CAPITULO 4

Sistema de Frenos

Ing. Alejandro Barrero

CAPITULO 6

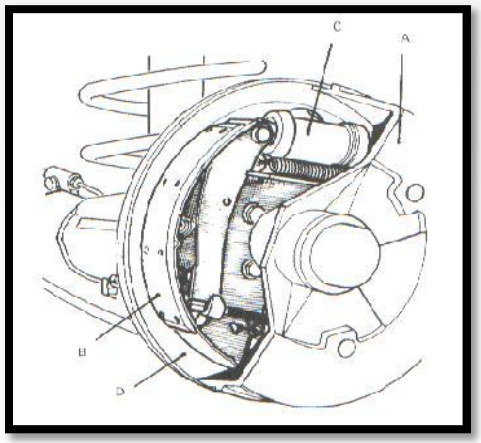
SISTEMAS DE FRENOS. FUNDAMENTOS

El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda. Para inmovilizar el vehículo, se utiliza el freno de estacionamiento, que puede ser utilizado también como freno de emergencia en caso de fallo del sistema principal. Debe cumplir los requisitos de inmovilizar al vehículo en pendiente, incluso en ausencia del conductor.

SISTEMAS DE FRENOS. FUNDAMENTOS

Estructura de un freno de tambor y otro de disco.

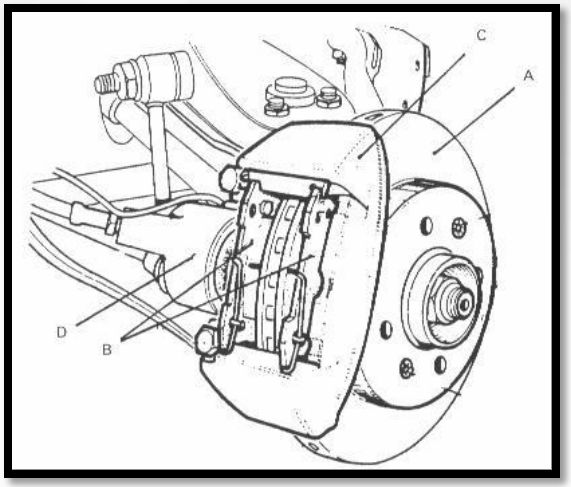
Un freno de tambor (A) , esta fijado a la rueda por medio de tornillos, en cuyo interior van alojadas las bandas (B), provistas de forros de un material muy resistente al calor y que pueden ser aplicadas contra la periferia interna del tambor por la acción del bombín (C), produciéndose en este caso el frotamiento de ambas partes.



Como las bandas van montadas en el plato (D), sujeto al chasis por el sistema de suspensión y que no gira, es el tambor el que queda frenado en su giro por el frotamiento con las bandas.

SISTEMAS DE FRENOS. FUNDAMENTOS

Frenos de disco:

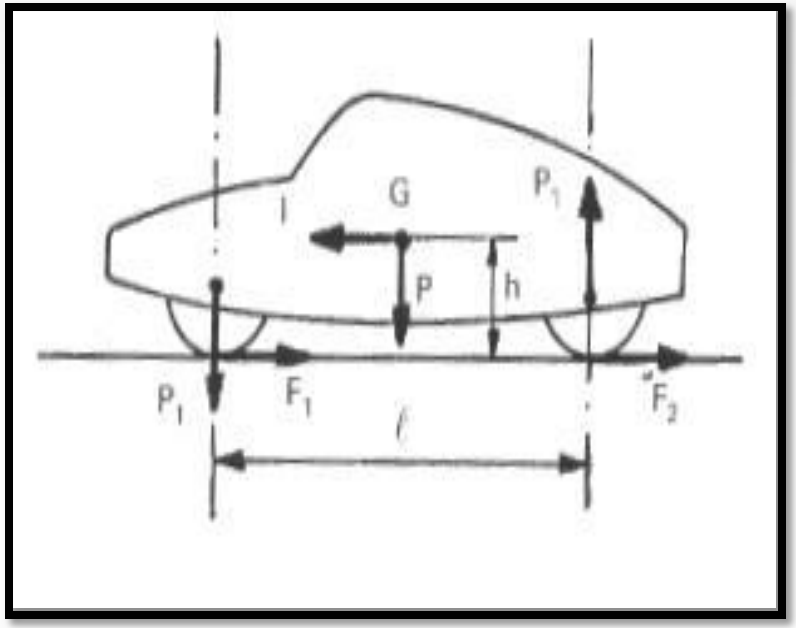


Sustituyen el tambor por un disco, que también se une a la rueda por medio de tornillos.
Este disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas (B), que son accionadas por un émbolo (D) y pinza de freno (C), que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro. Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos

El calentamiento excesivo de los frenos disminuye la adherencia del material empleado en los forros de las bandas, al mismo tiempo que dilata el tambor, que queda más separado de ellas, por cuyas causas aparece el fenómeno llamado “fading”, que es una pérdida temporal de la eficacia de los frenos

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 (I) aplicada a su centro de gravedad (G), forma con las fuerzas de frenado (F1) y (F2) 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.



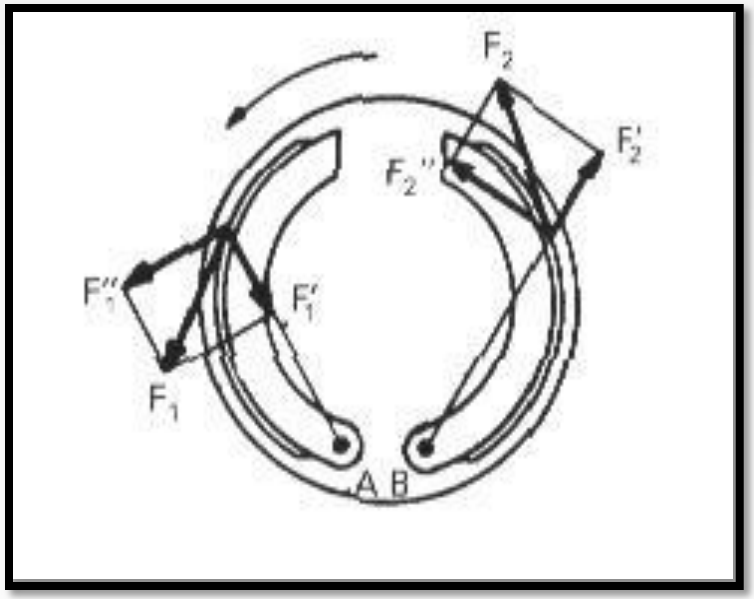
¿Qué es la distancia de parada? ¿De qué depende?

Se llama así al espacio recorrido por el vehículo desde que se accionan los frenos hasta que se detiene completamente.

La distancia de parada depende de la presión que se ejerza sobre el pedal del freno (fuerza de frenado), de la fuerza de adherencia del neumático con el suelo, de la velocidad con que marcha el vehículo en el momento de frenar, de la fuerza y dirección del viento, etc. No dependiendo para nada del peso del vehículo, sino del cuadrado de la velocidad y de la eficacia de los frenos. Por esto, la distancia de parada es igual para un vehículo pesado que para un turismo, siempre que la velocidad y eficacia de los frenos sean las mismas.

¿Por qué frena más la banda primaria que la secundaria?

Según la disposición de montaje de las bandas y del bombín de accionamiento se obtienen diferentes efectos de frenado. Se ha representado una disposición de las bandas, en las que ambas se unen al plato en los puntos (A) y (B). Si el tambor gira a izquierdas, como se ha representado, cuando se produce la acción de frenado la banda izquierda se acuña contra el tambor, mientras que la derecha es empujada por él, debido a las fuerzas puestas en juego.



Esto provoca que la banda izquierda (primaria) frene más que la derecha (secundaria).

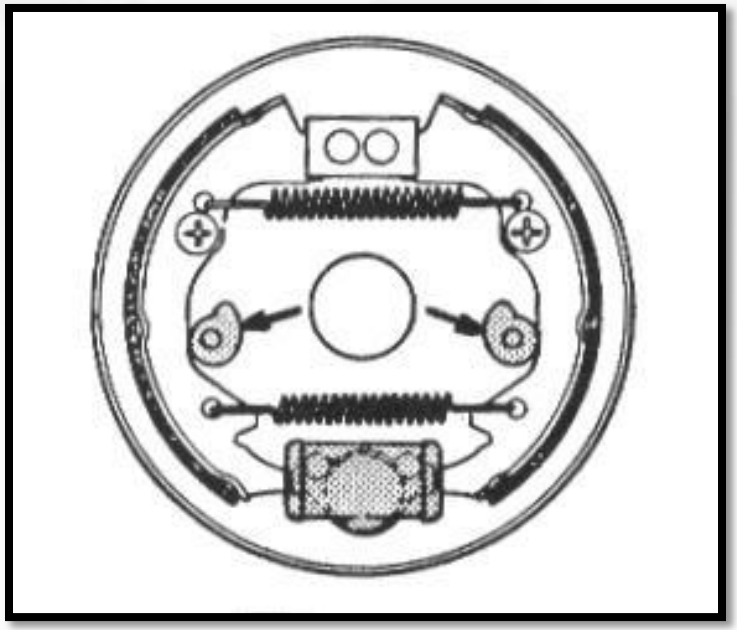
Fuerzas desarrolladas en la acción de frenado en los frenos de tambor.

Para repartir equilibradamente los esfuerzos en ambas bandas y en toda su superficie, se recurre a diversa disposiciones, destacando las siguientes:

- Utilización de bandas de diferentes coeficientes de rozamiento.
- Utilización de bandas de superficies diferentes.
- Accionando las bandas con fuerzas desiguales.
- Modificando las bandas con fuerzas desiguales.
- Modificando los dispositivos de fijación al plato.
- Modificando los dispositivos de mando de las bandas.

Reglaje automático de las bandas y su funcionamiento.

El desgaste que se produce en las frenadas debido al rozamiento de las banda contra el tambor, hace que aquellas queden cada vez más separadas de éste en posición de reposo, lo que supone un mayor recorrido muerto en la acción de frenado y el envío de mayor cantidad de líquido desde la bomba.



Para corregir esto se debe de realizar un reglaje periódico de los frenos, que consiste en aproximar las bandas al tambor lo máximo posible, pero sin que llegue a producirse el rozamiento entre ambos

Para realizar esta función se colocan en este tipo de freno unas excéntricas que limitan el recorrido tope de las bandas hacia su posición de reposo. Mediante ellas se aproximan las bandas al tambor cuanto sea necesario.

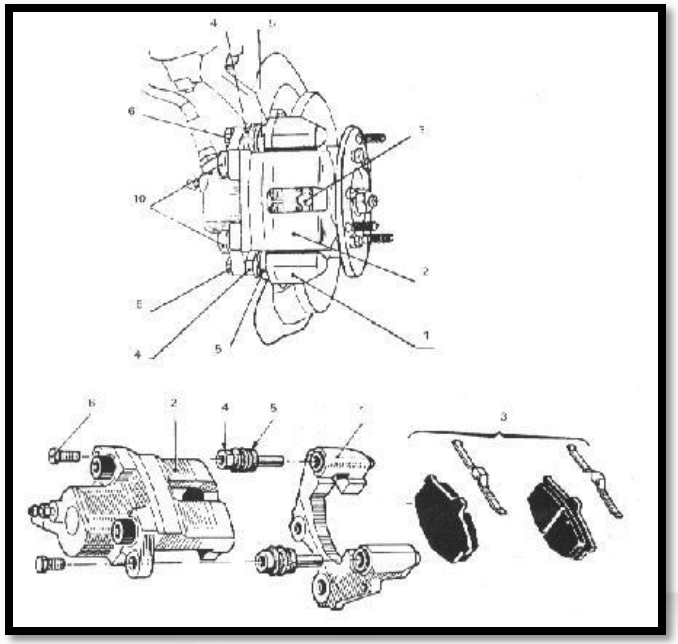
Ventajas que representan los frenos de disco frente a los de tambor.

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.

Disposición de montaje flotante de la pinza de frenos

Consiste en montar un único pistón que aplica una de las pastillas contra el disco bajo la acción de la fuerza hidráulica, mientras que la reacción de este esfuerzo desplaza todo el estribo a la derecha, aplicando la otra pastilla contra el disco en la cara opuesta, hasta la obtención del equilibrio entre ambas fuerzas.

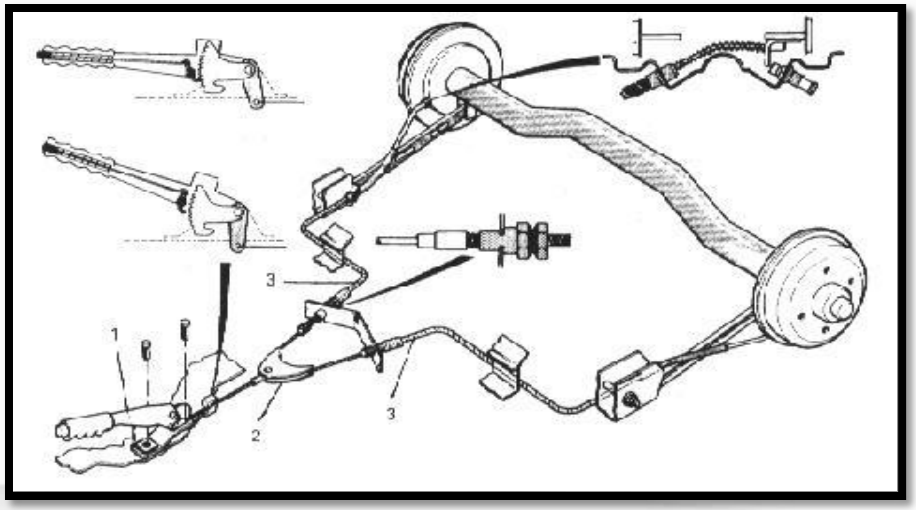


No se requiere reglaje de aproximación en los frenos de disco.

Porque cuando cesa la acción de frenado, una vez que disminuye la presión hidráulica, el propio alabeo del disco hace que las pastillas se separen ligeramente de él. A una distancia mínima, sin que lleguen a rozar. Con este movimiento retrocede el pistón al mismo tiempo la distancia necesaria, adaptándose el recorrido al desgaste de as pastillas.

Estructura del freno de mano.

Se aprecia el mando del freno de mano, a través de una palanca (1, emplazada entre los asientos delanteros del vehículo), que por medio de varillas y cables de acero acciona los dispositivos frenantes de las ruedas. El cable principal de mando se ramifica en la unión (2) en otros cables de acero (3), que se acoplan en cada una da las ruedas.



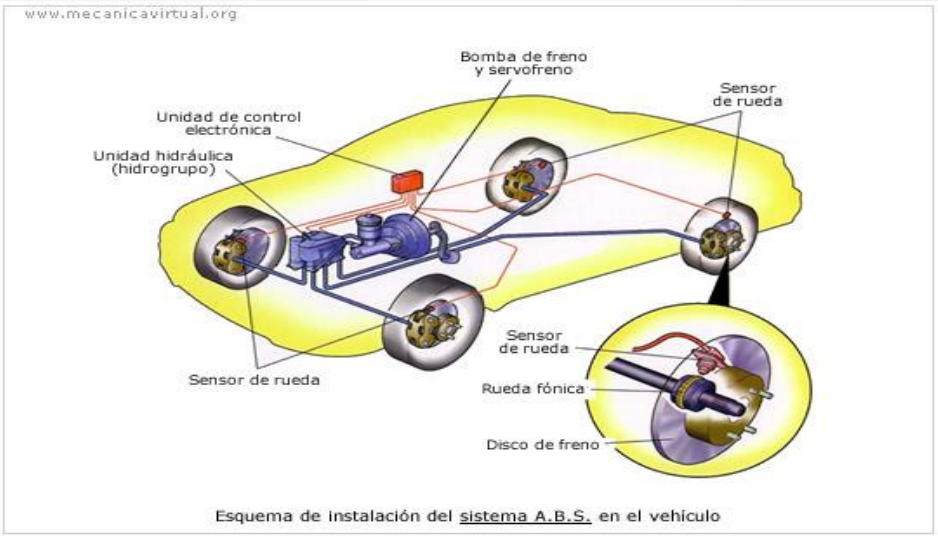
SISTEMA DE FRENOS ABS

Este sistema de frenos es la mayor innovación en seguridad activa para los automóviles que ha salvado muchas vidas. Fue hace 30 años que un modelo de Mercedes Benz, el Clase S, ofrecía como opción un sistema para evitar el bloqueo de las ruedas al frenar bruscamente. Ha sido un paso muy grande para mejorar la seguridad en autos.

El nombre ABS viene de su denominación en inglés Antilock Braking System. Posteriormente lo adoptaron otros vehículos de Alta Gama como el BMW Serie 7. En principio el dispositivo se pensó para el aterrizaje de los aviones pero derivó en la seguridad de los autos también

SISTEMA DE FRENOS ABS

El sistema antibloqueo ABS (Antilock Braking System) constituye un elemento de seguridad adicional en el vehículo. Tiene la función de reducir el riesgo de accidentes mediante el control optimo 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 liquido en cada freno de rueda con el fin de evitar el bloqueo y optimizar así el compromiso de:



Esquema de instalación del sistema A.B.S. en el vehículo

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 limite de bloqueo como cuando lo hace bruscamente.

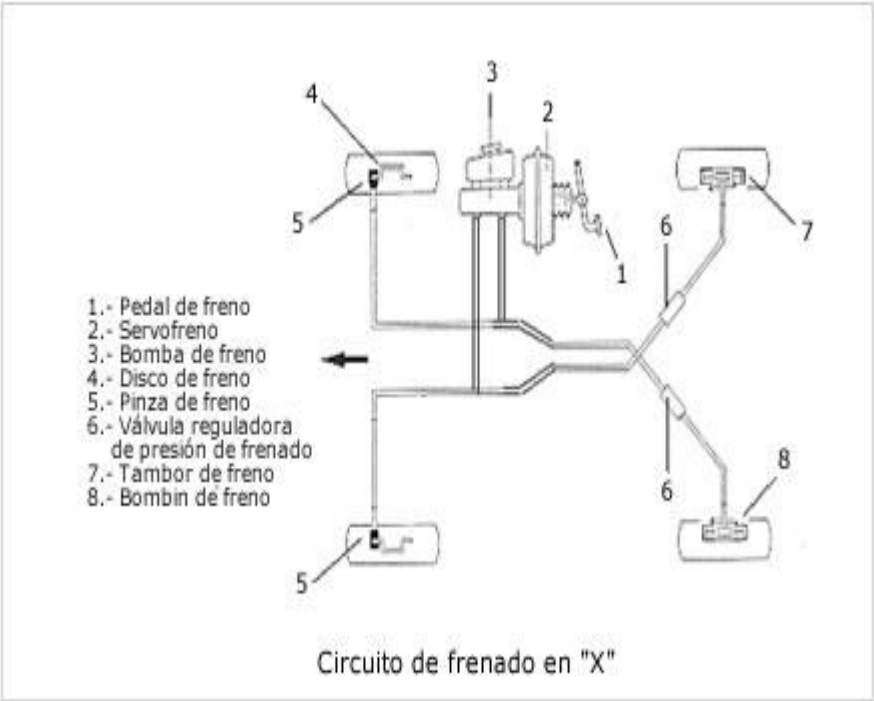
Dirigibilidad: El vehículo puede conducirse al frenar en una curva aunque pierdan adherencia alguna de las ruedas.

Distancia de parada: Es decir acortar la distancia de parada lo máximo posible.

SISTEMA DE FRENOS ABS

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

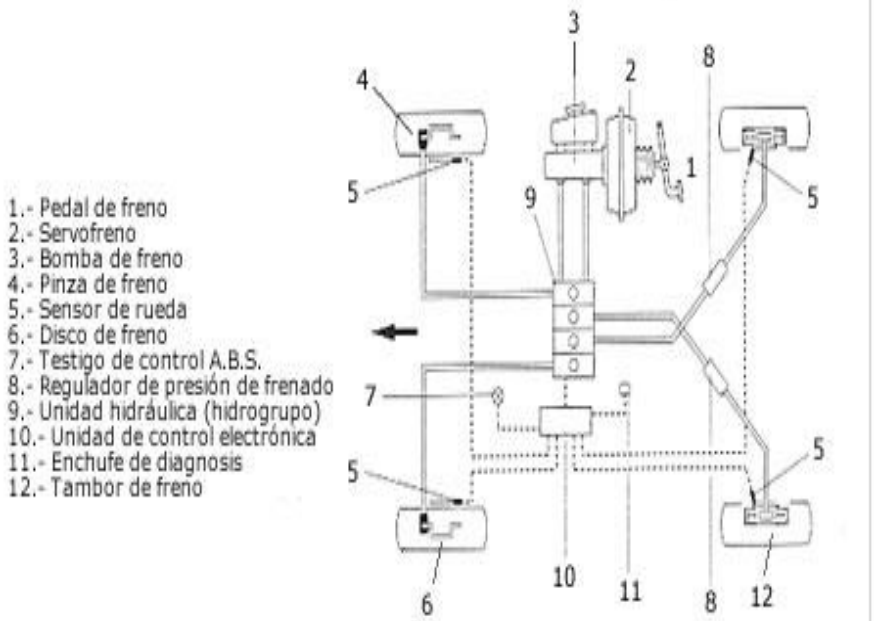
Los fabricantes de sistemas ABS mas importantes en Europa son: BOSCH, BENDIX Y TEVES.



Circuito de frenado en "X"

En la figura se ve el esquema de un circuito de frenos convencional sin ABS. Frenado en diagonal o "X".

SISTEMA DE FRENOS ABS



Circuito de frenado con A.B.S

En la figura se ve el esquema de un circuito de frenos con ABS. Como se aprecia el esquema es igual al circuito de frenos convencional al que se le ha añadido: un hidrogrupo, una centralita electrónica de mando y unos detectores de régimen (R.P.M.) a cada una de las ruedas, estos elementos forman el sistema ABS.

Dinámica del vehículo

Un vehículo al circular varía continuamente su estado, acelera, frena o gira. Estos fenómenos son producidos por un gran número de fuerzas y su suma se denomina dinámica del vehículo. Si la suma de todas las fuerzas es cero, significa que está en reposo. Si es diferente de cero, estará en movimiento.

A su vez, todas estas fuerzas varían en función de una magnitud física denominada aceleración, responsable de modificar la velocidad y dirección de cualquier objeto. Por ejemplo, el hecho de acelerar el vehículo corresponde a una aceleración positiva y el caso de frenar a una aceleración negativa.

Fuerzas que intervienen en una rueda

Se pueden dividir en cuatro:

La fuerza de tracción es producida por el motor y genera el movimiento.

Las fuerzas de guiado lateral, responsables de conservar la direccionabilidad del vehículo.

La fuerza de adherencia depende del peso que recae sobre la rueda.

Y la fuerza de frenado, que actúa en dirección contraria al movimiento de la rueda. Depende de la fuerza de adherencia y del coeficiente de rozamiento entre la calzada y la rueda.

Principio de regulación y funcionamiento del A.B.S.

Tras conectar el encendido y arrancar el motor (se apaga el indicador del ABS) el ABS esta listo para funcionar.
A continuación se describe el ciclo de regulación que se lleva a cabo al bloquearse una rueda. El proceso de regulación en las otras ruedas es el mismo.

La velocidad de la rueda, medida por la sonda de régimen, proporciona en el aparato de mando electrónico, señales de retardo y de aceleración de giro de la rueda. Mediante el enlace de las distintas velocidades de las ruedas se forma la llamada velocidad de referencia, que constituye aproximadamente la velocidad del vehículo. Mediante la comparación de la velocidad de la rueda y la velocidad de referencia se deducen señales de deslizamiento.

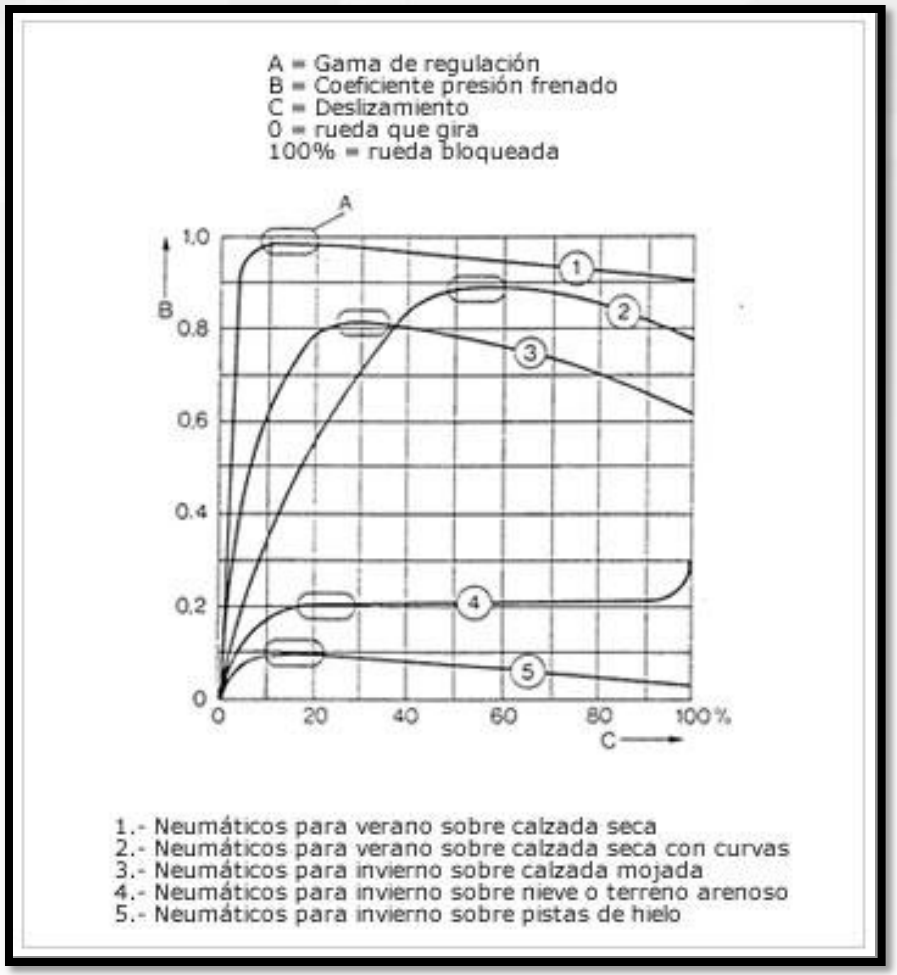
Dichas señales se forman cuando, al frenar o acelerar, se transmiten fuerzas de fricción entre los neumáticos y la calzada, que ejercen un efecto de frenado sobre la rueda que gira en el momento de frenar. Entonces se forma un deslizamiento (d), es decir, la rueda gira mas lentamente que la velocidad del vehículo.

Principio de regulación y funcionamiento del A.B.S.

El aumento del deslizamiento desde 0 hasta la máxima presión de frenado se denomina "zona de deslizamiento estable" (a), efectuándose la regulación del ABS cerca del máximo, en la zona A.

Con altos valores de deslizamiento zona de deslizamiento inestable (b), la presión de frenado disminuye y alcanza el mínimo cuando se bloquea la rueda.

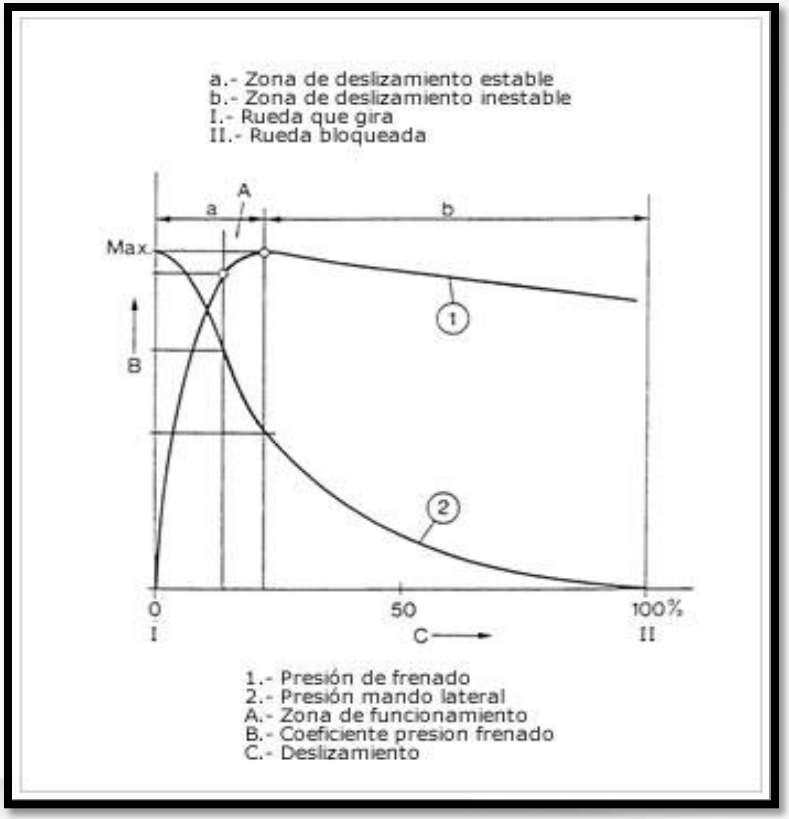
Mientras que para la presión de frenado optima (1) se necesita un deslizamiento (C) determinado, la presión de mando lateral (2) de la rueda disminuye debido al deslizamiento. Esto significa que la acción combinada de la presión de frenado y de mando lateral es necesaria para la regulación de frenado.



Principio de regulación y funcionamiento del A.B.S.

En la figura puede verse que la presión de mando lateral (2) disminuye en gran manera cuando aumenta el deslizamiento (C), con lo que la rueda que se bloquea no dispone en absoluto de características de mando lateral. Por esta razón debe escogerse una zona de regulación que garantice por una parte grandes presiones de frenado y, por otra, una buena presión de mando lateral.

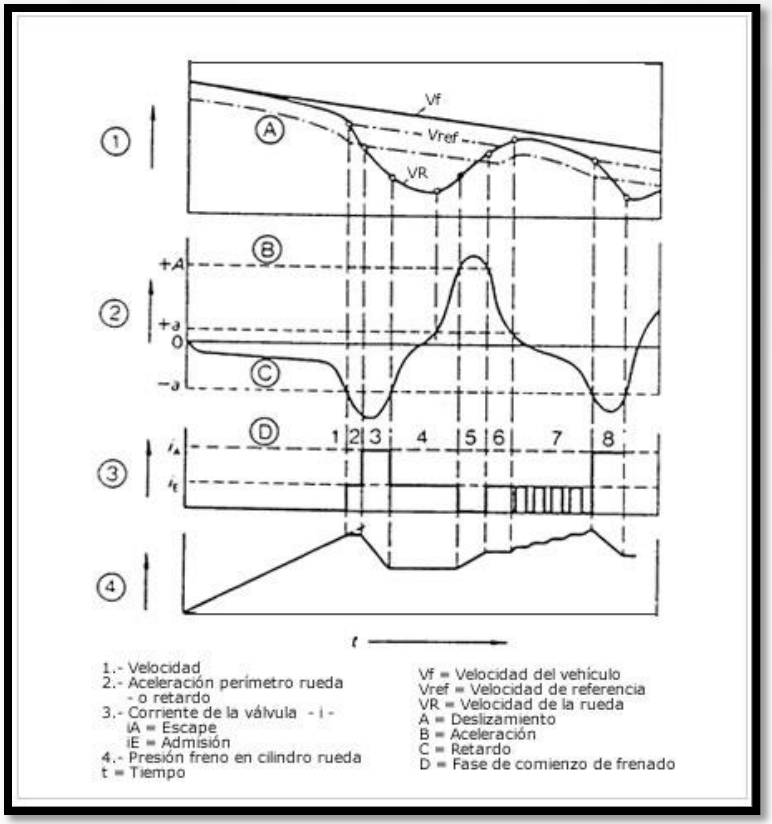
El movimiento de cada una de las ruedas viene controlado gracias a una comparación continua entre el retardo y la aceleración de la rueda por una parte -es decir de su deslizamiento- y los valores almacenados en la electrónica por otra. Si se constata un valor de retardo mayor al prescrito -rueda que se bloquea-, comienza el proceso de regulación.



Principio de regulación y funcionamiento del A.B.S.

En la figura se representa un ciclo de regulación simplificado, en el que puede comprobarse que la velocidad de la rueda sigue, en lo esencial, a la velocidad de referencia.

Esta disminuye con el tiempo, de modo proporcional hasta alcanzar la velocidad de la rueda, con lo que se determinan, a continuación, los valores de deslizamiento.



Tipos de sistemas ABS

Se pueden encontrar diferentes sistemas ABS, clasificándolos principalmente por el número de "canales" y de "sensores" que controlan los frenos de cada una de las ruedas del vehículo.
El número de canales viene determinado por el número de electroválvulas que regulan la presión de frenado de las ruedas pudiendo regularlas independientemente una por una o bien las dos del mismo eje a la vez. Existen tres tipos básicos de regulación de las ruedas:

Regulación individual en la que cada rueda se controla de forma independiente por una o varias electroválvulas

- Regulación "Select-low": las dos ruedas de un mismo eje se controlan con los valores obtenidos por el captador de la rueda que tiene indicios de bloquear en primer lugar. Una o varias electroválvulas comunes a las dos ruedas regulan la misma presión hidráulica para ambas.

- Regulación "Select-higt": las dos ruedas se controlan en este caso con los valores de la rueda que mayor adherencia tenga. También dispone de una o varias electroválvulas comunes a las dos ruedas que regulan la misma presión hidráulica para ambas.

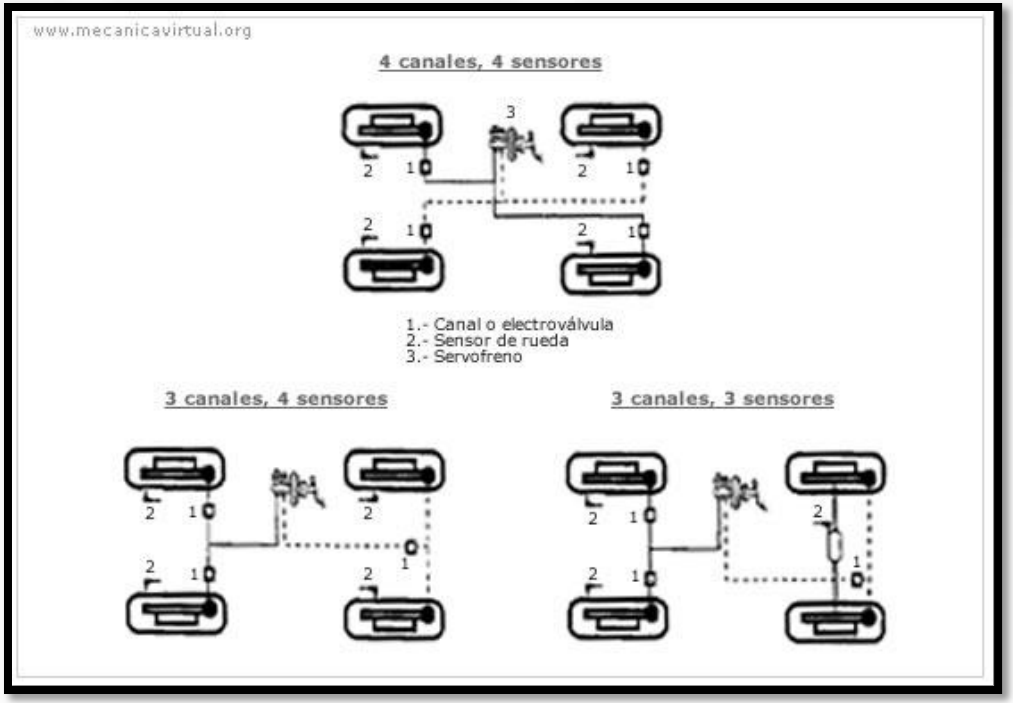
Tipos de sistemas ABS

Los sensores se colocan normalmente junto a las ruedas y sirven para detectar la velocidad, aceleración y deceleración de éstas.

En función del tipo de circuito de frenos, número de canales y número de sensores, se pueden clasificar los sistemas ABS:

Cuatro canales y cuatro sensores: este sistema cuenta con una o varias electroválvulas para cada rueda a su vez dispone de un sensor para cada rueda

Tres canales y cuatro sensores: este sistema cuenta con una o varias electroválvulas para las ruedas delanteras, pero en las ruedas del eje trasero se cuenta con una o varias electroválvulas que controlan las dos ruedas del mismo eje (trasero).



Tres canales y tres sensores: igual disposición que el anterior sistema, pero se diferencia en el eje trasero donde solo hay un sensor situado en grupo cónico y no en las ruedas.

Unidad hidráulica (Hidrogrupo)

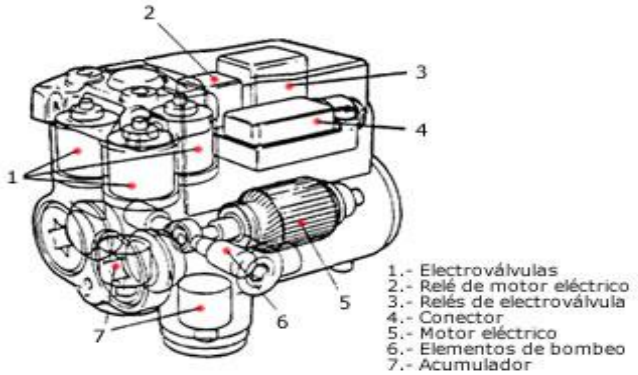
Es el dispositivo que se encarga de controlar la presión aplicada a cada una de las ruedas. El hidrogrupo es controlado a su vez por la unidad de control electrónica.

La unidad hidráulica esta formada por un conjunto de motor-bomba, varias electroválvulas (tantas como canales tenga el sistema), y un acumulador de baja presión.

Electroválvulas: están constituidas de un solenoide y de un inducido móvil que asegura las funciones de apertura y cierre. La posición de reposo es asegurada por la acción de un muelle incorporado. Todas las entradas y salidas de las electroválvulas van protegidas por unos filtros.

Conjunto motor-bomba: Esta constituido de un motor eléctrico y de una bomba hidráulica de doble circuito, controlados eléctricamente por el calculador. La función del conjunto es rechazar el liquido de frenos en el curso de la fase de regulación desde los bombines a la bomba de frenos. Este rechazo es perceptible por el conductor por el movimiento del pedal de freno.

Acumulador de baja presión: Se llena del liquido del freno que transita por la electrovalvula de escape, si hay una variación importante de adherencia en el suelo.

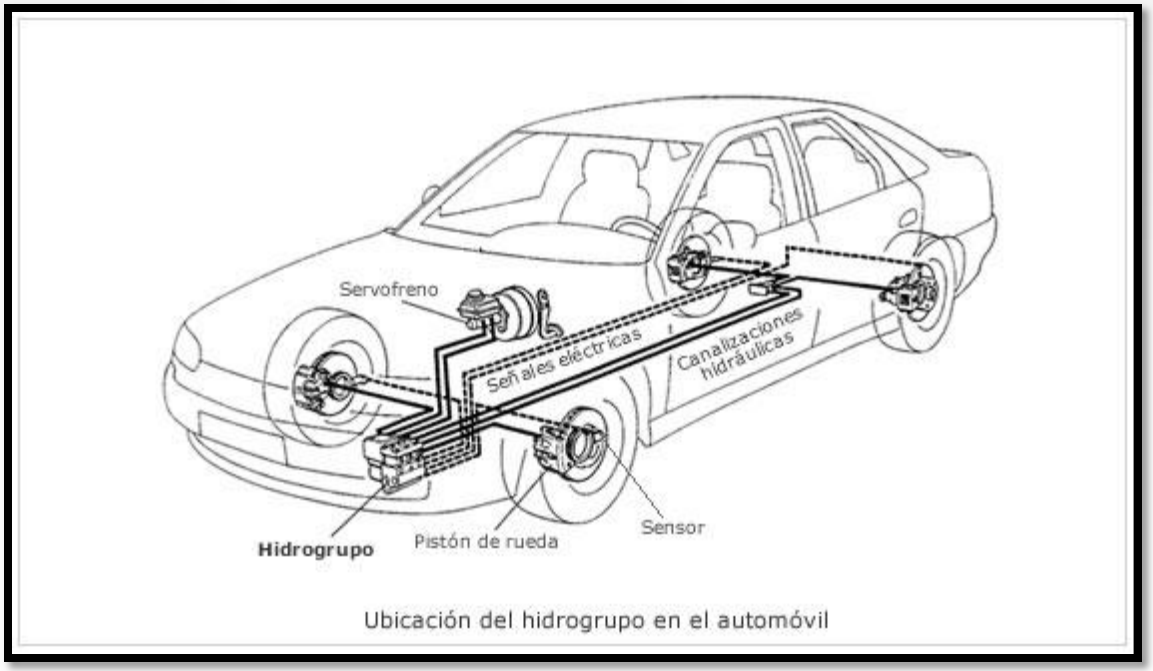


Elementos de la unidad hidráulica de presión

El nivel de presión necesario para el llenado del acumulador de baja presión debe ser lo suficientemente bajo para no contrariar la caída de presión en fase de regulación, pero lo suficientemente importante como para vencer en cualquier circunstancia el tarado de la válvula de entrada de la bomba.

El caudal medio evacuado por la bomba es inferior al volumen máximo suministrado en situación de baja presión

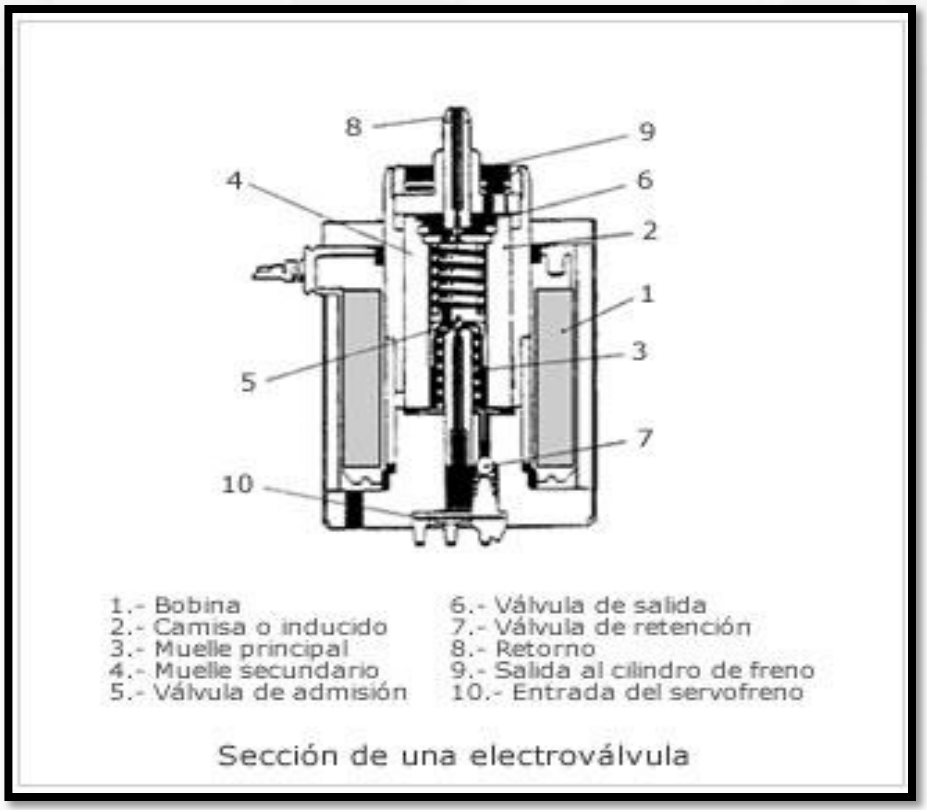
Las electroválvulas de la unidad hidráulica permiten tres posiciones de funcionamiento que se corresponden con las fases de funcionamiento del ABS:



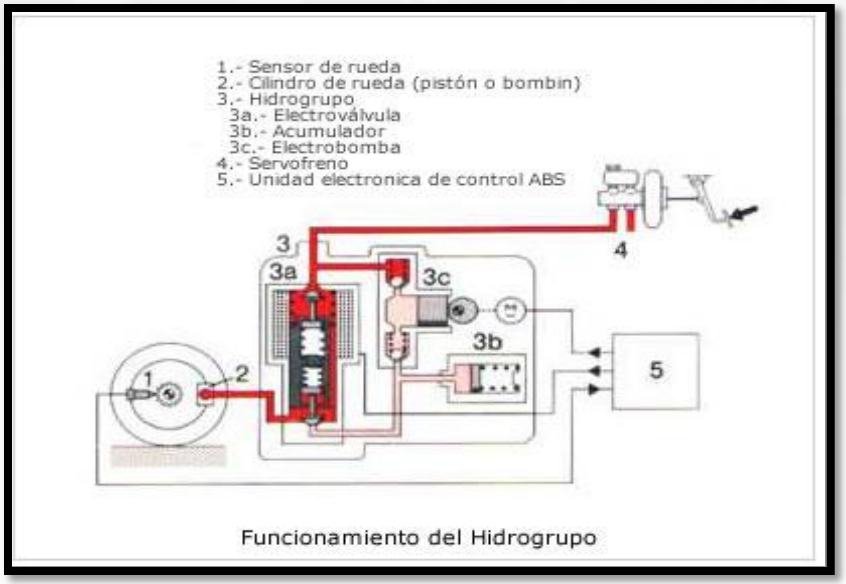
Ubicación del hidrogrupo en el automóvil

- Fase de subida de la presión.
- Fase de mantenimiento de la presión.
- Fase de bajada de presión.
- En la figura inferior se muestra el esquema de un tipo de electroválvulas.

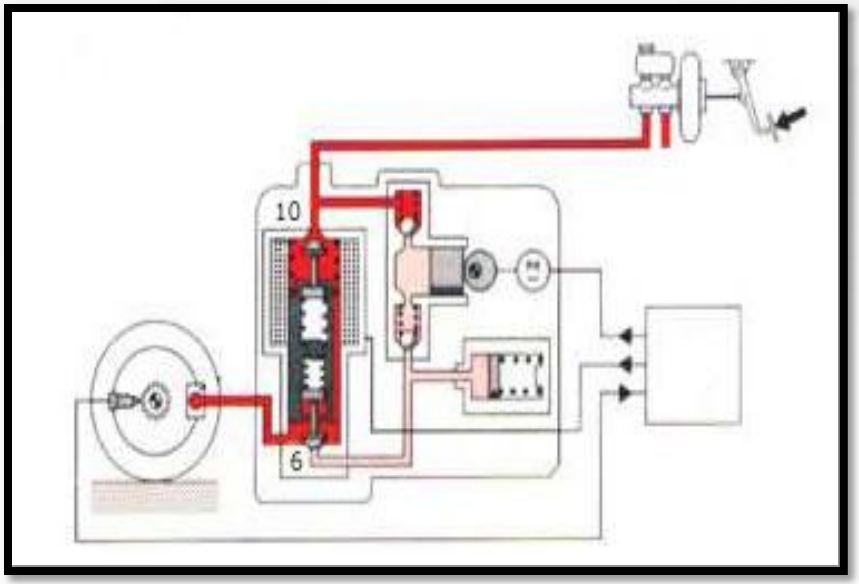
Mediante las distintas intensidades de corriente eléctrica que llegan a las electroválvulas puede mantenerse o disminuirse la presión del líquido de frenos en cada cilindro de rueda (pistón o bombín).



Sección de una electroválvula

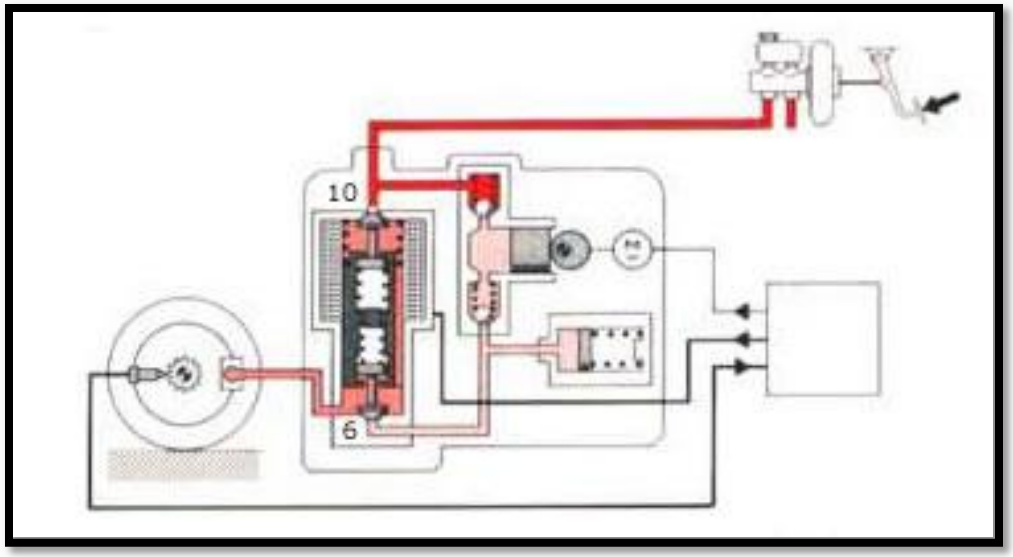


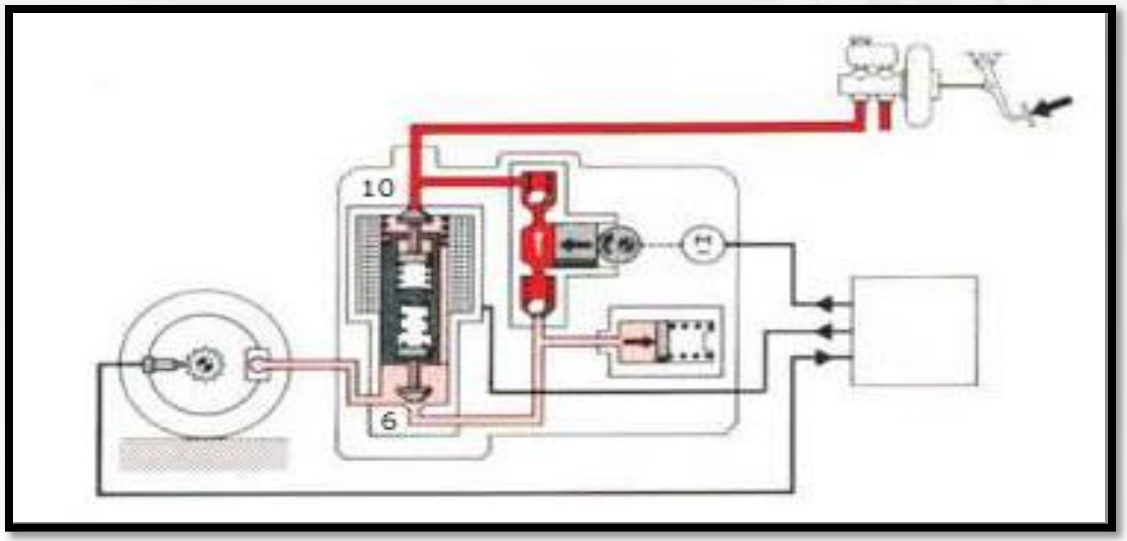
Funcionamiento del Hidrogrupo



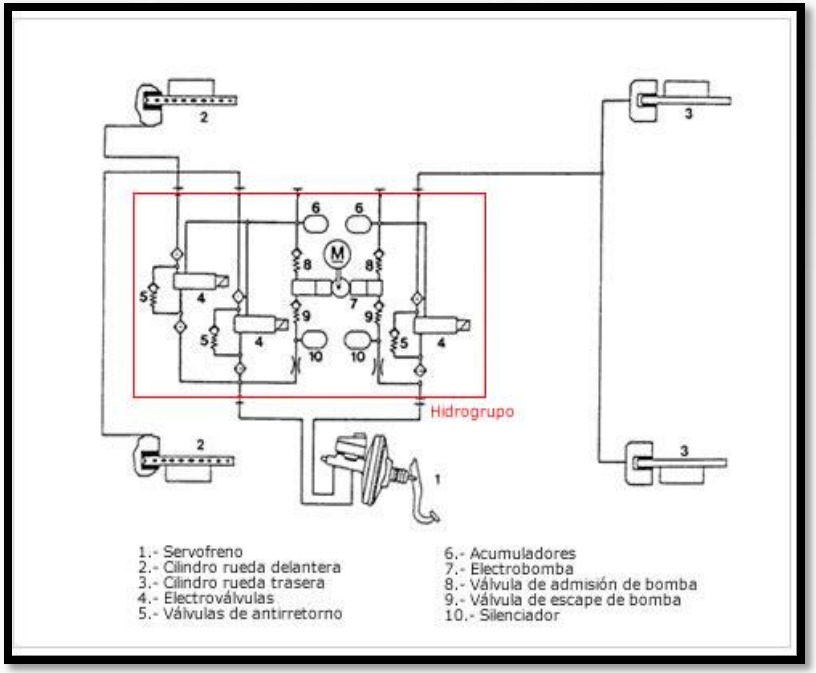
En la posición de subida de presión, no hay excitación eléctrica en la electroválvula por lo que tanto la válvula de admisión (5) como la válvula de salida (6) están abiertas permitiendo el paso de liquido (10) desde la bomba de freno hasta el paso de salida al cilindro de rueda (pistón o bombín).

En la posición de mantenimiento de presión la bobina es excitada con la mitad de la corriente máxima. El inducido o camisa se desplaza y ambas válvulas son cerradas a la vez contra sus asientos manteniendose de esta forma la presión en el circuito.

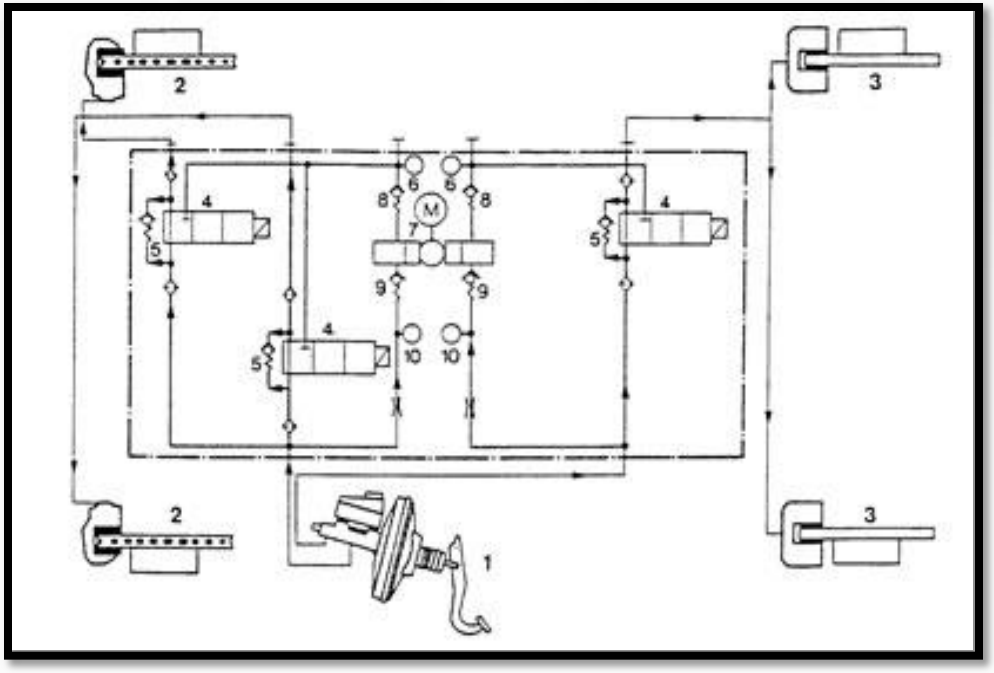




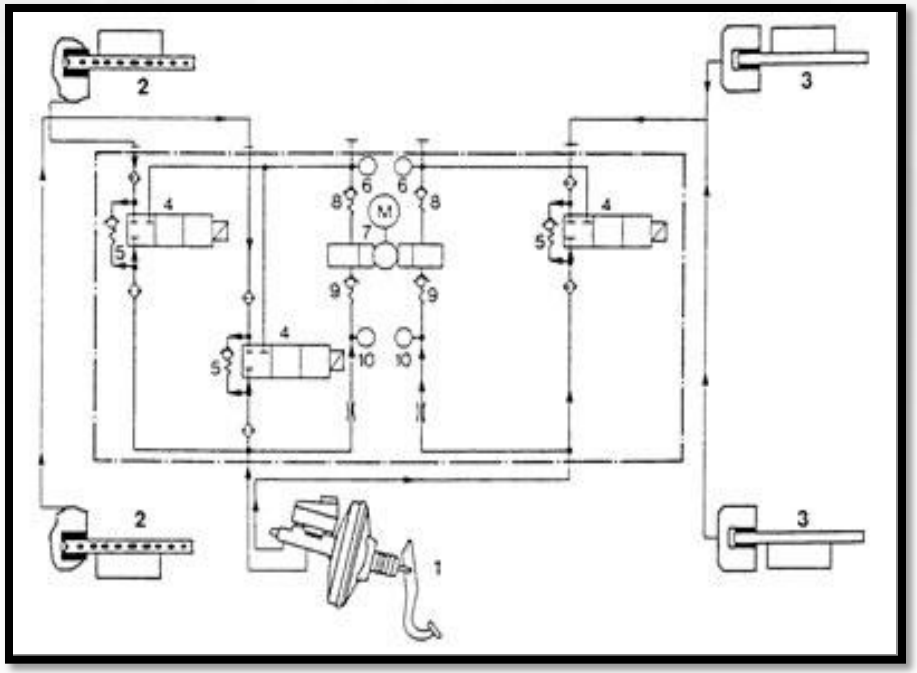
En la posición de bajada de presión la bobina es excitada con la corriente máxima produciendo en el inducido una mayor fuerza que le obliga a un desplazamiento todavía mayor que en el anterior estado. De esta forma la válvula de admisión (5) permanece cerrada y la válvula de salida (6) permanece abierta permitiendo el retorno del líquido de frenos hacia la bomba de retroalimentación y descargando el cilindro de rueda (pistón o bombín). En esta fase de funcionamiento, el conductor detecta las pulsaciones en el pedal de freno y el ruido de la bomba de exceso de presión. El acumulador atenúa estas pulsaciones y al mismo tiempo permite una descarga de presión rápida del cilindro de rueda.



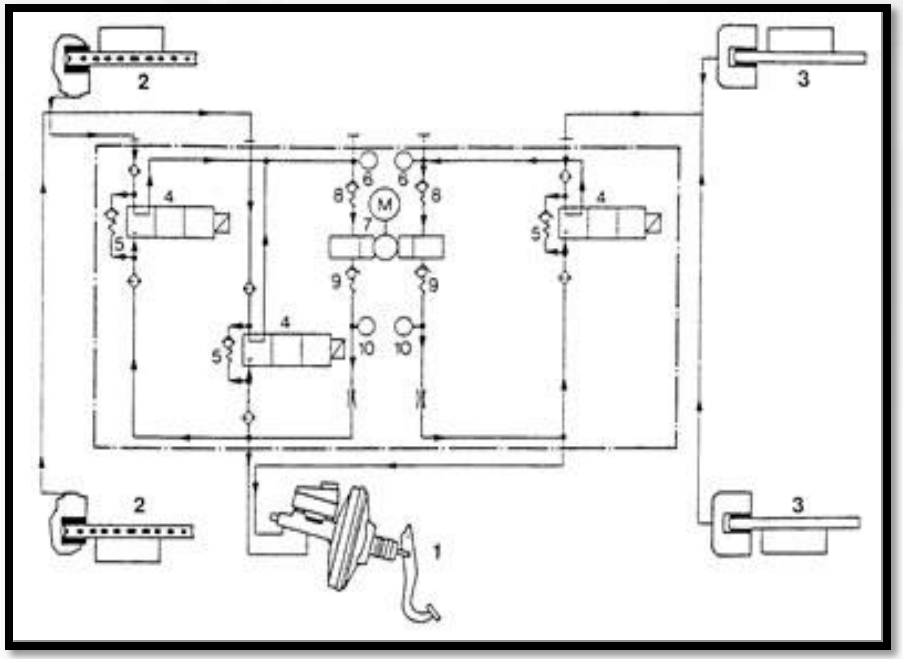
Esquema hidráulico interno del hidrogrupo



Esquema en posición de funcionamiento para aumento de presión.



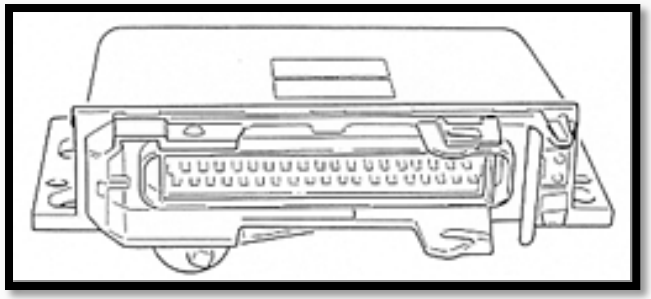
Esquema en posición de funcionamiento para mantenimiento de presión.



Esquema de posición de funcionamiento para bajada de presión.

CALCULADOR (Unidad electrónica de mando).

Recibe información de la velocidad del vehículo a través de las señales que proceden de cada uno de los captadores de rueda. Las informaciones medidas por los captadores son transformadas eléctricamente y tratadas en paralelo mediante dos microcomputadores (microprocesadores).



El calculador trabaja según el principio de la redundancia simétrica; los dos microcomputadores son diferentes, tratan la misma información y utilizan un mecanismo de cambio de información jerarquizada para comunicar. Cada microcomputador esta programado con unos algoritmos de calculo diferentes.

La diagnosis que hace un calculador cubre dos aspectos:

El primer aspecto corresponde a a las acciones que realiza el calculador de manera autónoma para verificar sus periféricos, así como su propio funcionamiento; es decir el autodiagnóstico.

La otra parte del diagnostico concierne al acceso de las informaciones o datos relativos al estado del sistema, memorizados o no, por un operador exterior; se trata del diagnostico exterior por parte del mecánico mediante el aparato de diagnosis.

El autodiagnóstico es un proceso automático que permite al calculador:

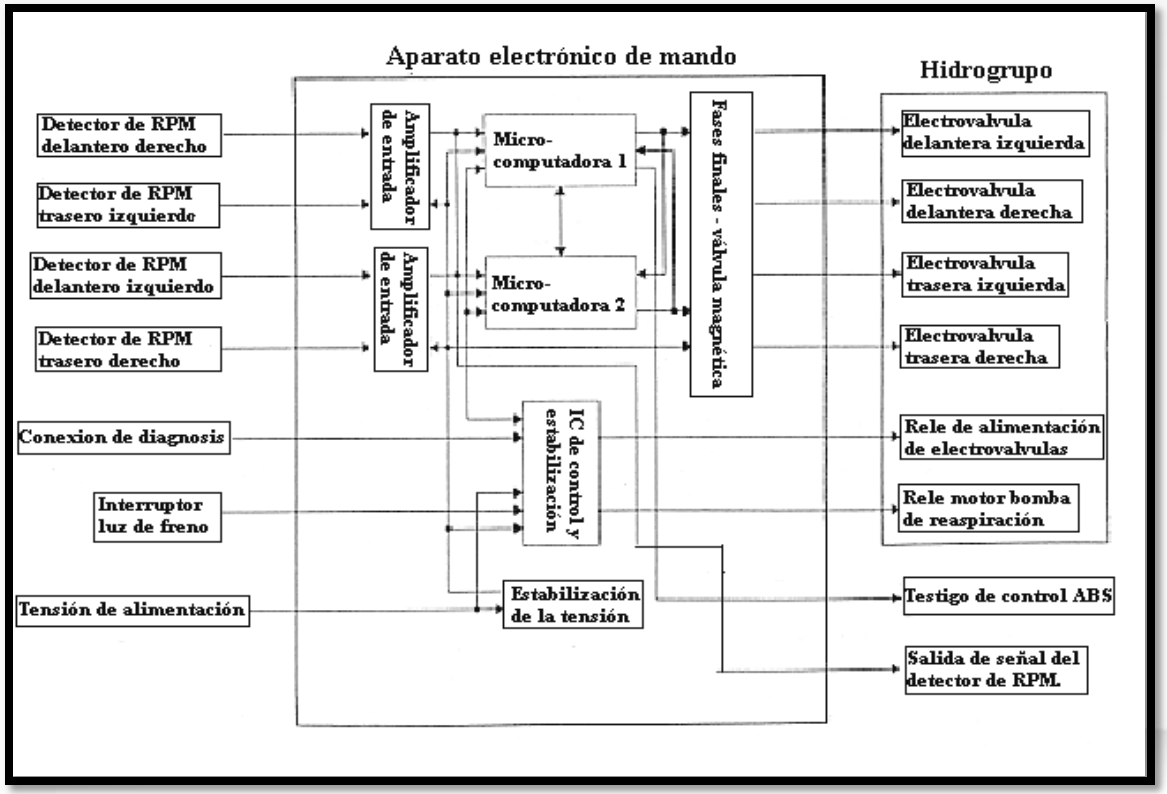
- Verificar sus periféricos.
- Adoptar una marcha, degradada prevista para cada tipo de avería detectada.
- Memorizar el o los fallos constatados en una memoria permanente con el fin de permitir una intervención posterior
- Cualquier fallo detectado por el autodiagnóstico puede quedar memorizado en una memoria permanente y conservado, incluso si no hay tensión de alimentación

En la inicialización (puesta bajo tensión), el calculador efectúa un cierto numero de tareas destinadas a verificar que el sistema esta en estado de arrancar. Son principalmente

- Tests internos del calculador.
- Tests de uniones: alimentación, relé de electroválvulas, captadores.
- Interfaces hacia el exterior.

Si estos tests, son correctos, esta fase finaliza con el apagado del testigo de fallo al cabo de 2,5 segundos.

En el esquema inferior se ve la parte interna de una unidad de control, así como las señales que recibe y envía al exterior (a sus periféricos que forman parte del sistema ABS).



Principales valores utilizados por la lógica interna del calculador.

- **Informaciones físicas (transmitidas por unas señales eléctricas).**

Velocidad de las cuatro ruedas (las cuatro ruedas pueden tener velocidades diferentes en función de las fases de aceleración o de deceleración y del estado de la calzada, etc.).

- **Información del contactor luces de stop.**

Resultados de los tests de control de funcionamiento (rotación de la bomba, estado de los captadores y estados de las electroválvulas).

- **Informaciones calculadas.**

Velocidad de referencia: Por cuestiones de precisión y de seguridad, la lógica calcula la velocidad del vehículo a partir de las velocidades de los cuatro ruedas.

Principales valores utilizados por la lógica interna del calculador.

- **Deslizamiento de las diferentes ruedas**:
El deslizamiento de una rueda es la diferencia de velocidad entre la rueda y el vehículo.

- **Aceleraciones y deceleraciones de las ruedas:**
A partir de la velocidad instantánea de una rueda (dada por el captador de velocidad), es posible calcular la aceleración o la deceleración de la rueda considerada observando la evolución de la velocidad en el tiempo.

- **Reconocimiento de la adherencia longitudinal neumático-suelo:** La lógica calcula la adherencia instantánea exacta a partir del comportamiento de las ruedas. En efecto, cada tipo de adherencia conduce a unos valores de aceleración y de deceleración que son propios.

Principales valores utilizados por la lógica interna del calculador.

•**Reconocimiento de las condiciones de rodaje:** La lógica sabe adaptarse a un cierto numero de condiciones de rodaje que es capaz de reconocer. Entre ellas citamos las principales:

- Viraje: Las curvas se detectan observando las diferencias de velocidades de las ruedas traseras (la rueda interior en un giro es menos rápida que la rueda exterior).

- Transición de adherencia (paso de alta adherencia a baja adherencia o a la inversa): los deslizamientos de las ruedas, aceleraciones y deceleraciones se toman en cuenta para reconocer esta situación.

- Asimétrica (dos ruedas de un mismo lado sobre alta adherencia y las otras sobre baja adherencia): los deslizamientos de las ruedas de un mismo lado se comparan con los deslizamientos de las ruedas del otro lado.

Principales valores utilizados por la lógica interna del calculador.

Ordenes de regulación:
La intervención decidida por la lógica se traduce en unas ordenes eléctricas enviadas a las electroválvulas y al grupo motor-bomba, según el cuadro siguiente:

0 - No alimentada con tensión
1 - Alimentada con tensión
* - Durante el primer mantenimiento, la bomba no funciona (0).
Durante los mantenimientos siguientes, la bomba funciona (1).

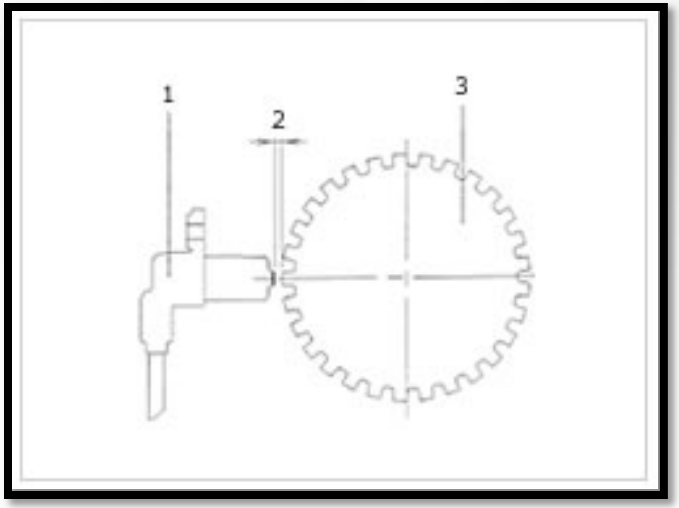
Función del contactor de las luces de stop:
La información del contactor luces de stop tiene como misión permitir abandonar el modo ABS lo mas rápidamente posible cuando sea necesario.

Ruido y confort de la regulación:
Una regulación ABS conduce a unas aperturas y a unos cierres de las electroválvulas, al funcionamiento de un grupo motor-bomba, así como a unos movimientos del liquido en un circuito cerrado, es decir, con retorno del liquido hacia la bomba de frenos.

Detectores de rueda

Los detectores de rueda o de régimen, también llamados captadores de rueda miden la velocidad instantánea en cada rueda

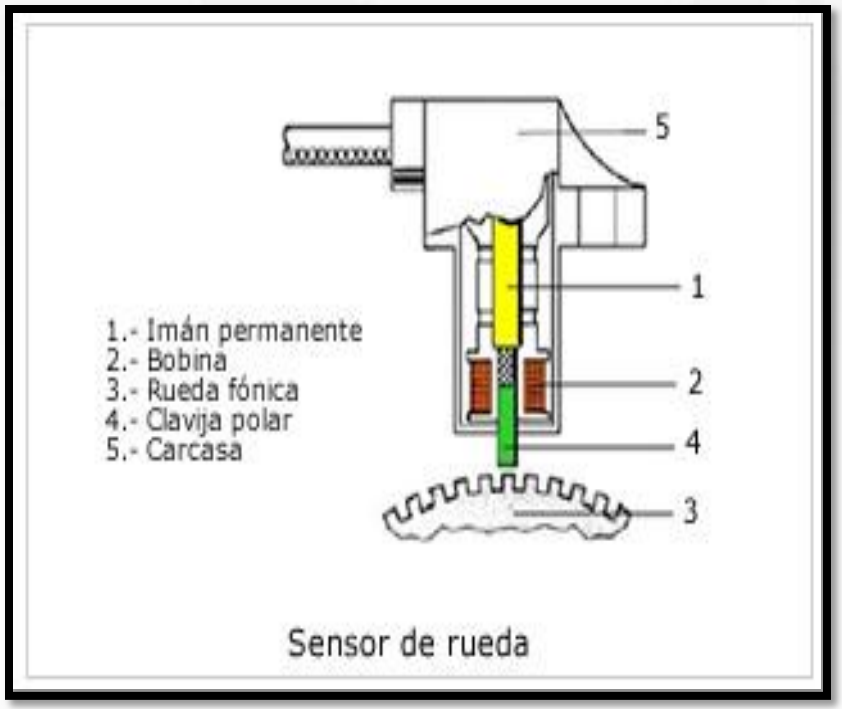
El conjunto esta compuesto (figura inferior) por un captador (1) y un generador de impulsos o rueda fónica (3) fijado sobre un órgano giratorio. La disposición puede ser axial, radial o tangencial (axial ruedas delanteras, tangencial ruedas traseras).



Para obtener una señal correcta, conviene mantener un entrehierro (2) entre el captador y el generador de impulsos. El captador va unido al calculador mediante cableado.

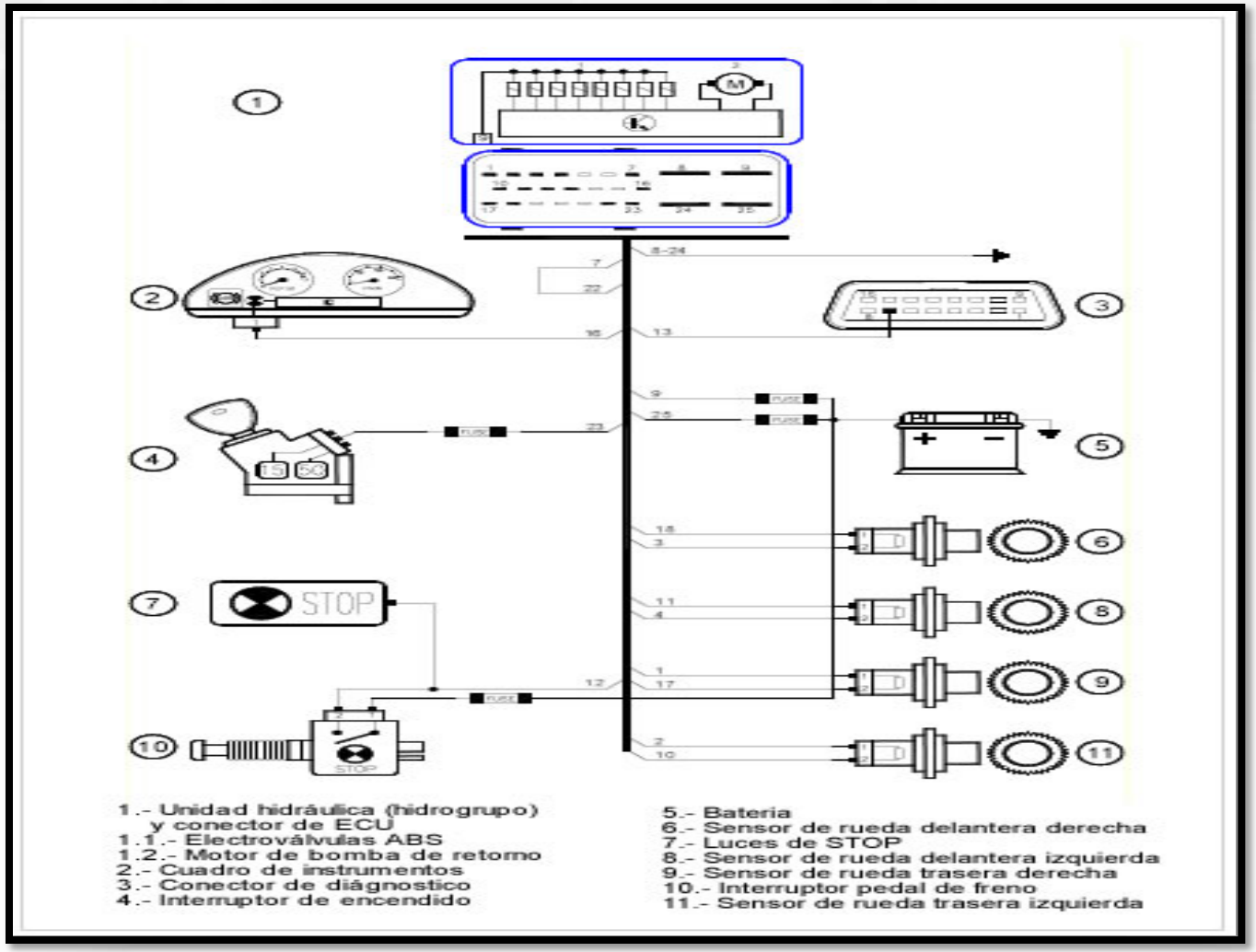
Detectores de rueda

El captador funciona según el principio de la inducción; en la cabeza del captador se encuentran dos imanes permanentes y una bobina. El flujo magnético es modificado por el desfile de los dientes del generador de impulsos. La variación del campo magnético que atraviesa la bobina genera una tensión alternativa casi sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de la rueda. La amplitud de la tensión en el captador es función de la distancia (entre-hierro) entre diente y captador y de la frecuencia.



Sensor de rueda

Detectores de rueda

En los sistemas ABS mas antiguos la unidad de control estaba separada del hidrógrafo. Mas tarde la unidad de control se integro junto al hidrogrupo formando un solo elemento, además se redujeron las dimensiones considerablemente como se ve en la figura inferior.

Esquema eléctrico