

# **NUEVAS GENERACIONES DE LOS SISTEMAS DE FRENADO EN LOS AUTOMÓVILES TURISMO**



**Escuelas Ave María**  
**Nombre del usuario: 5 7 prat**  
**Perfil: 1 (Tecnología)**  
**Letra de equipo: B**  
**Trabajo realizado: Nueva generación de los**  
**sistemas de frenado de los turismos**  
**Garijo Sánchez, Ignacio**  
**López Vázquez, Fernando José**  
**Profesor: José Antonio Martín Valencia**

# Índice

---

<u>Sistemas actuales</u>	<u>2</u>
<u>Circuito hidráulico</u>	<u>2</u>
<u>Servofreno</u>	<u>4</u>
<u>Líquido de freno</u>	<u>5</u>
<u>Frenos de disco y de tambor (incluye vídeo)</u>	<u>6</u>
<u>Sistema Antibloqueo de frenos (A.B.S.) (incluye vídeos)</u>	<u>9</u>
<u>Sistema de control de estabilidad (E.S.P.) (incluye vídeo)</u>	<u>11</u>
<u>Sistema de control de tracción (E.D.S.) (incluye vídeo)</u>	<u>12</u>
<u>El futuro hoy</u>	<u>14</u>
<u>Discos carbono-cerámicos</u>	<u>14</u>
<u>Doble disco de freno (T.B.D.)</u>	<u>16</u>
<u>Servofreno de emergencia (B.A.S. y B.A.S.+)</u>	<u>17</u>
<u>Frenado Pre-Safe (incluye vídeo)</u>	<u>18</u>
<u>City Safety (incluye vídeo)</u>	<u>19</u>
<u>Freno Electro-hidráulico (E.H.B.)</u>	<u>20</u>
<u>Sensotronic Brake Control (S.B.C.) (incluye vídeo)</u>	<u>20</u>
<u>Freno regenerativo</u>	<u>22</u>
<u>Lo que está por llegar</u>	<u>24</u>
<u>Freno eléctrico</u>	<u>24</u>
<u>K.E.R.S. (incluye vídeos)</u>	<u>25</u>
<u>Agradecimientos y Bibliografía</u>	<u>29</u>

# Sistemas actuales

---

El frenado consiste, básicamente, en reducir energía cinética del vehículo. Como bien sabemos, la energía ni se crea ni se destruye, se transforma. Los frenos transforman la energía mecánica del vehículo en energía calorífica, que se disipa a través de los cuerpos rozantes de los sistemas de frenado actuales, como discos/pastillas o tambores/zapatillas. Esta es la manera más rápida y eficaz actualmente para contrarrestar la cantidad de movimiento de un vehículo.

Sin embargo, la eficacia de una frenada no depende sólo de la calidad de los frenos. Los neumáticos son las partes del coche que lo unen al suelo y hay que evitar que esta unión (rodadura) se pierda (deslizamiento). Además estas partes son gomas que soportan el peso del vehículo y se deforman según éste, con lo que la calidad de los neumáticos y el peso del coche tendrán una importante influencia.

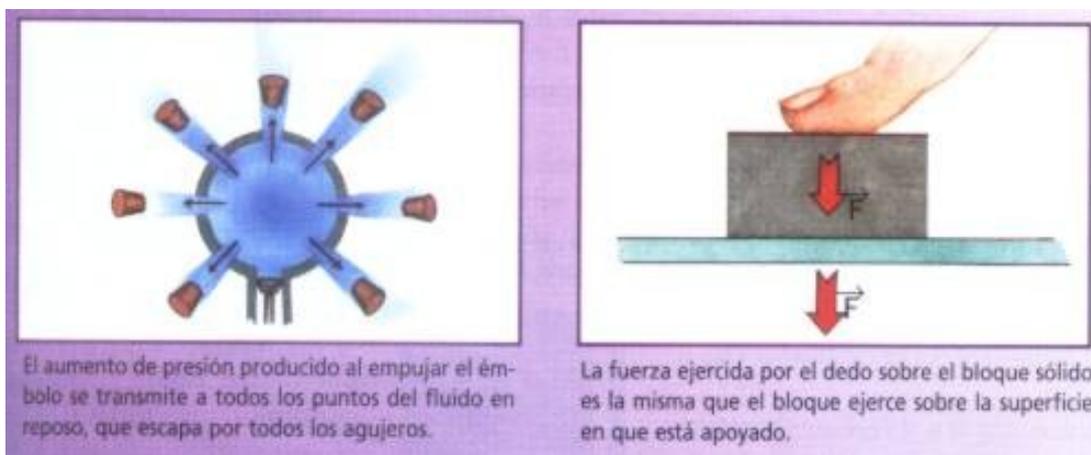
Para conseguir que el vehículo se detenga lo más rápidamente posible sin dejar de pegarse al suelo o deslizar, se han diseñado (y se siguen diseñando y mejorando) sistemas que realizan una frenada más progresiva o corrigen los errores del conductor, mejorando así la seguridad y comodidad de los coches.

## **Circuito hidráulico (volver)**

Consta básicamente de pedal, bomba hidráulica, depósito, canalizaciones, émbolos, dispositivos correctores, dispositivos de ayuda en la frenada y, por supuesto, líquido para frenos.

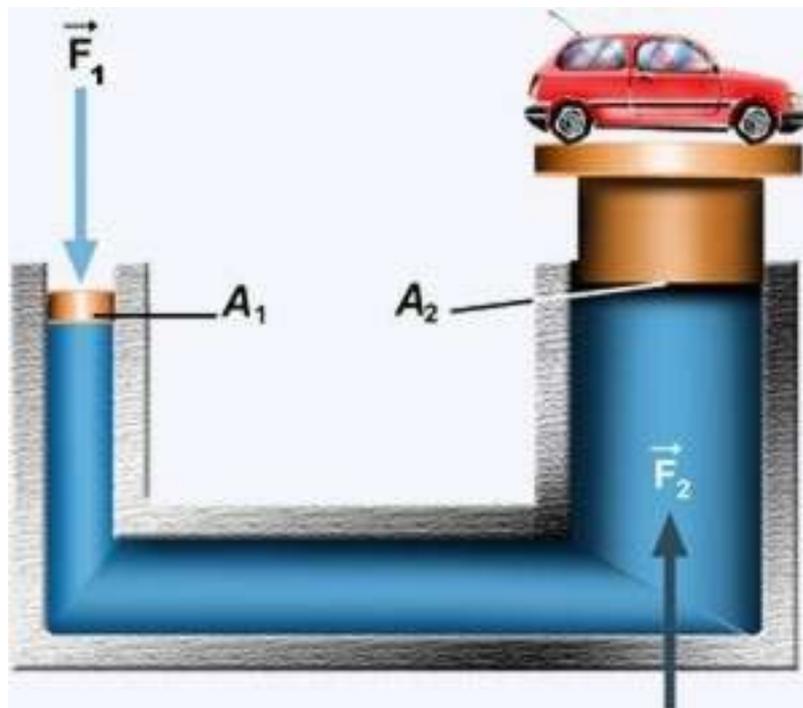
Su funcionamiento se basa en el Principio de la hidrostática de Pascal: *“Un cambio de presión aplicado a un fluido en reposo dentro de un recipiente se transmite sin alteración a través de todo el fluido. Es igual en todas las direcciones y actúa mediante fuerzas perpendiculares a las paredes que lo contienen”*.

En un sólido, al ejercer una fuerza sobre éste, se transmite en la misma dirección y sentido. Sin embargo, si en un fluido ejercemos una presión, ésta será transmitida a través del fluido en todos sus puntos y a todas direcciones.



Ejemplos gráficos del Ppio. De Pascal.

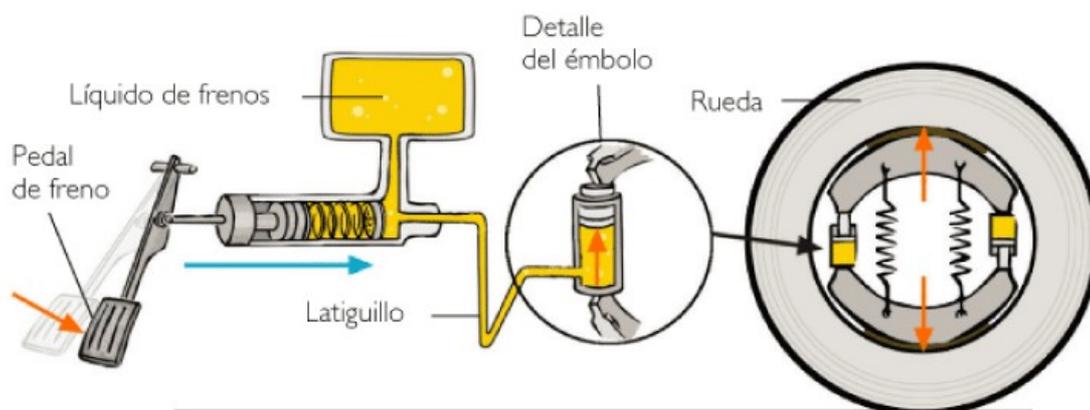
Una aplicación típica de este principio físico es la prensa hidráulica. Teniendo el sistema de la figura, se aplica una fuerza sobre el émbolo pequeño, de superficie  $A_1$ . Por el Principio de Pascal sabemos que la presión del líquido será la misma en todos sus puntos. Como ambos émbolos están comunicados, las presiones internas en todos los puntos resultan ser iguales.



Ejemplo de bomba hidráulica.

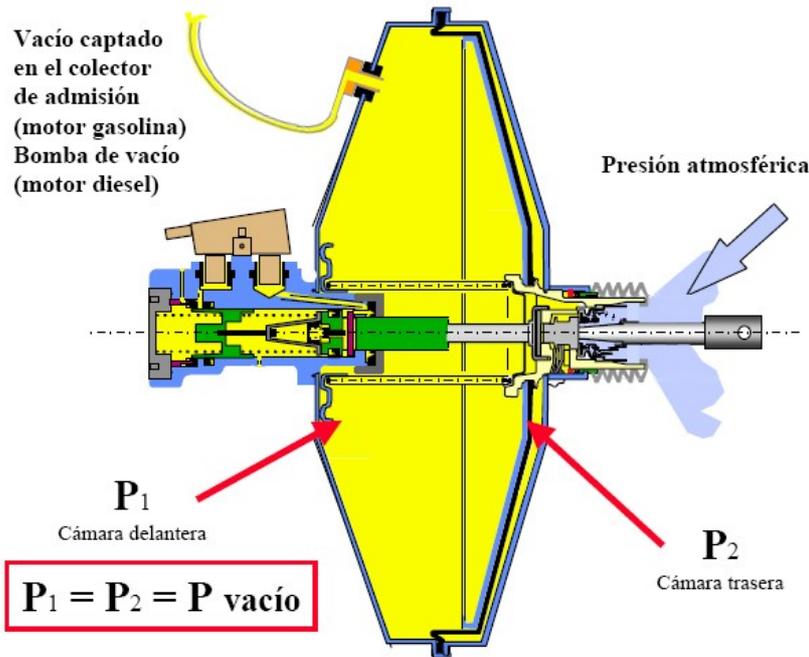
De aquí sacamos que  $\frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 = F_2$ , es decir, si la superficie  $A_2$  es el triple que la superficie  $A_1$ , entonces la fuerza  $F_2$  será el triple que la fuerza  $F_1$ . Esto sirve para, por ejemplo, obtener la fuerza necesaria para detener un vehículo simplemente con la fuerza del pie aunque ésta sea aparentemente insuficiente.

Cuando pisamos el pedal de freno, empujamos el émbolo de la bomba, que genera un caudal de líquido y provoca una presión hidráulica en el circuito. Como el circuito es cerrado, la presión se transmite a través de los canales hasta empujar los émbolos que actúan sobre las pastillas o zapatas para acercarlos a los discos o tambores de freno.

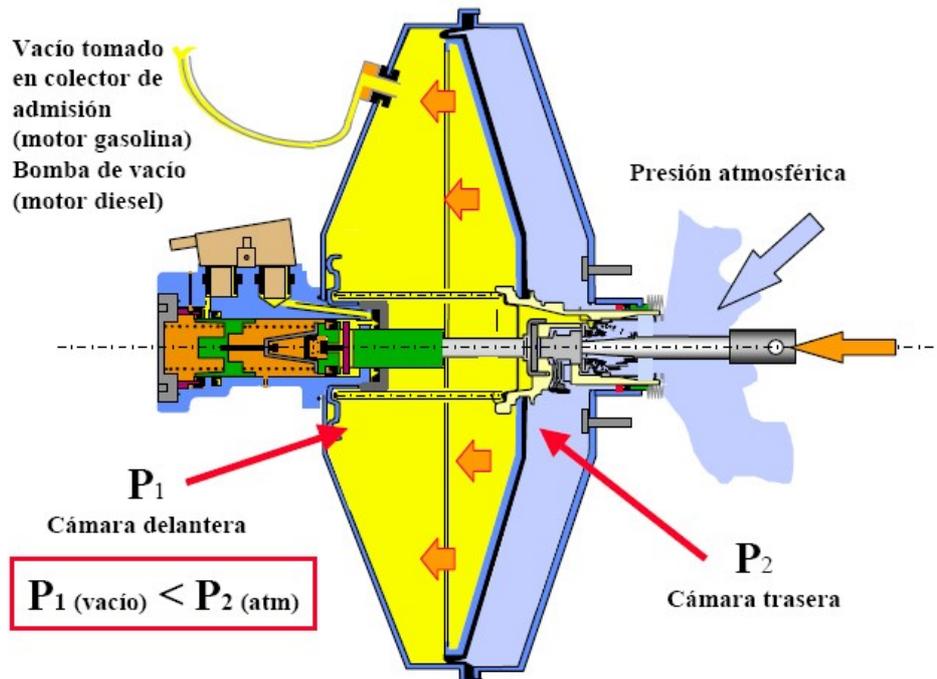


## Servofreno (volver)

Es un sistema de ayuda a la frenada que proporciona una presión hidráulica mayor de la que un conductor es capaz de ejercer. Es muy útil cuando debe realizarse una gran fuerza de frenado. El servofreno consta de dos cámaras. Una de ellas está conectada a la bomba de vacío (en motores diésel) o al colector de admisión (en motores de gasolina) que almacena el vacío (o presión por debajo de la presión atmosférica). La otra está a la misma presión de vacío cuando no se pisa el pedal y a presión atmosférica cuando se pisa el pedal. En este último caso, la diferencia de presiones provoca la ayuda a la frenada.



Válvula abierta (se pisa el freno): entra presión atmosférica en la cámara trasera y esto hace que la cámara delantera, con menor presión, tire del propio pedal. Así se necesita menor fuerza para frenar (ayuda a la frenada)



## Líquido de freno (volver)

Es el fluido que se encarga de transmitir la presión ejercida desde el pedal del freno hasta los cilindros de la rueda para que la fricción entre pastillas, discos, zapatas y tambores reduzca la velocidad del vehículo.

### **Características que el líquido de freno debe tener para su buen funcionamiento**

- Mantener su viscosidad (capacidad para fluir) tanto a temperaturas altas como bajas.
- Ser compatible con las partes de caucho para evitar reacciones como hinchamiento, ablandamiento excesivo o rotura, con lo que se ocasionan atascamientos en el sistema y fugas de líquido.
- No permitir la corrosión o el ataque químico a piezas metálicas, pues esto puede bloquear el sistema o permitir peligrosas fugas.
- Mantener el punto de ebullición alto, es decir, soportar altas temperaturas sin hervir. La resistencia a la temperatura de un líquido se define según su clasificación DOT (Department Of Traffic), cuanto más alto sea este número, mayor será la resistencia del líquido al calor, ejemplo un DOT 3 tendrá menor resistencia que un DOT 4 o 5.

### **Factores que afectan la calidad del líquido de frenos**

- El líquido de frenos se puede deteriorar por el calor, el paso del tiempo, la humedad ambiental (es hidrófilo) y la contaminación con residuos de caucho de los pistones, lo que afecta el funcionamiento general del sistema.
- En particular, el exceso de temperatura es el peor enemigo del líquido de frenos, ya que provoca su evaporación y la invasión del circuito hidráulico con aire comprimido, lo que ocasiona un recorrido largo del pedal.
- De igual manera, el exceso de temperatura unido a la existencia de agua en el circuito provoca que este agua se evapore (ebullición a 100°C) y se convierta en compresible, lo que impediría frenar con eficacia.



### **Mantenimiento del líquido para una buena calidad en la frenada**

- Purgue el sistema de frenos como mínimo cuatro veces al año, con el fin de eliminar las burbujas de aire que se forman; pues este es uno de los factores principales por los que se pierde eficiencia en la frenada.
- La presencia de aire en el circuito se da por causa de un nivel bajo en el dispositivo del líquido de frenos, bajas especificaciones del punto de ebullición del líquido, fugas en el circuito o por uso excesivo del pedal de freno en descensos prolongados.
- A medida que se produce desgaste de pastillas o bandas, el espacio resultante debe ser ocupado por el líquido, lo que hace que el nivel en el depósito baje. En este caso, debe ser completado, para evitar la presencia de aire en el sistema.
- Cambie completamente el líquido de frenos cada vez que se cambien las pastillas. O cada seis meses.

## Frenos de disco y frenos de tambor (volver)

El principio de funcionamiento de este sistema es sencillo: Un cuerpo fijo roza contra un cuerpo en movimiento, introduciendo una resistencia que provoca un rozamiento o una dificultad al movimiento y consigue que éste se detenga. Los frenos de disco se componen de disco de freno, pastillas y pinza. Los frenos de tambor se componen de cubierta (tambor), forros o zapatas y bombines.

### **Discos de freno**

Se fabrican en fundición gris que, posteriormente se moldea y equilibra mediante un mecanizado. El disco gira solidario con la rueda. Tiene dos partes bien diferenciadas: la banda de fricción, donde apoyan las pastillas, y la campana, donde se localiza el agujero de autocentrado y los orificios para la fijación del disco a la rueda y el buje.

El mayor problema de un disco de freno es el *fading* o desgaste por exceso de calor. Para reducir la propagación del calor acumulado en la banda de fricción hacia la campana, se realiza una entalladura en la zona de unión. De esta forma se mejora la resistencia del disco a posibles deformaciones por exceso de temperatura en la banda de frenado. Otras formas para mejorar la disipación del calor de los discos:



#### ***Discos ventilados***

El interior del disco tiene aletas que permiten el paso de aire por dentro de los discos, refrigerándolos.

#### ***Discos perforados***

Se realizan orificios en la superficie del disco por los que pasa el aire. Al mismo tiempo el disco puede evacuar agua y material desprendido de las pastillas. Disminuyen la superficie de fricción y, con ello, el rendimiento de la frenada.



#### ***Discos rayados***

Tienen el mismo efecto que los discos perforados, pero tienen mejor resistencia mecánica. Los discos perforados bajo un trabajo muy intenso pueden presentar grietas alrededor de los orificios debido a que el material es más débil en ese lugar.

Otros problemas que pueden presentar los discos de freno son:

- **Centraje reducido o aumentado:** La consecuencia de este defecto son vibraciones transmitidas al vehículo.
- **DTV o falta de paralelismo:** Genera vibraciones no deseadas.
- **Run-Out:** Aparece cuando se produce un error de oscilación y provoca un alabeo del disco, lo que acaba en vibraciones y mayor desgaste de las pastillas.
- **Planicidad:** El plano del disco es demasiado elevado.
- **Exceso de rugosidad:** Lo provoca un mal acabado del disco, ya sea por un mal enfriamiento o por usar materiales de baja calidad. Se reduce con un rodaje más largo de los frenos, con el consecuente desgaste excesivo de pastillas.
- **Resistencia:** Una baja resistencia implica una mayor posibilidad de rotura del disco. Además, aun sin llegar a romper, temperaturas excesivas pueden generar grietas, peligrosas en las frenadas de emergencia.
- **Tensiones:** Se generan con un mal enfriamiento del disco, que mantiene tensiones residuales en la estructura interna y pueden acabar en grietas y roturas.
- **Fundición con bajo carbono:** Para obtener un disco con buena calidad, debe fundirse Hierro y Aluminio en presencia de un alto contenido en carbono. Esto puede provocar excesos de temperatura y ruidos al frenar.
- **Defecto de mecanizado:** Si las caras donde apoyan las pastillas no se han mecanizado bien, provocarán vibraciones en el volante y mayor desgaste en las pastillas.
- **Impurezas:** La inclusión de impurezas durante la fase de fundición y enfriamiento provocarán vibraciones indeseables.
- **Defectos en el plano de apoyo:** Poros, grietas y pequeñas impurezas pueden provocar la rotura del disco.

[Vídeo de sobrecalentamiento en los discos por esfuerzo intenso](#)

### Pastillas de freno

En general están formados por cuatro tipos de componentes: productos activos (abrasivos y lubricantes sólidos), diluyentes, modificadores y consolidantes. La composición final dependerá de proporciones y fabricantes del producto.

Son las piezas encargadas de frenar al disco. Son dos por cada pinza: una exterior y otra interior. Poseen un alto coeficiente de rozamiento.



## Pinzas de freno

Es la pieza que porta las pastillas de freno. Tiene forma de U, en cuyo interior se sitúan las pastillas y el disco. Mientras el disco se mueve, la pinza se mantiene fija.



Hay varios tipos de pinzas en función al número de émbolos y tipo de funcionamiento:

- Pinza fija o de doble acción: con dos pistones opuestos que actúan simultáneamente sobre las pastillas.
- Pinza móvil o de reacción (de tipos flotante, deslizante y oscilante): El modelo flotante es el más usado actualmente. El émbolo oprime las pastillas exterior e interior suavemente gracias a las guías del soporte portafreno.
- Pinza de doble pistón: Permite discos mayores y más anchos aun teniendo émbolos más pequeños, gracias a que la línea de aplicación de la fuerza pasa por el eje de simetría de los pistones.
- Pinza invertida: Está atornillada a tres puntos de fijación en la carcasa del cojinete de la rueda. Permite que el disco pueda aprovechar todo el espacio interior de la llanta, con un radio de fricción efectivo máximo y una mayor potencia de frenado.
- Pinza completa: Cubre totalmente el disco de freno y contiene varias pastillas dispuestas alrededor. Funciona bien ante las altas temperaturas gracias a su gran superficie de rozamiento. Además impide en gran medida la introducción de suciedad y partículas en el disco, que reducirían la eficiencia del frenado.

Mejoras que afectan a las pinzas de freno:

- Pistón hueco: Consigue un mejor aislamiento del calor, evitando que se transmita al líquido.
- Estribo de doble pistón: Cada pistón es empujado por un circuito hidráulico diferente, de modo que, en caso de que uno de los circuitos falle, el otro será capaz de pegar la pastilla al disco realizando la frenada, aunque menos eficaz.



## Tambores de freno

Se fabrican también en fundición gris. Contienen en su interior el mecanismo de frenado mediante zapatas. Giran solidarios a la rueda. Se siguen utilizando porque son los sistemas más baratos actualmente, aunque poco a poco se deja paso a los discos en las 4 ruedas.



## Zapatas de freno

Se componen de los mismos materiales que las pastillas de freno. Van en un soporte fijo en el interior del tambor. La zapata primaria actúa sobre el tambor a contragiro, lo que le da una tendencia a pegarse a la superficie. La zapata secundaria se apoya en el mismo sentido de giro, con una tendencia a repelerse, disminuyendo la eficacia del frenado.

## Bombines

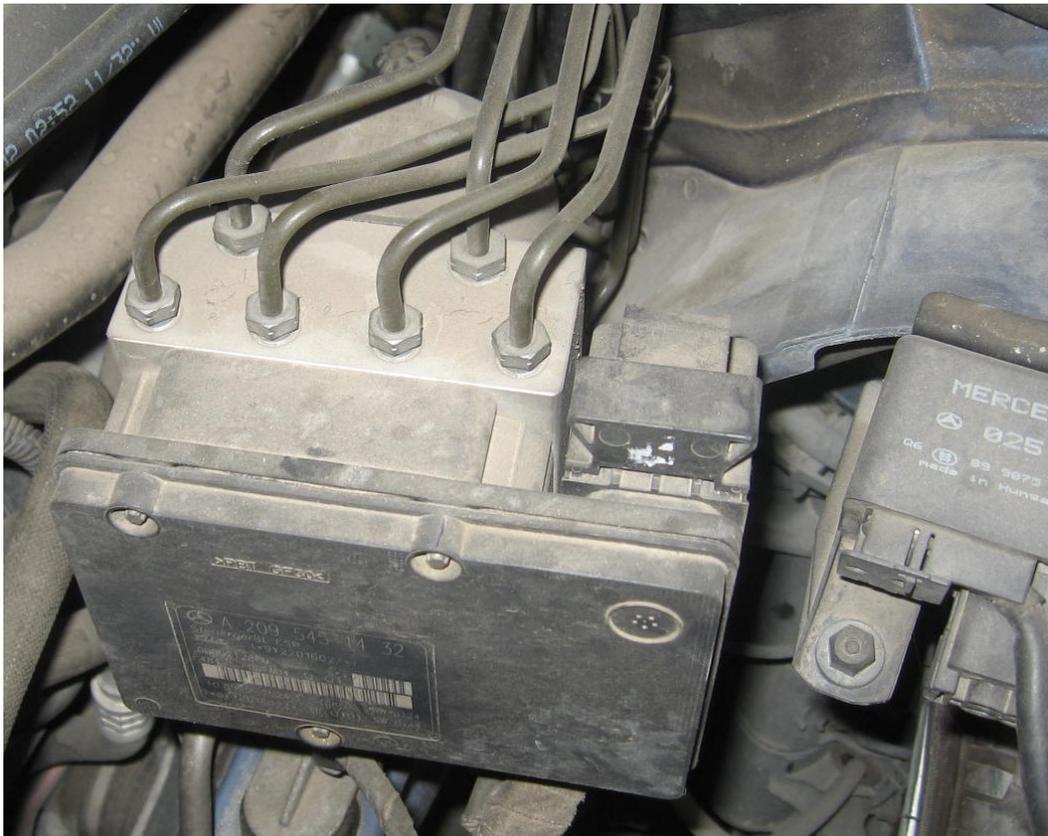
Ejercen la presión hidráulica sobre las zapatas. Pueden ser:

- Bombín monopistón
- Bombín con limitador integrado
- Bombín de doble pistón (el de mayor utilización en automóviles)

## Sistema antibloqueo de frenos (A.B.S.) (volver)

Cuando realizamos una frenada brusca o de emergencia, la presión hidráulica en los frenos es tal que las ruedas dejan de moverse (se bloquean). Sin embargo, el vehículo puede continuar en movimiento debido a la inercia del mismo, deslizándose sobre los neumáticos. En esta situación, la dirección del automóvil no responde, ya que las ruedas no ruedan sobre el asfalto, sino que patinan. También se alarga la distancia de frenado.

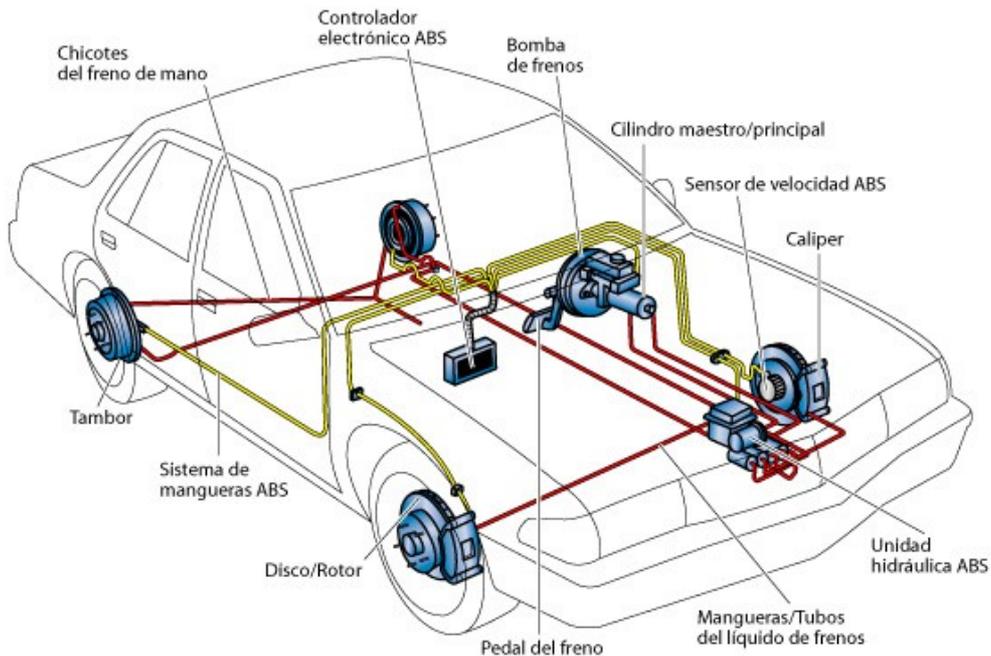
La función del ABS es liberar la presión de los frenos cuando el sistema detecta que las ruedas van a llegar al bloqueo. De esta manera sigue existiendo rodadura entre los neumáticos y el suelo, permitiendo dirigir el vehículo y evitar un posible impacto contra el objeto que haya provocado la situación de emergencia. Para que el sistema actúe correctamente es necesario pisar el pedal de freno a fondo y con firmeza.



[Vídeo de prueba del sistema ABS \(bloqueo\)](#)

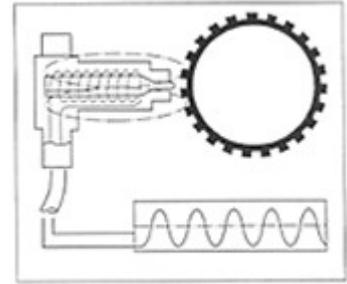
[Vídeo de prueba del sistema ABS \(control\)](#)

Mercedes-Benz lanzó el primer vehículo con ABS, desarrollado por Bosch, opcional en 1978. Desde entonces, este sistema de seguridad activa ha mejorado de forma importante. Gracias a la tecnología se ha simplificado y mejorado su diseño, abaratado su precio y complementado con sistemas adicionales. Hoy día viene como equipación de serie en muchos turismos de gama media.



## Partes del ABS:

- **Sensores de velocidad:** Cada rueda tiene un sensor con una corona o una rueda fónica que mide la velocidad de la rueda en cada momento e informa a la UCE del ABS.



### [Vídeo de prueba de un captador de ABS \(Necesita Quicktime\)](#)

- **Electroválvulas:** Se intercalan en el circuito hidráulico del sistema de frenos, antes de las pinzas de freno (una por cada rueda). Su función es la de rebajar la presión hidráulica cuando la UCE se lo ordene.
- **Bomba de presión:** Recibe el líquido de frenos extraído del circuito de frenos por las electroválvulas al rebajar la presión sobre los frenos. Devuelve este líquido al cilindro maestro. En este proceso se percibe una vibración en el pedal de freno, porque el líquido retornado está a mayor presión que la del cilindro maestro.
- **UCE:** Circuito electrónico que recibe una serie de señales (velocidad de las ruedas, giro del motor, contacto, etc.) y actúa en consecuencia cuando es necesario sobre las electroválvulas.
- **Luz de control:** Está en el cuadro de mandos. Se enciende al poner contacto durante el chequeo previo y después, se apaga. Si se mantiene encendida, el ABS está fuera de servicio.

### [Vídeo de diseño, desarrollo y prueba de un nuevo freno con ABS](#)

## Sistema de control de estabilidad (E.S.P.) (volver)

Hasta no hace muchos años resultaba frecuente que los coches derrapasen en una curva o que se bloqueasen sus ruedas al frenar, cuando se producían estas situaciones el conductor no tenía más remedio que confiar en su habilidad al volante para evitar el peligro. Hoy en día el conductor cuenta con la existencia de una serie de modernos dispositivos electrónicos que le ayudan a mantener el control de su vehículo en estas situaciones. El sistema de control de estabilidad ayuda al conductor en situaciones críticas en la conducción y en carreteras difíciles.

### Funcionamiento

Este sistema evita el deslizamiento del vehículo en sentido transversal, lo que permite conservar la trayectoria del vehículo en curva, previniendo el inicio de derrapajes y tratando de subsanar los errores de pérdida de trayectoria que pueden ser difíciles de controlar, para la mayoría de los conductores, en situaciones difíciles.

El ESP engloba las capacidades del ASR (Sistema de Control de Tracción) del ABS (Antibloqueo del Sistema de Frenos), del EBD (Distribución Electrónica de la Fuerza de Frenado) y del AYC (Control del Giro entorno al Eje Vertical).

### [Vídeo de funcionamiento del sistema ESP](#)



Los componentes del sistema de control de estabilidad son:

- Sensores que miden la velocidad de cada rueda.
- Sensor que mide la aceleración lateral.
- Sensor que mide la rotación del vehículo entorno al eje vertical (movimiento también conocido como guiñada). Este es el sensor de derrape.
- Sensor que mide el ángulo de giro del volante.
- Freno mecánico asistido.
- Unidad de control hidráulica con regulador electrónico integrado.
- Unidad de control electrónica que gestiona los sistemas de ABS, EBD, ASR y ESP.

En síntesis, la manera de actuar del sistema de control de estabilidad es la siguiente: mide el ángulo de giro del volante y la velocidad de la rueda y con estos datos calcula la trayectoria ideal, por otro lado mide la aceleración lateral y el ángulo de derrape con lo que calcula la trayectoria real. Define la diferencia entre las dos trayectorias y en función de ésta calcula si hay sobreviraje o subviraje. Una vez determinado el tipo de problema, lo corrige frenando una u otra rueda, o reduciendo la potencia del motor para adaptar el giro de las ruedas motrices a las condiciones de la calzada.

### **Sistema de control de tracción (E.D.S.) (volver)**

El sistema EDS utiliza la instalación de freno y aprovecha el sistema A.B.S. para su funcionamiento. Estos sistemas buscan la mejor motricidad del vehículo para evitar el patinado de los neumáticos sobre firme deslizante o bajo una fuerte aceleración, comportándose el sistema EDS como un diferencial autoblocante.

El control de tracción, al igual que el control de estabilidad ESP, se sirven de los sensores del antibloqueo de frenos para funcionar. Pero a diferencia del segundo sistema, los controles de tracción sólo evitan que se produzcan pérdidas de motricidad por exceso de aceleración, y no

son capaces de recuperar la trayectoria del vehículo en caso de excesivo subviraje o sobreviraje. Los hay que sólo actúan sobre el motor (ASR Anti-Slip Regulation), reduciendo la potencia, aunque el conductor mantenga el acelerador pisado a fondo, (ya sea mediante el control del encendido, la inyección o, en algunos casos, incluso desconectando momentáneamente algún cilindro). Otros actúan sobre los frenos (EDS), a modo de diferencial autoblocante, pues frenan la rueda que patina para que llegue la potencia a la que tiene más adherencia. También hay sistemas de control de tracción que combinan la actuación sobre motor y frenos, denominándose también ASR o EDS según sea el fabricante del vehículo.

El E.D.S. utiliza la inmensa mayoría de los elementos originales del A.B.S. y sólo necesita unos cuantos elementos adicionales:

- Bloque de electroválvulas adicionales TC
- Presocontacto de seguridad en la cámara de amplificación
- Testigos de TCS y TCS CONTROL
- Central de control simultáneo del E.D.S. y del A.B.S.

### Vídeo de funcionamiento de Control de Tracción

El objetivo del E.D.S. es conseguir igualar la velocidad de giro de las dos ruedas motrices. Cuando una rueda gira a más velocidad que su contraria, los sensores de rueda (comunes para el A.B.S. y el E.D.S.) informan de tal situación. La centralita elabora el siguiente proceso de funcionamiento:

1. Activa una electroválvula TC para comunicar la alta presión del sistema con la electroválvula principal del A.B.S.
2. Activa la electroválvula principal, para tener alta tensión en las pinzas a través de los retenes de bomba de freno convencional.
3. Cierra la electroválvula de admisión de la rueda que no quiere frenar para evitar la llegada del líquido hasta su pinza.
4. La alta presión llega hasta la pinza de la rueda que patina y ésta se frena. Al igualar su giro con la otra rueda, se libera la presión de frenado para evitar una disminución de velocidad excesiva. El proceso se repite desde el principio para conseguir igualar la velocidad de giro de las dos ruedas.

Hay dos válvulas:

- Normalmente abierta: permite la llegada de alta presión desde el conjunto bomba-acumulador hasta la válvula principal. Esto sucede en las fases de frenado convencional y con A.B.S., al igual que en un sistema A.B.S. normal sin control de tracción. Se cierra cuando entra el A.B.S. para evitar la llegada de alta presión hasta la cámara de amplificación.
- Normalmente cerrada: sólo se abre en funcionamiento E.D.S para comunicar alta presión a la válvula principal sin que esta presión pase por la cámara de amplificación.

El sistema E.D.S. se ve complementado con el control del funcionamiento del motor del vehículo mediante el E.T.S. o mariposa electrónica. El E.T.S. aísla al acelerador del vehículo del mando sobre la mariposa de gases. Esta mariposa es gobernada por un servomotor controlado por una unidad de control. Cuando el conductor pisa pedal del acelerador, el movimiento es detectado por un potenciómetro que a su vez envía una señal eléctrica a la central para que desplace en consecuencia la mariposa.

Este sistema es necesario porque el T.C.S. sólo puede igualar la velocidad de giro de las ruedas de un mismo eje. Si se trata de evitar que ambas ruedas patinen el E.D.S. no podrá lograrlo. Cuando ambas ruedas delanteras derrapan, el E.T.S. o mariposa electrónica entra en funcionamiento para recortar potencia al motor y evitar el deslizamiento.

## El futuro hoy

---

Los sistemas de frenado de nueva generación presentan distintos tipos de mejoras sobre los sistemas actuales. Los avances actuales se basan en los siguientes puntos:

- **Eficacia:** Detener el vehículo en la menor distancia posible.
- **Estabilidad:** De manera que afecte lo menos posible a la trayectoria y control del vehículo.
- **Progresividad:** Acorde a los deseos del conductor, en función de sus acciones.
- **Confortabilidad:** Representando esfuerzo y molestias mínimas para el conductor y el resto de ocupantes.
- **Seguridad:** Siendo capaz de predecir situaciones de peligro y descuidos del conductor.
- **Rendimiento:** Aprovechando la energía de la frenada como energía útil para el vehículo, en lugar de disiparla completamente.

### **Discos Carbono-cerámicos (volver)**

Se tratan de unos discos fabricados con fibra de carbono con lo que ello supone de ligereza y robustez. La ventilación está asegurada por unos conductos interiores (discos ventilados) y que junto a los taladros transversales refuerzan el efecto de ventilación en la superficie. A esta estructura en fibra de carbono se añade una capa superficial de material cerámico (básicamente carburo de silicio). Esta capa se adhiere mediante un sofisticado proceso de cocción a 1.420 °



en un horno de alto vacío, y bajo una atmósfera de nitrógeno. A esta temperatura muy exactamente mantenida la cerámica fluye en fase líquida impregnando la fibra de carbono, que la absorbe como si de una esponja se tratara.

Tras el proceso de enfriamiento, el disco de freno tiene la dureza del diamante ( 9,7 R) presentando una gran resistencia a la abrasión, lo que alarga extremadamente su vida útil hasta unos 300.000 Kms. Las pastillas de freno también permiten realizar un kilometraje que se puede cifrar en el doble de lo habitual.

Su coeficiente de rozamiento también es mayor que el de un disco de fundición. Esta altísima dureza superficial, hace que se mantenga su forma plana incluso por encima de 650°. Es decir, es casi imposible que se alabee , un fenómeno se que produce en los discos normales, y provoca una mala adaptación de la pastilla al disco. Además, algunos estudios han demostrado que la eficacia de estos discos aumenta cuando se calientan, a diferencia de los discos de fundición, que pueden llegar a ser totalmente ineficaces a alta temperatura.



Para evitar que los sensores del sistema antibloqueo de frenos (ABS) o el líquido de frenos o las pastillas se fundan con semejante calor, los discos cuentan con unos canales de recirculación de aire en forma de espiral. No obstante, tanto el líquido como las pastillas son específicos para estos equipos.

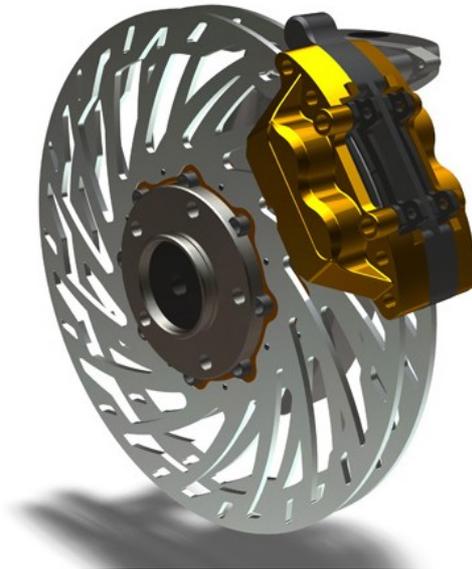
La potencia de frenada es la gran virtud de la cerámica aplicada a los discos de freno. Tanto que se requiere de un período de adaptación para no detener el coche antes de tiempo. Por otra parte, esto hace que el sistema sea poco progresivo, ofreciendo una conducción muy deportiva, aunque no necesariamente cómoda.



La desventaja de este tipo de frenos es su precio, ya que un juego de 4 de estos discos es capaz de superar el precio de muchos turismos nuevos actuales. Esto se explica por la alta tecnología necesaria para construir un solo disco, en el que se tarda más de un día de trabajo.

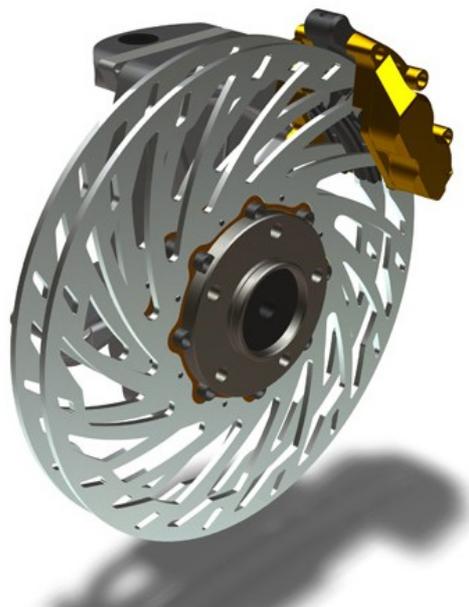
## **Doble disco de freno (TBD) (volver)**

TBD son las siglas de Twin Brake Disc, un sistema de doble disco de freno que consiste en dos discos de acero inoxidable ultraligero, con orificios con efecto turbina para una mejor ventilación del sistema.



Al utilizar dos discos en vez de uno, se necesitan pastillas de freno más pequeñas y, por tanto, más ligeras. Esto conlleva una reducción de hasta el 70% del peso respecto a un sistema de frenado tradicional. La eficiencia del frenado mejora cuando la masa que debe detener disminuye, pues la energía cinética que debe disipar es inferior.

La disipación de calor es tan rápida que los discos no llegan a acumularlo, permitiendo utilizar discos muy finos. El límite de espesor viene delimitado más por las vibraciones del sistema que por la temperatura. En un sistema tradicional con discos de fundición, el aumento de temperatura disminuye la capacidad de frenado. En un sistema de discos carbono-cerámicos, el aumento de temperatura mejora su eficiencia.



El TBD consigue que, frenando a 60 Km/h en 100m, la temperatura de los discos no pase de 90°C frente a los 280°C que alcanzaría un sistema tradicional, alargando la vida de los componentes, teniendo un coste inferior al de los discos carbono-cerámicos. Simplemente no se calienta.

De momento este tipo de discos sólo se ha probado en vehículos extremadamente ligeros (700 Kg) consiguiendo desacelerar de 160 a 0 Km/h en apenas 3,1 s.

### **Servofreno de emergencia (BAS y BAS Plus) (volver)**

Tras incorporar el ABS a los automóviles, las investigaciones sobre la siniestralidad revelaron que, aunque todos los elementos del vehículo actuaran correctamente, en casos de emergencia el conductor era incapaz de aprovechar la capacidad de frenado del vehículo. El miedo, la confusión o simplemente la falta de capacidad de reacción empujaban al conductor a soltar el freno en el momento menos indicado.

Un conductor no experimentado o que no conozca el funcionamiento del sistema ABS tiene posibilidad de asustarse al sentir el temblor característico del pedal de freno que éste provoca. En una situación de emergencia, esta vibración puede provocar una respuesta irracional del conductor, haciendo que levante el pedal del freno en el peor momento posible, haciendo totalmente ineficaz la frenada.

Además, en caso de realizar una frenada progresiva de menor a mayor intensidad, conlleva malgastar una distancia disponible para la detención del vehículo que podía llegar a ser vital en una situación de emergencia.

En conclusión, la mayoría de los conductores no aprovechaban la capacidad de frenada de su vehículo completamente.

Mercedes-Benz desarrolló el BAS, un sistema que con la ayuda de un sensor mide la velocidad de accionamiento del pedal de freno y la presión que se ejerce sobre él. Cuando esta velocidad y esta presión pasan de ciertos valores programados en la centralita del sistema, éste activa una bomba auxiliar que mantiene el freno presionado a fondo aunque el conductor afloje ligeramente la presión sobre el pedal. Con la ayuda del ABS, el BAS no llega a bloquear las ruedas. Si el conductor suelta exageradamente el pedal de freno el sistema interpreta que ha desaparecido la necesidad de frenar a fondo y se desconecta.

Ayudando a evitar accidentes: Distronic y Distronic Plus:

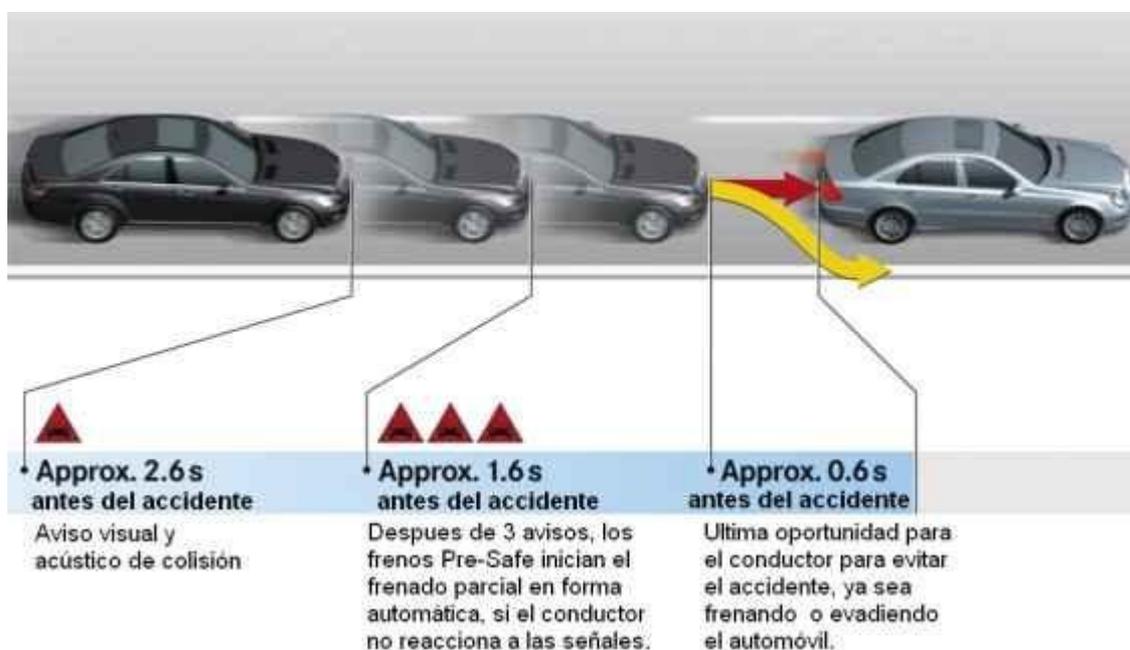


Utiliza tecnología por radar para detectar los vehículos que hay delante, ya sea en marcha o detenidos. Este sistema advierte a los conductores cuando estos mantienen muy poca distancia con el vehículo que tienen delante además de prestar apoyo en caso de frenada de emergencia. El conductor establece la distancia que desea fijar como distancia de seguridad con el coche que va por delante de nosotros. Si esta distancia disminuye, el conductor es advertido por el sistema y si la distancia disminuyera demasiado rápido, al detectar la pisada del freno entraría en funcionamiento inmediatamente el sistema BAS Plus.

## **Frenado Pre-Safe (volver)**

Es un paso más después de la combinación de BAS Plus y DISTRONIC Plus. El sistema de frenado Pre-Safe frena parcialmente el vehículo cuando éste se aproxima al obstáculo incluso si el conductor, después del aviso visual y oír la señal de advertencia, no frena.

Utilizando los radares de doble frecuencia, el frenado Pre-Safe es capaz de iniciar una frenada cuando los radares reconocen un obstáculo delante del vehículo si, tras advertir al conductor acústica y visualmente, éste no reacciona.



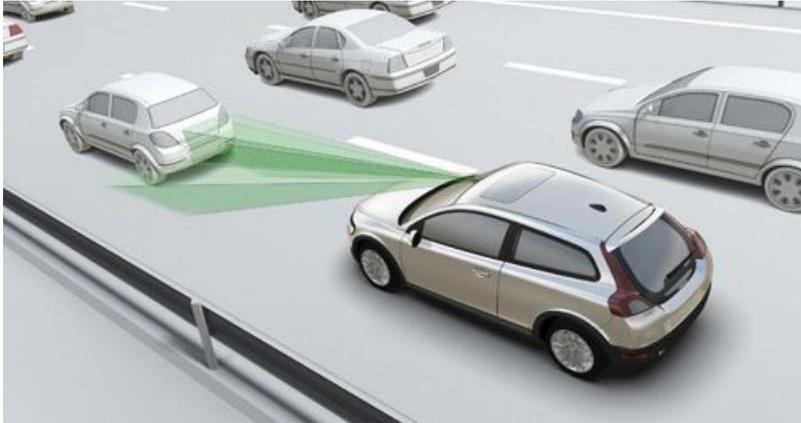
La frenada no es a fondo y el vehículo frena con una deceleración de 0,4g (aproximadamente  $4m/s^2$ ), equivalente a utilizar un 40% de la fuerza máxima de frenado. Una vez alertado por los avisos acústicos y visuales más la frenada parcial, el conductor puede reaccionar pisando el pedal del freno. En ese momento, el sistema BAS-Plus aplicará la mayor fuerza de frenado posible si se requiere, lo que en ocasiones puede servir para evitar la colisión. En caso de que la colisión se produzca, la severidad del impacto se reduce un 40% y con ello se reduce la gravedad de las lesiones de los ocupantes.

Hay que añadir que el paquete Pre-Safe incluye otras medidas de seguridad adicionales, como la pretensión de los cinturones de seguridad.

[Vídeo de funcionamiento del sistema Pre Safe](#)

## City Safety (volver)

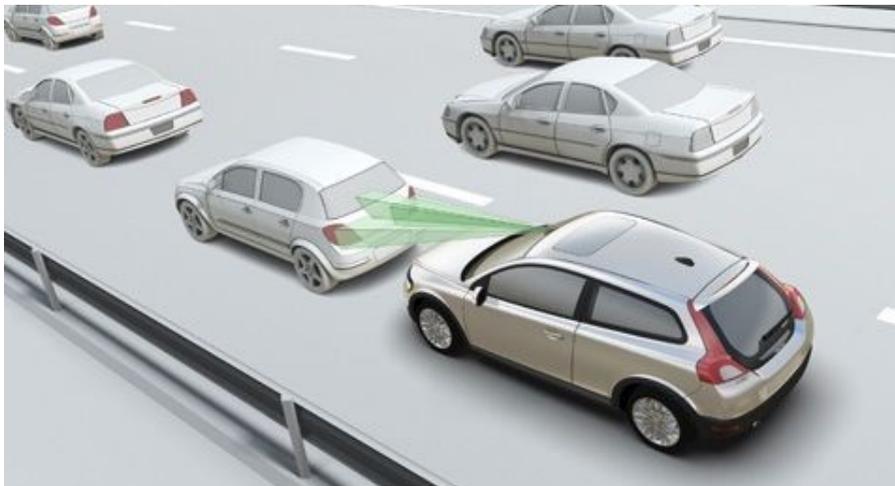
Las estadísticas han revelado que el 75% de los choques reportados a compañías de seguros se producen a menos de 30 Km/h. El sistema City Safety se mantiene activo hasta esta velocidad de 30 Km/h y “visualiza” el tráfico hasta 6 metros por delante del vehículo gracias a un radar situado en la parte alta del parabrisas. Si se detecta un coche que frena de forma repentina o está estacionado, el sistema pre-carga automáticamente los frenos para ayudar al conductor a prevenir un posible accidente. De todas formas, si el sistema detecta una colisión inminente, él mismo se encarga de activar los frenos del vehículo de forma automática, sin intervención del conductor.



Gracias a este sistema se disminuye o, incluso, se anula el daño físico de los ocupantes, además del coste monetario de las reparaciones de los vehículos.

El sistema trabaja a una frecuencia de cálculo de 50 Hercios (50 operaciones por segundo) para determinar cuál es la velocidad de frenado se

necesita para detener completamente el vehículo evitando el golpe con el objeto que tiene delante. Para ello, utiliza los datos obtenidos por los sensores de distancia y la propia velocidad del coche. Si la potencia de frenado calculada excede de la necesaria (según unos niveles predeterminados) sin que haya respuesta del conductor, se considera el choque como peligro inminente y el City Safety actúa automáticamente sobre los frenos, evitando o disminuyendo la fuerza del golpe considerablemente.



### **Limitaciones del sistema**

El City Safe trabaja igual de bien durante el día que durante la noche. Sin embargo, situaciones climáticas como niebla, nieve o lluvia intensa pueden dar lecturas erróneas del sensor de distancia por radar, haciendo el sistema ineficaz.

[Vídeo de funcionamiento del sistema City Safety](#)

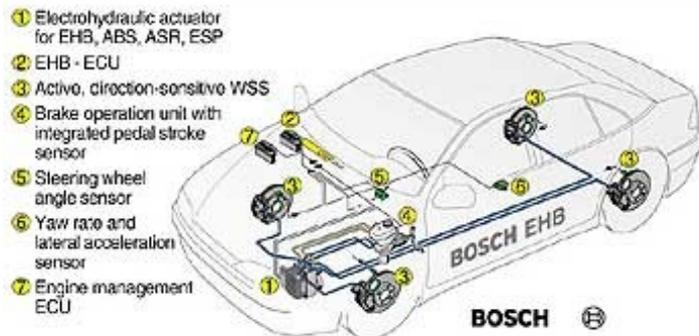
## **Freno electro-hidráulico (volver)**

Se le conoce por las siglas EHB. Fue desarrollado por Bosch en colaboración con la división de Mercedes-Benz Daimler-Chrysler. Consiste en introducir un intermediario electrónico entre el pedal de freno y el circuito hidráulico.

El pedal no actúa directamente sobre el circuito hidráulico, sino que transmite una señal electrónica hacia una centralita que recoge otros datos junto a este para analizar las fuerzas de frenado requeridas por cada rueda individual. Una vez procesada la información, la centralita actúa sobre una unidad hidráulica central. Para evitar posibles fallos del sistema eléctrico, también se mantiene una transmisión hidráulica directa de seguridad.

Este sistema presenta varias ventajas respecto al sistema de circuito hidráulico tradicional:

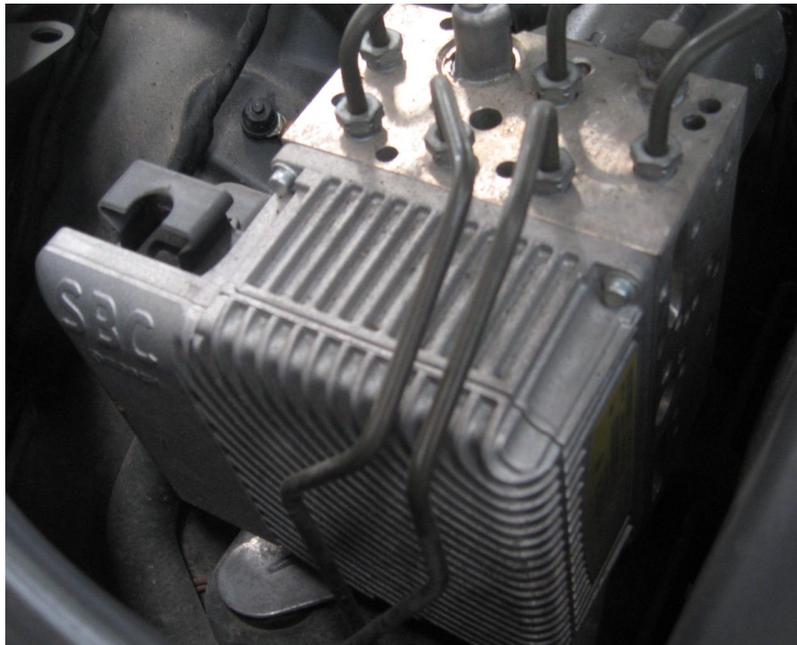
- Es más ligero y menos voluminoso. Carece de amplificador de fuerza de frenado (servo) y su forma de instalación es más flexible gracias a su diseño en módulos.
- Al ser una parte eléctrica, tiene una velocidad de respuesta superior a la del sistema normal y una precisión mayor, ya que actúa individualmente en cada rueda. Esto también mejora la estabilidad del vehículo en caso de una frenada peligrosa con posibilidad de pérdida de control por parte del conductor.
- Permite la integración de otros sistemas electrónicos que actúen ayudando o complementando al EHB, mejorando así la conducción y el confort del vehículo. Además se evitan ruidos y vibraciones en el pedal (que pueda provocar, por ejemplo, el sistema ABS). La fuerza necesaria sobre el pedal será muy inferior y ajustable.
- El sistema eléctrico recibe constantemente las lecturas de los sensores, con lo que está siempre “atento” a la conducción y preparado para funcionar. Además, gracias al programa integrado, tiene la capacidad de detectar errores de funcionamiento y señalarlos.



## **Frenado Selectivo Sensotronic (SBC) (volver)**

El Sensotronic Brake Control o SBC es un sistema de frenado de tipo electro-hidráulico capaz de controlar todas las funciones del frenado independientemente de la influencia del conductor.

El sistema SBC comprende una serie de sistemas, tales como ABS, ASR, ETS, ESP y BAS. Se encarga de las funciones de accionamiento del frenado, amplificación del frenado y regulación de la fuerza de frenado independientemente en cada una de las ruedas. Además, gracias a la interconexión entre sistemas del vehículo, puede intervenir en otros sistemas, como el de regulación de la velocidad de marcha, al mismo tiempo que es capaz de activar otras funciones de seguridad y confort del vehículo.



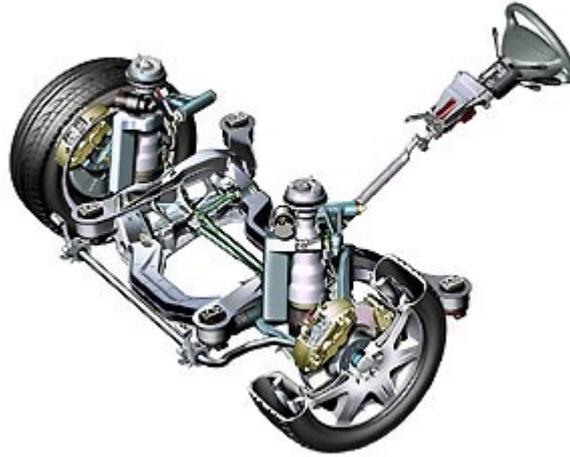
En este sistema, el pedal no actúa directamente sobre el sistema hidráulico, sino que lo hace sobre un potenciómetro que envía una señal al módulo electrónico del SBC y éste se encarga de actuar en función de las velocidades detectadas en cada rueda independiente y de la velocidad de marcha del vehículo.

Si el SBC detecta que el conductor cambia con rapidez del pedal del acelerador al del freno, aproxima automáticamente las pastillas de freno a los discos. Si el conductor efectivamente pisa el freno, el SBC puede actuar con rapidez en caso de que éste no lo haga con la suficiente contundencia. De este modo se consigue acortar la distancia de frenado de forma significativa.

Al frenar en curvas, y en función de la situación de marcha, la fuerza de frenado es distribuida de forma individual a cada una de las ruedas, lo que permite una mayor estabilidad al frenar. En situaciones de frenado críticas, el SBC actúa conjuntamente con el ESP para evitar el derrape del vehículo.

En superficies mojadas, elimina automáticamente la película de agua que se forma en los discos del freno, contribuyendo de este modo a mejorar la deceleración cuando se hace uso éstos. Gracias a una característica variable del pedal, los frenos pueden reaccionar con mayor espontaneidad a elevadas velocidades. Mediante el software se ajusta el recorrido del pedal del freno de forma inversamente proporcional a la velocidad del vehículo. La precoz intención del conductor permite frenar a tiempo en situaciones de emergencia.

[Vídeo de funcionamiento del SBC](#)



En vehículos de muy alta gama es posible la inclusión de un sistema doble (Twin SBC) para mejorar y conseguir la frenada aun cuando uno de los sistemas falle. En esta opción, se duplica prácticamente todo el sistema de frenos (incluyendo doble pinza de freno frontal)

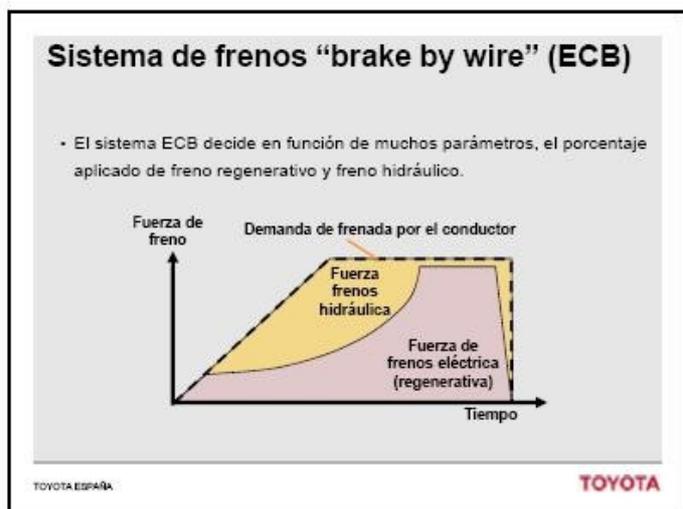
### **Freno regenerativo (volver)**

Es un dispositivo que permite reducir la velocidad de un vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es almacenada para un uso posterior.

El freno regenerativo en vehículos de baterías y vehículos híbridos almacena la energía en un banco de baterías o un banco de condensadores para un uso posterior. El freno regenerativo es un tipo de freno dinámico. Otro tipo de freno dinámico es el freno reostático, en donde la energía eléctrica es disipada en forma de calor.

El frenado tradicional basado en la fricción sigue siendo usado junto con el regenerativo por las siguientes razones:

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





Diferencias entre el freno reostático y regenerativo:

- Los Frenos reostáticos, a diferencia de los regenerativos, disipan la energía eléctrica en forma de calor al hacer circular la corriente generada durante el frenado, a través de grandes bancos de resistores eléctricos variables. Un ejemplo de los vehículos que utilizan frenos reostáticos son: Los Montacargas, las Locomotoras Diésel/eléctricas y los Trolebuses.
- Si el diseño es adecuado, este calor puede servir para calentar el interior del vehículo. Si el calor es disipado al exterior esto se hace a través de capuchas enormes diseñadas para albergar los bancos de resistores.

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

### **El motor eléctrico como freno**

Los frenos regenerativos se basan en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. El motor eléctrico de tracción es reconectado como generador durante el frenado y las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía la cual se conduce hacia una carga eléctrica, es esta carga, la que provee el efecto de frenado.

Un temprano ejemplo de este sistema fue el Freno Regenerador de energía, desarrollado en 1967 para el vehículo Amitron. Este fue un auto accionado completamente por baterías en fase prototipo, cuyas baterías eran recargadas por frenado regenerativo, lo que incrementaba la autonomía del automóvil. Lo que estamos acostumbrados a ver, es que un motor eléctrico se encargue de impulsar una



máquina y vehículo, se suministra corriente eléctrica por un lado y se obtiene movimiento por el otro. Bueno en este caso el motor actúa como generador, el motor se hace girar con la inercia del vehículo que está en movimiento, por lo tanto el motor gira y produce electricidad, esta electricidad es enviada a las baterías o a supercondensadores que acumulan o guardan esta energía en un sistema de baterías para luego nuevamente invertir el proceso y produciendo el movimiento al vehículo.

## Lo que está por llegar

---

La tendencia futura es, como en otros aspectos de la vida moderna, en reducir y simplificar los sistemas con la electricidad y la electrónica de forma que funcionen de manera más precisa y efectiva disminuyendo su complicación y mantenimiento. La mejora del rendimiento, la seguridad y el confort de los vehículos sigue siendo una meta futura a medida que mejora la tecnología. La conciencia social por la conservación del medio ambiente ha influido también en gran medida y sigue haciéndolo para encontrar soluciones energéticas a largo plazo.

### **Freno electrónico (volver)**

Bautizado como Electronic Wedge Brake o EWB y desarrollado por Siemens-VDO es el sistema del futuro. Prescinde absolutamente de elementos hidráulicos, dejando todo en manos de la electrónica. Mantiene pastillas, mordazas y discos de freno, pero utiliza motores eléctricos con gran eficiencia para realizar el frenado con mayor precisión.



Según los desarrolladores del sistema:

*“El freno electrónico funciona con un principio similar al utilizado en los frenos de los carruajes de tracción animal, en los que se empleaba una cuña para detener la rueda. Sin embargo, el EWB se basa en una sofisticada tecnología de sensores y en la electrónica para evitar que los frenos se bloqueen y así, garantizar un frenado eficiente y controlado.”*

El sistema aprovecha la energía cinética del vehículo para transformarla en energía eléctrica que, posteriormente, se utiliza en el motor que mueve la cuña de freno. Gracias a ello se necesita sólo el 10% de la energía que actualmente utilizan los sistemas hidráulicos.

El nuevo sistema EWB será más eficiente. También será más pesado, pero reducirá las dimensiones liberando al vehículo del circuito hidráulico (canalizaciones, líquidos, bombas, etc; hasta un volumen de 22 litros) Contará con una unidad de control (sensores y pastillas) en cada rueda midiendo los movimientos y esfuerzos independientes.



Al mismo tiempo un programa integrado en el EWB realizará las funciones conjuntas de ABS

y ESP permitiendo, además, reducir el tiempo de reacción del sistema (de los 140 milisegundos actuales hasta 100 milisegundos en la aplicación de la máxima potencia de frenada).

El sistema se ha llegado a probar hasta en el círculo polar ártico y se ha demostrado que consigue disminuir la distancia de frenado hasta un 15% si lo comparamos con el circuito hidráulico habitual.

Se prevé su entrada para el año 2010 en turismos comerciales.

## **KERS (Kinetic Energy Recovery System) (volver)**



El Sistema de Recuperación de Energía Kinética (o Cinética) se comenzará a implantar en la alta competición a partir de 2009. Es un sistema que almacena parte de la energía de las frenadas para poder utilizarlas más adelante en fases de aceleración, como una potencia añadida. Aunque no se prevé a corto plazo su implantación en los vehículos turismo, trataremos este tema, ya que quizás en un futuro sí llegue a establecerse, al igual que otras muchas innovaciones tecnológicas que anteriormente pasaron de los circuitos a las carreteras (como los frenos carbono-cerámicos, por ejemplo).

## ¿En qué se basa el KERS?

Se cree que este sistema será el encargado de recoger la energía que se desperdicia en las frenadas en forma de calor en los discos de freno y sus zapatas, lo que es cierto solo a medias, ya que hay quien ha entendido que este dispositivo recogerá dicho calor para generar esa energía extra, lo cual es erróneo.

Para aclarar el asunto es necesario entender el aspecto físico-teórico del proceso de frenado en un objeto o coche cualquiera:

Cuando un coche lleva una velocidad determinada y ha de reducirla de manera más o menos rápida, solo tiene una manera posible, introducir una resistencia al avance más o menos intensa, según el régimen de frenada a conseguir, lo que resulta obvio.

Pero lo que ocurre cuando hay una aceleración negativa o frenada, tal y como postulan las leyes de Newton, es que el coche tiende a seguir en movimiento inercial y las masas tienden a adelantarse respecto al objeto en deceleración o frenando.

Pues es esa misma fuerza inercial de esas masas, la que se utiliza en el KERS para conseguir esa energía extra. Fuerza que de otra manera habría sido transferida al chasis y transformada en calor en los discos. Por eso está bien el decir que transforma el calor de los frenos en energía reutilizable, aunque eso no esté estrictamente ajustado al proceso real.

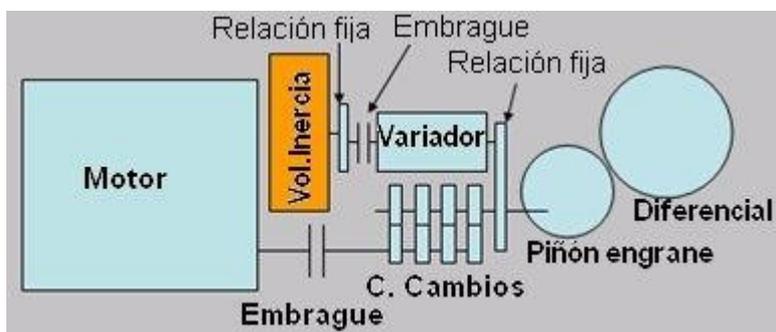


## ¿Cómo se consigue esa energía?

Para entender cómo se realiza esa “captura” de energía, deberíamos entrar en la teoría de la física, pero vamos a intentar simplificarlo todo lo posible.

Todos habremos usado alguna vez uno de esos juguetes a los que hay que darles con la mano unas “cortas carreritas” para que “se carguen” y, al soltarlos, salen corriendo hacia delante. El KERS está basado en lo mismo. En esencia, hay colocado un disco de metal más o menos grueso y pesado pero siempre de mucho mayor diámetro o grosor que el eje de las ruedas del juguete en el que está sujeto, de tal manera que al darle esas “carreritas para cargarlo” imprimimos una elevada velocidad de giro en ese disco de metal, lo que unido a su masa le confiere una notable cantidad de “inercia” al disco y, por consiguiente, al eje de las ruedas. Esto hace correr al cochecito.

Ese disco de metal es lo que se llama un volante de inercia. Y un volante de inercia es la base del funcionamiento del KERS. Resumiendo mucho, se puede decir que un volante de inercia está montado en el sistema del KERS, de tal manera que durante las frenadas e incluso durante las aceleraciones, se le va confiriendo cada vez más velocidad de giro a ese volante de inercia, hasta alcanzar los valores energéticos definidos en la reglamentación.



## Tipos de KERS

El principio es claro, pero los métodos para hacer girar ese volante y la utilización de esa energía contenida puede ser de lo más variada. Por ello, podemos clasificar los distintos tipos de KERS:

- Mecánico: El volante transfiere la fuerza mecánicamente a otros dispositivos mecánicos también, que posteriormente será trasladada al palier mediante el acople necesario.
- Hidráulico: El volante transfiere la energía contenida a dispositivos hidráulicos, y estos a su vez la transfieren al acople con el palier.
- Eléctrico: El volante se puede comportar como un generador eléctrico, que entrega esa carga a unos acumuladores y pilas, para que surtan de energía a un motor eléctrico para el acople con el palier.
- Híbrido: Obviamente, será una combinación de los anteriores.

[Vídeo explicativo de un KERS Mecánico](#)

[Vídeo explicativo de un KERS eléctrico](#)



### Desventajas y problemas

Las diferencias de unos a otros resultan obvias, y cada uno de ellos tiene una serie de ventajas e inconvenientes propios de su construcción, por ejemplo:

- Mecánico: puede resultar frágil, pues las potencias transmitidas en momentos muy puntuales son “bestiales”, por lo que para asegurar un funcionamiento “fiable” pueden resultar en un pesado paquete, lo que le resulta difícil de ubicar en el coche sin complicar en exceso (si esto es posible) el asunto de la distribución de pesos, el centro de gravedad, los lastres...
- Hidráulico: La utilización de fluidos siempre es “un riesgo”, además el depósito de líquido hidráulico o liga deberá de ser mayor, y aunque su incremento de peso no es tan elevado, no es algo que se deba desdeñar. Además no parece haber grandes desarrollos en dicho tipo de sistema.
- Eléctrico: Aparentemente el más sencillo, pero con el lastre del enorme peso de los acumuladores o pilas necesarias para el almacenamiento de esa cantidad de energía, ya que el piloto la usará cuando lo considere oportuno.

Como podemos ver, uno de los grandes inconvenientes de los sistemas KERS parece que puede ser su peso. Según fabricantes, hablan de conjuntos de entre 4 a 5Kg sólo el volante y su blindaje. El sistema completo con menos peso es el hidráulico, que no baja de los 15Kg (pero no es factible por el momento por su rendimiento y complejidad), el mecánico no baja de los 20Kg y el eléctrico depende de los acumuladores y baterías, pero tampoco baja de los 25Kg. Estos pesos se supone que serán reducidos en las versiones “finales”, pero no parece que vaya a haber mucha más reducción. El más propenso a una gran rebaja es el eléctrico (según la química de los acumuladores) pero no se cree que pierda más de unos 5Kg como mucho.

Otro efecto a tener en cuenta cuando se usan volantes de inercia de altas velocidades, es el referente a la generación de cargas electrostáticas, Ese efecto se debe a la carga eléctrica de un cuerpo mediante el roce y, cuando, por el medio que sea (un cable, una persona que lo toca, etc.), se produce alguna forma de conexión al suelo (masa), ocurre una descarga eléctrica de peligrosos efectos.

## **Agradecimientos (volver)**

A los talleres Fernández Hidalgo de Málaga, por permitirnos utilizar sus instalaciones para nuestras pruebas de manera desinteresada.

A IFR Automotive por responder con celeridad a nuestras dudas.

A [www.youtube.es](http://www.youtube.es) por ser una enorme fuente de material útil.

A José Antonio Martín Valencia por dejarnos consultar su biblioteca personal y aguantarnos cada día.

## **Bibliografía**

Mercedes-Benz España, S.A. *El freno que piensa* [en línea]. Disponible en web:

<[http://www2.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc\\_spain\\_website/es/home\\_mpc/passenger\\_cars/home/passenger\\_cars\\_world/innovation/recent\\_developments/safety/sensotronic\\_brake.html](http://www2.mercedes-benz.es/content/spain/mpc/mpc_spain_website/es/home_mpc/passenger_cars/home/passenger_cars_world/innovation/recent_developments/safety/sensotronic_brake.html)>

Gabriela Sierra. *Nace un nuevo sistema de frenado* [en línea]. 27 de junio de 2006. Disponible en web: <[http://motor.terra.es/ultimas-noticias-actualidad/articulo/nace\\_nuevo\\_sistema\\_frenado\\_31289.htm](http://motor.terra.es/ultimas-noticias-actualidad/articulo/nace_nuevo_sistema_frenado_31289.htm)>

Ignacio Fernández Rodríguez. *TBD – Braking* [en línea]. Disponible en web: <<http://www.ifrautomotive.com/tbd>>

Bosch. *Tecnologías en sistema de frenos* [en línea]. Disponible en web: <[http://www.boschchile.cl/bosch/divisiones/AA/frenos\\_tecnologias.jsp](http://www.boschchile.cl/bosch/divisiones/AA/frenos_tecnologias.jsp)>

The Auto Channel. *Next Generation Rechargeable Hybrid Cars Gaining Wider Support* [en línea]. 12 de abril de 2005. Disponible en web: <<http://www.theautochannel.com/news/2005/04/12/036035.html>>

*What's Going On as I Drive my Toyota Prius?* [en línea]. Disponible en web: <<http://prius.ecrostech.com/original/Understanding/WhatsGoingOnAsIDrive.htm>>

Olaya. *Siemens prueba su sistema de frenado en el Círculo Polar Ártico* [en línea]. 19 de junio de 2007. Disponible en web: <<http://www.motorspain.com/19-06-2007/varios/tecnologia/siemens-prueba-su-sistema-de-frenado-en-el-circulo-polar-artico>>

Laurent Meillaud. *Freno electrónico: cada vez más cerca* [en línea]. 1 de septiembre de 2007. Disponible en web: <<http://www.viamichelin.es/viamichelin/esp/tpl/mag5/art20070901/htm/mobil-tech-frein.htm>>

Fernando Álvarez. *Siemens desarrolla un nuevo y mejor sistema de frenado* [en línea]. 9 de noviembre de 2006. Disponible en web: <<http://www.viamichelin.es/viamichelin/esp/tpl/mag5/art20070901/htm/mobil-tech-frein.htm>>

*Freno electro-hidráulico EHB* [en línea]. Disponible en web: <<http://www->

[org.autocity.com/documentos-tecnicos/?cat=3&codigoDoc=171](http://org.autocity.com/documentos-tecnicos/?cat=3&codigoDoc=171)>

Isidro. *Siglas, acrónimos, abreviaturas y palabras extranjeras* [en línea]. 1 de marzo de 2007. Disponible en web: <<http://www-org.autocity.com/documentos-tecnicos/?cat=3&codigoDoc=171>>

Atiko Estudio. *Automóvil, frenos* [en línea]. Disponible en web: <<http://www.atikoestudio.com/disenador/industrial/automovil/frenos.htm>>

Grupo cibermultimotor. *Las pastillas de frenos: Todo lo que hay que saber sobre ellas* [en línea]. 22 de marzo de 2006. Disponible en web: <<http://www.portalmotos.com/www/contenidos.asp?contentid=3165>>

Julián Ferrer Ruiz / Esteban José Domínguez Soriano. *Sistemas de transmisión y frenado*. Madrid. Editex. 366 p. ISBN: 84-9771-325-7.

Arvind Balliga. Sensotronic Brake Control [en línea]. 1 de septiembre de 2007. Disponible en web: <<http://mechanicalseminartopics.blogspot.com/2007/09/sensotronic-brake-control.html>>

Volvo Annouces 'City Safety' Technology to Avoid Low Speed Collisions [en línea]. 12 de enero de 2006. Disponible en web: <<http://www.autospies.com/news/Volvo-Annouces-City-Safety-Technology-to-Avoid-Low-Speed-Collisions-10406/>>

Los Ford incluirían el sistema CitySafe de Volvo en el futuro [en línea]. Disponible en web: <<http://www.coches20.com/incluirian-sistema-citysafe/>>

Funcionamiento del KERS [en línea]. Noviembre de 2008. Disponible en web: <<http://f1brake.blogspot.com/2008/11/funcionamiento-del-kers.html>>