El fabricante de equipamientos Siemens VDO estima haber encontrado la solución con el EWB (siglas de Electronic Wedge Brake). Este freno electrónico prescinde por completo de los elementos hidráulicos gracias a su concepción revolucionaria. La información se transmite directamente en forma de señal electrónica, como en un avión. El sistema utiliza de hecho la energía cinética del vehículo para frenar. Concretamente en cada rueda se sitúa un módulo de freno





inteligente. Cada uno de estos módulos se compone de seis elementos, entre ellos una mordaza de freno que envuelve el disco por ambos lados. El EWB se basa en un dispositivo en forma de cuña (un rodamiento de rodillos) que efectúa el enlace entre la mordaza y la pastilla móvil de freno. Ésta es la pieza que recupera la energía cinética para dar más potencia a la frenada: está controlada por un motor eléctrico que trabaja con precisión y con un mínimo de energía. En resumen, el freno electrónico retoma más o menos los componentes actuales (disco, pastilla de freno, mordaza) aunque suprimiendo el líquido de frenos y la activación hidráulica.

### 9.5.- Freno de estacionamiento con bloqueo automático

El freno de estacionamiento es de disco con circuito independiente del de sistema de parada de servicio. Funciona con bloqueo automático mediante mando hidráulico (comúnmente llamado freno negativo).

La clásica palanca del freno ha sido reemplazada por un selector electro-hidráulico que permite al operador activar el dispositivo mientras el motor diesel está en funcionamiento.

Cuando el motor diesel está parado, el freno de estacionamiento se activa automáticamente, con independencia de lo que haga el operador, y se desactiva también automáticamente cuando se vuelve a poner en marcha el motor.

## 10.- SISTEMA DE FRENOS ABS.

**El ABS es un dispositivo que evita el bloqueo de las ruedas al frenar.** Un sensor electrónico de revoluciones, instalado en la rueda, detecta en cada instante de la frenada si una rueda está a punto de bloquearse. En caso afirmativo, envía una orden que reduce la presión de frenado sobre esa rueda y evita el bloqueo. El ABS mejora notablemente la seguridad dinámica de los coches, ya que reduce la posibilidad de pérdida de control del vehículo en situaciones extremas, permite mantener el control sobre la dirección (con las ruedas delanteras bloqueadas, los coches no obedecen a las indicaciones del volante) y además permite detener el vehículo en menos metros. El sistema antibloqueo ABS constituye un elemento de seguridad adicional en el vehículo. Tiene la función de reducir el riesgo de accidentes mediante el control óptimo del proceso de frenado.

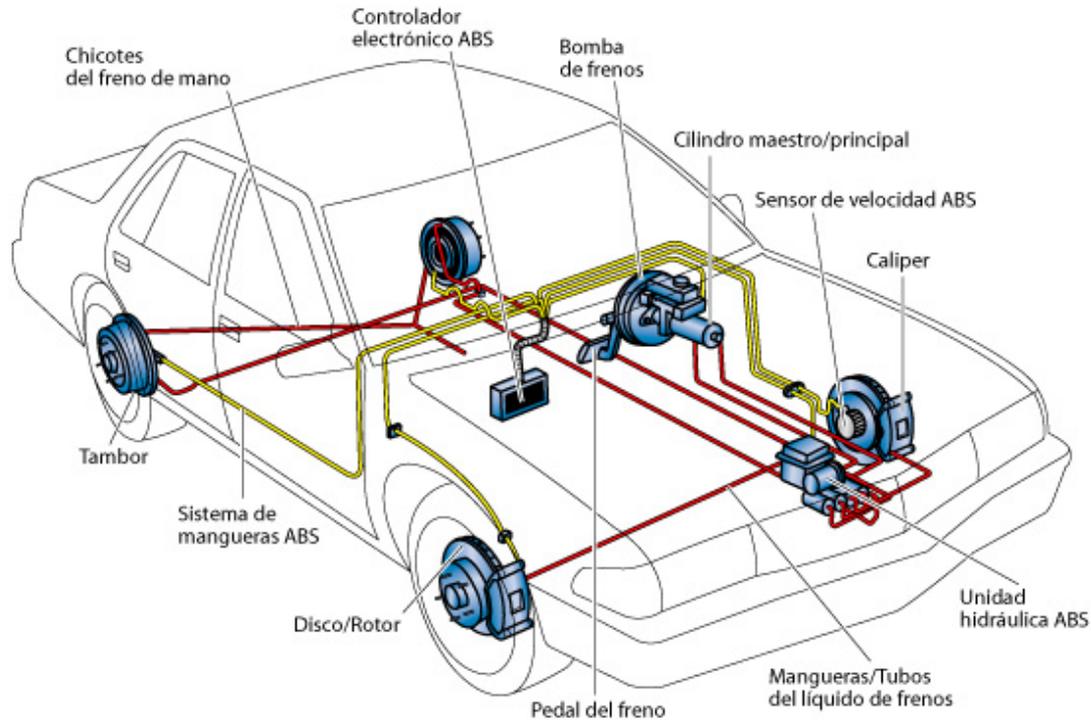
Durante un frenado que presente un riesgo de bloqueo de una o varias ruedas, el ABS tiene como función adaptar el nivel de presión del líquido de freno en cada rueda con el fin de evitar el bloqueo y optimizar así el compromiso de:

- *Estabilidad en la conducción:* Durante el proceso de frenado debe garantizarse la estabilidad del vehículo, tanto cuando la presión de frenado aumenta lentamente hasta el límite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente, es decir, frenando en situación límite.
- *Dirigibilidad:* El vehículo puede conducirse al frenar en una curva aunque pierdan adherencia alguna de las ruedas.
- *Distancia de parada:* Es decir acortar la distancia de parada lo máximo posible.



Para cumplir dichas exigencias, el ABS debe de funcionar de modo muy rápido y exacto (en décimas de segundo) lo cual no es posible más que con una electrónica sumamente complicada.

(Ver video ABS adjunto)



### 10.1.- ¿Cómo se reparte la fuerza de frenado en un vehículo?

Se reparte de manera desigual, pues al ser frenado un vehículo que se encuentra en movimiento, la fuerza de inercia aplicada a su centro de gravedad, forma con las fuerzas de frenado y un par que obliga a inclinarse hacia abajo al vehículo de su parte delantera, mientras que en la trasera ocurre lo contrario. Decimos que el peso del vehículo ha sido transferido en parte al eje delantero, al mismo tiempo que el trasero se ha deslastrado.

Debido a esto la fuerza de frenado debe de estar repartida entre los ejes con relación al peso soportado por los mismos; dependiendo de la distribución de los distintos mecanismos, como motor, caja de velocidades, depósito de combustible, etc., y de la transferencia de peso al frenar (que depende fundamentalmente de la altura del centro de gravedad), peso total del vehículo y distancia entre ejes.

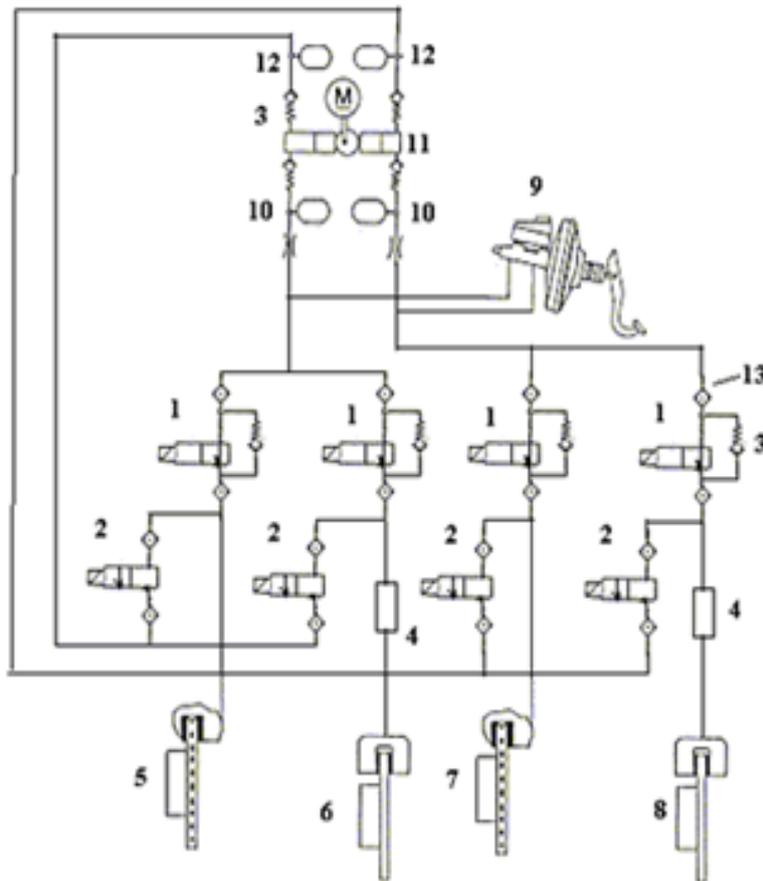
En cuanto a la eficacia del frenado, deben de ser exactamente iguales en las dos ruedas de un mismo eje, para evitar “tiros” hacia uno de los lados, que provocarían la inestabilidad del vehículo en las frenadas.



## 10.2.- Componentes del ABS.

El la figura se ve el circuito hidráulico de un sistema ABS.

- 1- Electroválvula de admisión.
- 2- Electroválvula de escape.
- 3- Válvula anti-retorno.
- 4- Válvula reguladora de la presión de frenado.
- 5- Rueda delantera izquierda.
- 6- Rueda trasera derecha.
- 7- Rueda delantera derecha.
- 8- Rueda trasera izquierda.
- 9- Bomba de frenos.
- 10- Silenciador.
- 11- Motor-bomba.
- 12- Acumulador de baja presión.
- 13- Filtro.



### 10.2.1.-Función específica de cada elemento

- **Módulo de control del sistema de frenos antiblocantes (ABSCM):**
  - Calcula y determina las condiciones de las ruedas y de la carrocería en función de las velocidades de las ruedas, y efectúa una decisión acorde a la situación actual para controlar la unidad hidráulica.
  - En el modo de operación de ABS, el módulo envía una señal de control cooperativa al módulo de control de la transmisión automática. (Sólo vehículos con A/T). Al girar el interruptor de encendido a la posición ON, el módulo efectúa un autodiagnóstico, si detecta alguna condición anormal, desconecta el sistema.
  - Comunica con el monitor selector.



- **Unidad hidráulica (H/U):**  
En el modo de operación de ABS, la H/U cambia los conductos de líquido para controlar la presión del líquido de los cilindros de rueda, como respuesta a la instrucción recibida del ABSCM. La H/U también forma parte del conducto del líquido de frenos que se extiende desde el cilindro maestro a los cilindros de rueda, junto con las tuberías.
- **Sensor de velocidad de la rueda (sensor de ABS):**  
Detecta la velocidad de la rueda en función del cambio en la densidad del flujo magnético que pasa a través del sensor, y la convierte en una señal eléctrica que será transmitida al ABSCM.
- **Rueda fónica:**  
El cambio en la densidad del flujo magnético es detectado por los dientes provistos alrededor de la rueda fónica para que el sensor de ABS genere una señal eléctrica.
- **Sensor G (sólo vehículos AWD):**  
Detecta un cambio en G en la dirección longitudinal del vehículo y lo transmite al ABSCM en términos de un cambio en el voltaje.
- **Caja de relés:**  
Aloja al relé de la válvula y al relé del motor.
- **Relé de la válvula:**  
Actúa como interruptor de alimentación de la válvula de solenoide y de la bobina del relé del motor, como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM. El relé de la válvula también constituye uno de los circuitos de mando duplicados del piloto de ABS.
- **Relé del motor:**  
Sirve como interruptor de alimentación del motor de la bomba, como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.
- **Interruptor de la luz de parada:**  
Informa al ABSCM si se está pisando o no el pedal del freno como condición para determinar la operación del ABS.
- **Piloto de ABS:**  
Alerta al conductor que hay una anomalía en el ABS. Estando conectados el conector de diagnóstico y el terminal de diagnóstico, la luz destella para indicar los códigos de averías como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.
- **Módulo de control de la transmisión automática (TCM) (Sólo vehículos con A/T):**  
Proporciona los controles para los cambios (fijando la velocidad en 3a o cambiando las características de transmisión entre las ruedas delanteras y traseras en un vehículo 4WD) como respuesta a una instrucción recibida del ABSCM.



### 10.3.- Funcionamiento hidráulico del sistema ABS.

Si la fuerza de frenado es menor que la fuerza de adherencia entonces no hay frenado con regulación, el sistema ABS no se activa.

Si la fuerza de frenado es mayor que la fuerza de adherencia (las ruedas tienden a bloquearse) entonces si hay frenado con regulación, el sistema ABS se activa.

Cuando tenemos un frenado con regulación distinguiremos tres estados:

- El mantenimiento de presión.
- La disminución de presión.
- El aumento de presión.

#### ✘ El mantenimiento de presión.

La electroválvula de admisión se cierra y aísla la bomba de frenos del bombín en la rueda. El aumento de presión de frenado es imposible.

#### ✘ La disminución de presión (disminución de la tendencia al bloqueo).

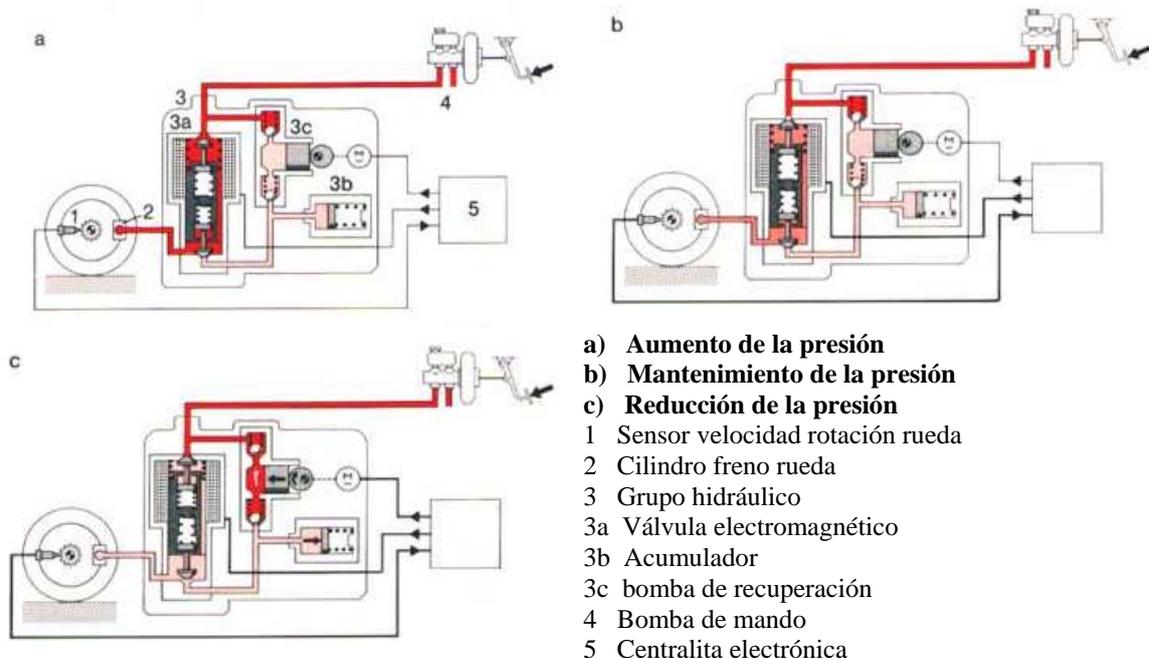
Esta fase interviene solo cuando la fase de mantenimiento de presión no ha sido suficiente.

La electroválvula de admisión permanece cerrada. Simultáneamente, la electroválvula de escape se abre y la bomba se pone en funcionamiento.

La bajada de presión se efectúa instantáneamente gracias al acumulador de baja presión, cuya capacidad varía. La acción de la bomba permite rechazar el líquido almacenado en los acumuladores hacia la bomba de frenos.

#### ✘ El aumento de presión (aumento de frenado).

La electroválvula de escape se cierra y la electroválvula de admisión se abre. La bomba de frenos está otra vez unida al bombín de la rueda.





La alimentación hidráulica se efectúa gracias a la bomba de frenos, pero también por medio del motor-bomba (en el caso en el que no este vacío el acumulador).

Como el volumen de líquido de freno transportado es por término medio mayor que el volumen que va de los consumidores hacia los acumuladores de baja presión, estos últimos sirven únicamente a los acumuladores intermediarios para puntas de caudal cortas. La bomba rechaza el líquido de freno de los acumuladores de baja presión hacia los circuitos de freno (bomba de freno o bombín, dependiendo del reglaje de las electroválvulas de admisión).

Según el caudal de la bomba, la posición de los pistones de la bomba de frenos, y por consiguiente, la posición del pedal corresponde a la absorción momentánea del bombín de freno con un cierto decalado. Por ello, el pedal se encuentra en posición alta durante las presiones bajas y en posición baja durante las presiones altas. Este cambio de presión regular provoca un movimiento del pedal (pulsación) y señala al conductor que esta en el curso de una regulación.

## 11.- LOS NUEVOS SISTEMAS DE FRENADO

El sistema de ABS con los años se ha ido perfeccionando debido a las exigencias de los conductores dando lugar a nuevos modelos aún más seguros: el asistente de frenada de emergencia BAS, el repartidor de frenada electrónico EBV (EBD) o los frenos direccionales SERVOTRONIC.

### ✘ **EBV** (*Electronic Brake Variation System; EBD*)

A través de un sensor, se regula la frenada entre el eje delantero y trasero según el peso de cada uno, enviando más o menos presión a las ruedas.

### ✘ **SERVOTRONIC**

Un nuevo sistema de frenado direccional que se activa al frenar en las curvas. Cuando detecta que las ruedas de un lado giran menos en una curva y hacia dónde se está girando, frena más las ruedas de uno de los lados para conseguir dar un efecto direccional y compensar la inercia del peso y la velocidad.

### ✘ **EBV (EBD)**

Especialmente en vehículos de tracción delantera, el ABS trabaja en combinación con la distribución electrónica de la fuerza de frenado (EBV), que garantiza una óptima presión de frenado en las ruedas traseras. Al frenar a fondo, en los vehículos de tracción delantera las ruedas traseras tienden a perder adherencia, por lo que el sistema EBV transmite en tal caso una presión de frenado menor (mayor, en caso de frenar normalmente) al eje trasero.

Con el vehículo cargado se transfiere a las ruedas traseras una presión de frenado aún mayor, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento de la fuerza de frenado del eje trasero y una mayor efectividad.



En situaciones de emergencia, la mayoría de los conductores cometen dos errores típicos al frenar: pisan el freno con demasiada suavidad o comienzan a frenar con precaución, aumentando la presión a medida que el peligro se acerca. Todo ello alarga innecesariamente el recorrido de frenado, porque el ABS no entra en acción o bien lo hace demasiado tarde.

#### ✘ **BAS** (*Brake Assist System*)

Servofreno de emergencia. Cuando el sistema reconoce una situación de emergencia que exige un frenazo a fondo aplica inmediatamente la máxima presión de frenado.

El servofreno consta de dos cámaras separadas por un diafragma móvil, sometidas a una depresión constante. Al accionar el pedal de freno, se abre una válvula electromagnética que permite la entrada de aire en una de las cámaras, variando la presión de forma proporcional a la posición del pedal de freno.

Se incorpora un sensor de desplazamiento del diafragma que detecta cualquier movimiento del pedal del freno. Los datos recibidos se transmiten a la unidad de mando del BAS, donde se analizan permanentemente.

Esta unidad de mando reconoce cualquier variación especialmente rápida en la posición del pedal del freno y la identifica con una situación de emergencia. Inmediatamente se activa una válvula electromagnética que deja entrar aire en una de las cámaras del servofreno, con lo que se genera la presión máxima de frenado. Cuando el conductor retira el pie del freno, la unidad de control reacciona cerrando inmediatamente la válvula, dando por concluida la intervención del servofreno de emergencia.

Al estar interconectado con las unidades de mando del ABS, ASR o ESP, así; como con el equipo electrónico del motor y el cambio, el BAS recibe información durante la marcha que le permiten garantizar en todas las situaciones una óptima adaptación de la presión de frenado. De este modo se puede efectuar un frenado a fondo en el momento oportuno.

#### ✘ **BDC**

Control Dinámico de Frenado. Tiene una función comparable a la del BAS.

#### ✘ **ETS**

Sistema de reacción regulado electrónicamente.

Antes, cuando se producían problemas de tracción se recurría al diferencial de bloqueo automático (ASD) en el que el efecto bloqueante se genera en los discos del diferencial o bien, a la tracción total.

Hoy en día se encomienda esta tarea a dos sistemas avanzados: el sistema electrónico de tracción (ETS) o el sistema de tracción antideslizante (ASR).

El sistema electrónico de tracción (ETS) garantiza una máxima tracción al arrancar o al acelerar, incluso en situaciones extremas. Sin intervenir en el sistema de gestión del motor, se aplican los frenos de forma selectiva sobre las ruedas motrices. Al igual que en el ABS, los sensores de las ruedas informan sobre la velocidad de giro



de las mismas. Si una de las ruedas motrices empieza a girar en vacío, el ETS incrementa la presión de frenado sobre la rueda en cuestión y la frena instantáneamente. El momento de frenado generado en la rueda que tiende a patinar se transmite inmediatamente en forma de par de accionamiento a la rueda con mejor adherencia. Cuando se normaliza el par de giro se deja de aplicar la presión de frenado. De este modo, la rueda se mantiene siempre en el margen más favorable de tracción y el vehículo conserva su trayectoria.

Esta intervención sobre los frenos se puede efectuar al arrancar en un camino con diferente adherencia, actuando como un bloqueo de diferencial.

El EDS (bloqueo de diferencial electrónico) es muy similar al ETS y, al igual que este, tampoco interviene en el sistema electrónico de gestión del motor.

#### ✘ **TRACS**

Traction Control System, (Control de tracción). Presenta una estructura y modo de funcionamiento similares a los del EDS.

#### ✘ **ASR**

Mientras que la fórmula del ETS para mejorar la tracción consiste en aplicar los frenos, el ASR interviene además, en caso necesario, en el sistema de gestión del motor, ofreciendo una mayor estabilidad desde el arranque hasta la velocidad máxima.

Este plus de seguridad se pone de manifiesto sobre todo en automóviles con motor de gran potencia: en caminos mojados o congelados, incluso a los conductores más experimentados les cuesta manejar el acelerador de forma tan precisa y rápida como lo hace el ASR.

Cada rueda cuenta con un sensor que registra su velocidad de giro. Estos datos son analizados en la unidad de mando. Si el conductor pisa el acelerador con tanta fuerza que las ruedas motrices empiezan a girar en vacío, el ASR deduce que el par de accionamiento del motor es demasiado elevado. Con el acelerador electrónico se actúa sobre la mariposa de estrangulación en milésimas de segundo, con lo que automáticamente se reduce la aceleración (aunque el conductor esté pisando a fondo el acelerador). En caso de resbalamiento acusado de las ruedas, el sistema interviene además frenando una de las ruedas motrices o ambas simultáneamente (si la velocidad supera los 40 Km./h).

El ASR utiliza 2 circuitos de regulación: el del equipo de frenos y el del motor. Además del efecto de frenado con regulación del resbalamiento del ABS, el ASR impide que las ruedas motrices giren en vacío y contribuye a estabilizar la trayectoria del vehículo independientemente de la velocidad al arrancar y acelerar, en curvas, con placas de hielo o al maniobrar bruscamente.

#### ✘ **DSA**

Sistema anti-rresbalamiento funciona a cualquier velocidad. Este equipo aprovecha el sistema de sensores del ABS y la gestión electrónica del motor para impedir que las ruedas giren en vacío.



Pero, a diferencia del ASR, no interviene sobre los frenos, ni varía la potencia del motor a través de la mariposa de estrangulación, sino que actúa sobre el caudal de inyección de combustible. El conductor nota claramente la intervención del sistema.

## 12.- E.S.P (control de tracción)

El ESP es un elemento de seguridad que combina el ABS y el control de tracción (en algunos modelos también se interviene sobre la dirección) para mantener el vehículo estable cuando éste se aproxima sus límites, tratando de evitar que se produzca desplazamientos no deseados principalmente debidos a la inercia o fuerzas laterales. Esto puede suceder por ejemplo al tomar una curva pronunciada demasiado rápido o al hacer un movimiento de volante brusco y/o sobre mojado. Para efectuar tales correcciones el sistema actúa individualmente sobre cada rueda, permitiendo el giro o frenando aquella o aquellas que sean necesarias para mantener la trayectoria correcta que mantenga el vehículo en la carretera.

ESP ayuda al conductor a mantener el control de su vehículo en situaciones críticas y evitar así accidentes con graves consecuencias.

Funcionamiento del ESP:

Las variables que mide directamente el sistema son ángulo de dirección, la guiñada, la aceleración transversal, la presión en el circuito de frenos y la velocidad angular de las ruedas.

Con los datos de esas mediciones, la ECU determina otras variables que no mide directamente: velocidad lineal de desplazamiento, fuerzas longitudinales en las ruedas y deslizamiento en las ruedas.

En función de las variables que mide o determina, el sistema induce: fuerzas laterales en las ruedas, ángulo de deriva, ángulo del eje longitudinal del coche con relación a la dirección de desplazamiento (llamado «Ángulo de flotación») y velocidad lateral.

Estas variables se comparan constantemente con las unas magnitudes programadas. Mediante pruebas en pista durante la fase de desarrollo, se determina — por ejemplo— cual es la aceleración transversal máxima o la relación entre ángulo de dirección y guiñada. Los datos de esas pruebas están memorizados y sirven de referencia.

El control de estabilidad actúa para que las reacciones reales del coche se asemejen a las reacciones ideales, cuando no hay divergencia entre lo medido y lo memorizado. Para conseguirlo, lo que hace en última instancia es afectar (dentro de lo posible) a las fuerzas longitudinales y transversales de cada rueda. Con ese propósito se interviene en el motor o se frenan selectivamente las ruedas.

El funcionamiento del control de estabilidad prevalece sobre el de cualquier otro sistema. Por ejemplo, si deben actuar simultáneamente el antibloqueo de frenos y el



control de estabilidad, este último tiene prioridad porque se entiende que es más importante asegurar la trayectoria del coche.

*ESP comprueba y contrasta cada segundo 25 veces el estado de conducción del coche con el comportamiento de dirección del conductor.* Los sensores del ESP detectan inmediatamente una inestabilidad inminente, si hay sobrevirado o subvirado. El coche se vuelve a estabilizar mediante la aplicación de los frenos a ruedas individuales y la intervención en el sistema electrónico para la gestión del motor.

(Ver video ESP adjunto)

### **12.1.- ¿En qué se distingue ESP de ABS y ASR?**

ESP aumenta la seguridad activa en todas las situaciones de conducción. Especialmente en las curvas, es decir en estados de conducción con dinámica transversal, ESP estabiliza su vehículo y lo mantiene más seguro en el carril. ABS y ASR sólo influyen en la dinámica longitudinal. ESP trabaja además con un sensor del ángulo de giro, con un sensor integrado para la aceleración transversal y un sensor del ángulo de giro del volante. Además, ESP utiliza todos los componentes de ABS/ASR y está construido sobre una generación de mandos potentes.