

SISTEMAS DE SUSPENSIÓN



CENTRO: I.E.S. LAURO OLMO (O BARCO DE VALDEORRAS – OURENSE-)

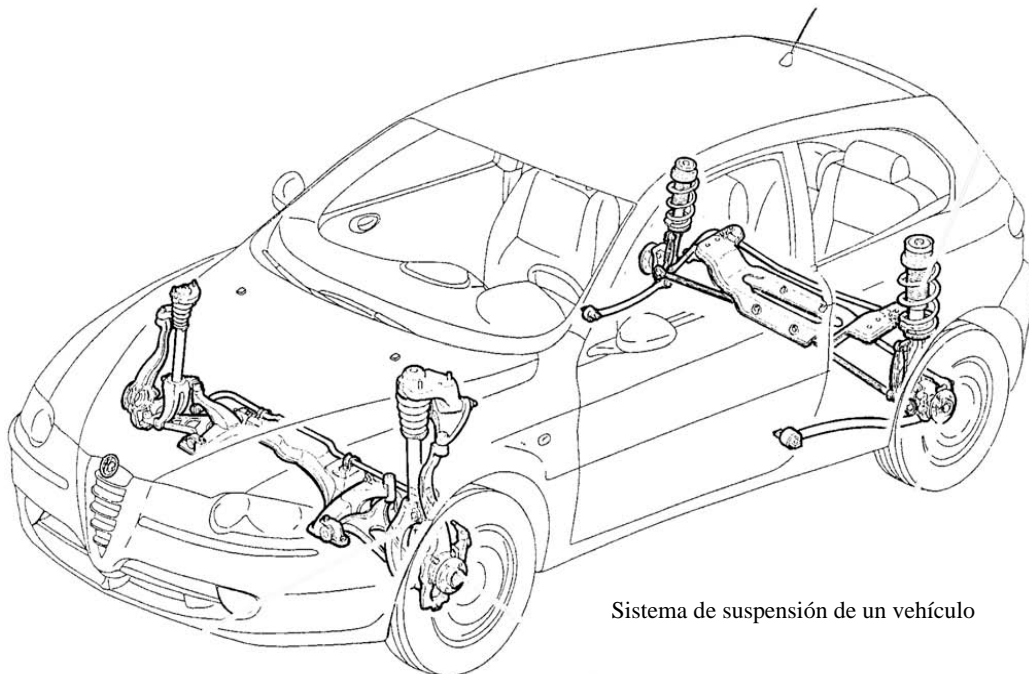
ALUMNOS: GRUPO 1, FORMADO POR:
- ANTONIO RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ
- CASIANO RODRÍGUEZ PEREZ.

1. SUSPENSIÓN.....	pag 1
1.1 MISIÓN DE LA SUSPENSIÓN.....	pag 1
1.2 ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN.....	pag 2
1.2.1 Elementos elásticos de la suspensión.....	pag 2
1.2.1.1 Ballestas.....	pag 2
1.2.1.2 Muelles helicoidales.....	pag 3
1.2.1.3 Barra de torsión.....	pag 4
1.2.2 Elementos de amortiguación de la suspensión.....	pag 4
1.2.2.1 Amortiguadores.....	pag 5
1.3 Otros elementos de la suspensión.....	pag 7
1.3.1 Barra estabilizadora.....	pag 8
1.3.2 tirantes de reacción.....	pag 9
1.3.3 Brazos transversales.....	pag 9
1.3.4 Brazos articulados.....	pag 9
1.3.5 Manguetas.....	pag 10
1.3.6 Rotulas.....	pag 10
1.3.7 Silentblocks.....	pag 10
1.4 SISTEMAS DE MONTAJE.....	pag 10
1.4.1 Suspensión delantera independiente.....	pag 10
1.4.2 Suspensión trasera.....	pag 13
1.5 SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA.....	pag 17
1.5.1 Elementos que forman el sistema.....	pag 17
1.5.1.1 Deposito.....	pag 18
1.5.1.2 Bomba de alta presión.....	pag 18
1.5.1.3 Distribuidor hidráulico.....	pag 18
1.5.1.4 Acumulador de presión.....	pag 18
1.5.1.5 Válvula de seguridad.....	pag 18
1.5.1.6 Reguladores de altura.....	pag 19
1.5.1.7 Cilindro de suspensión.....	pag 19
1.5.1.8 Esferas de suspensión.....	pag 20
1.5.2 Funcionamiento de la susp. Hidroneumática.....	pag 20
1.6 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUSPENSIÓN.....	pag 21
1.6.1 Suspensiones inteligentes o adaptables.....	pag 22
1.6.2 Últimos sistemas.....	pag 24

1. SUSPENSIÓN

➤ 1.1 MISIÓN DE LA SUSPENSIÓN

La misión del sistema de suspensión es la de hacer más cómoda la marcha a los pasajeros, evitando que las oscilaciones del terreno se transmitan a la carrocería, contribuyendo también a la estabilidad del vehículo, mejorando la adherencia y la respuesta de la dirección.



Sistema de suspensión de un vehículo

La suspensión debe cumplir dos propiedades importantes: elasticidad y amortiguación. La primera con el fin de evitar que las desigualdades del terreno se transmitan al vehículo en forma de golpes secos y la segunda para impedir un balanceo excesivo de la carrocería manteniendo los neumáticos en contacto con el terreno.

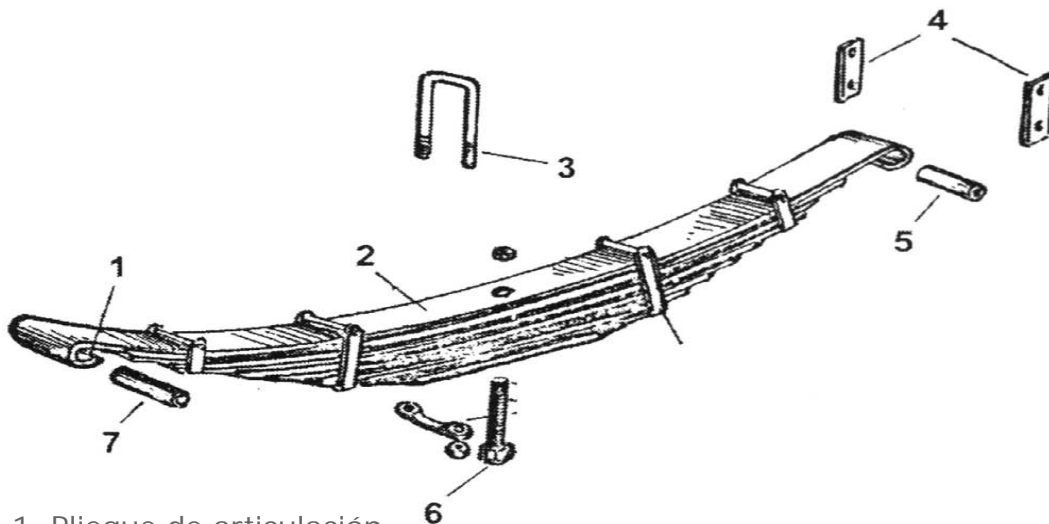
➤ **1.2 ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN**

Todo sistema de suspensión debe disponer de un conjunto elástico, formado por ballestas, muelles helicoidales o barra de torsión y otro de amortiguación formado por los amortiguadores.

• **1.2.1 Elementos elásticos de suspensión:**

○ **1.2.1.1 Ballestas:**

Están constituidas por un conjunto de hojas o laminas de acero especial para muelles, unidas mediante unas abrazaderas, que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando éstas se deforman por el peso que soportan. La hoja superior, llamada hoja maestra, va curvada en sus extremos, formando unos ojos en los que se montan unos casquillos para su acoplamiento al soporte del bastidor, por medio de pernos o bulones. El número de hojas y su espesor están en función de la carga que han de soportar. Todas las hojas se unen en el centro mediante un tornillo pasante con tuerca, llamado “capuchino”.



1. Pliegue de articulación.
2. Hoja maestra.
3. Perno en U.
4. Gemelas.
5. Casquillo.
6. Pitón.
7. Casquillo.

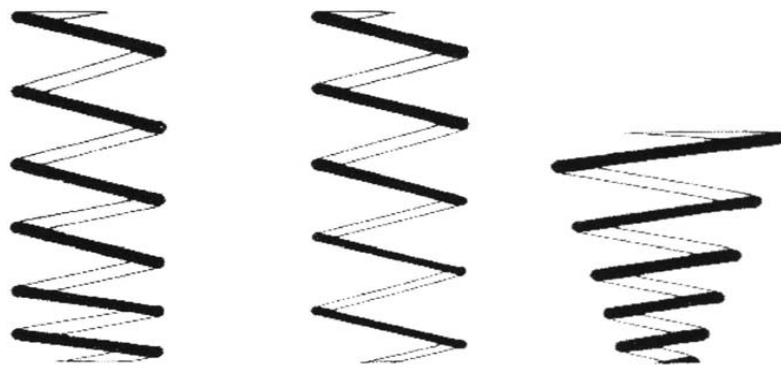
La ballesta que presenta cierta curvatura, tiende a ponerse recta al subir la rueda con las irregularidades del terreno, aumentando así su longitud. Por este motivo su unión al chasis deberá disponer de un sistema que permita el alargamiento. Este dispositivo se coloca generalmente en la parte trasera de la ballesta y consiste en la adopción de una gemela que se une al chasis por medio de un tornillo pasante. Además en el ojo de la ballesta se coloca un casquillo elástico, llamado *silentblock*, formado por dos manguitos de acero unidos entre si por un casquillo de caucho, que se interpone a presión entre ambos, así el silentblock actúa como articulación para movimientos pequeños, sin que se produzca ruido ni requiera engrase.

Esta disposición de montaje admite el alargamiento de la ballesta y las variaciones de la curvatura, que se producen por las oscilaciones a las que se ve sometido el vehículo.

○ **1.2.1.2 Muelles helicoidales:**

Están constituidos por una varilla de acero de entre 10 y 15 mm generalmente, enrollado en forma de hélice. Sus espiras se hacen planas para obtener un buen asiento. El diámetro del muelle varía en función de la carga que tiene que soportar.

La flexibilidad del muelle depende del diámetro de la varilla utilizada, del número de espiras, del ángulo de



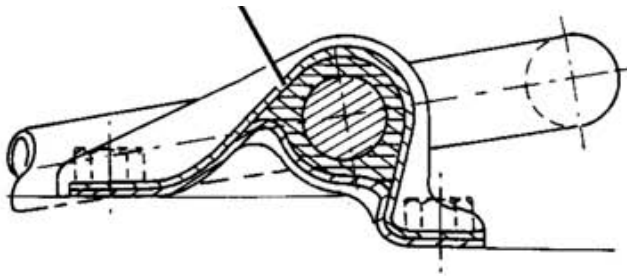
inclinación de las mismas, del diámetro del muelle y de la calidad del acero empleado.

Dependiendo de las características constructivas del muelle, la suspensión se comportara de diferente forma. Por ejemplo, muelles helicoidales cónicos, en los que el

diámetro va disminuyendo progresivamente, se consigue flexibilidad progresiva, a medida que se comprime el muelle.

○ **1.2.1.3 Barras de torsión:**

Su funcionamiento esta basado en el principio de que, si a una varilla de acero elástico, sujeta por uno de sus extremos, se le aplica en el otro un esfuerzo de torsión, la varilla tenderá a retorcerse, volviendo a su forma primitiva, por su elasticidad, cuando cese el esfuerzo de torsión.



El montaje de esas barras de torsión es el siguiente: se fija uno de sus extremos al chasis o a la carrocería de forma que no

pueda girar en su soporte y en el otro extremo se coloca una palanca solidaria a la barra, unida en su extremo libre al eje de la rueda así cuando esta suba o baje por las irregularidades del terreno, se producirá un esfuerzo de torsión, cuya deformación elástica permite el movimiento de la rueda.

Las barras de torsión se pueden disponer paralelamente al eje longitudinal del vehículo o transversalmente.

• **1.2.2 Elementos de amortiguación de la suspensión:**

Estos elementos se encargan de absorber las oscilaciones de los muelles, evitando que se transmitan a la carrocería.

Cuando el vehículo encuentra un obstáculo o bache, la rueda comprime o alarga el muelle, recogiendo este la energía producida en la oscilación, pero , al no tener

capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente, rebotando sobre la carrocería, ya que es el único elemento móvil del sistema. Este rebote en forma de oscilaciones es el que tiene que frenar el amortiguador, recogiendo en primer lugar el efecto de compresión y luego de extensión del muelle, actuando de freno en ambos sentidos.

○ **1.2.2.1 Amortiguadores:**

Se pueden clasificar en diferentes tipos:

1.- Según su sentido de trabajo

1.1.- Amortiguadores de simple efecto: amortiguan en un sentido

1.2.- Amortiguadores de doble efecto: amortiguan en extensión y compresión.

2.- Según el fluido de amortiguación

2.1.- Amortiguadores de gas

2.2.- Amortiguadores hidráulicos

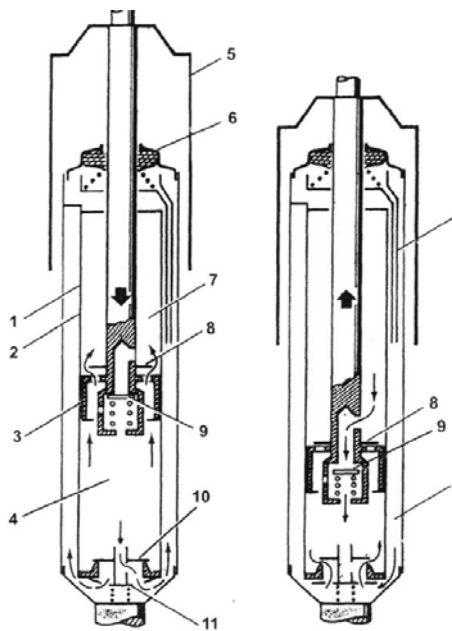
Los **amortiguadores de doble efecto** hidráulicos y telescópicos son los más utilizados, están formados por dos tubos concéntricos, sellados por el extremo superior con el retén, a través del cual pasa el vástago, determinado en el extremo de fuerza por el anillo, que se une al bastidor, y que lleva un tercer tubo abierto, denominado cubrebarros. El vástago termina en el pistón, con orificios calibrados y válvulas dentro del tubo interior. En el extremo del tubo interior se encuentran válvulas de amortiguación en compresión. El amortiguador se une mediante una articulación de fijación al eje o rueda.

Los elementos más importantes son:

- El pistón: controla los esfuerzos de frenado de extensión

- Las válvulas: controlan los esfuerzos de frenado en compresión.
- El reten: evita la fuga de aceite

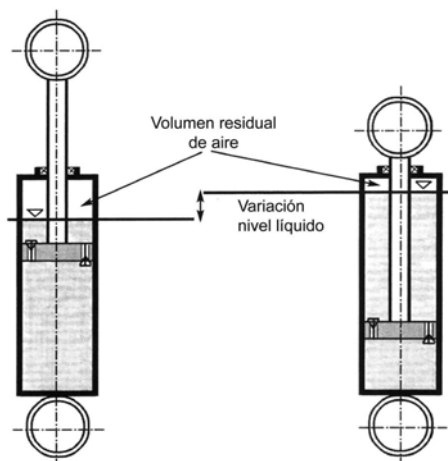
Su funcionamiento es el siguiente: cuando el amortiguador se comprime, parte del aceite que se encuentra en la cámara intermedia pasa a la cámara superior, a través de las válvulas situadas en el pistón. El resto del aceite pasa a la cámara inferior, a través de las válvulas, que limitan el paso de aceite, amortiguando la compresión.



1. Cilindro de trabajo.
2. Depósito de compensación.
3. Émbolo.
4. Cámara a presión durante la fase de compresión.
5. Funda de protección.
6. Tuerca de cierre con junta de estanqueidad.
7. Cámara a presión durante la fase de extensión.
8. Válvula de trasvase.
9. Válvula de extensión.
10. Válvula de compresión.
11. Válvula de compensación.
12. Conducto de retorno del aceite trefilado.

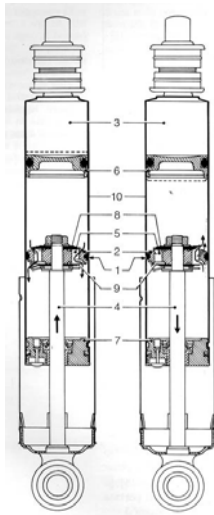
Cuando se produce el efecto de expansión, el aceite pasa de la cámara superior y de la cámara inferior a la cámara intermedia a través de las válvulas. El paso por las válvulas produce el efecto de amortiguación en expansión.

La diferencia que existe con respecto a los **amortiguadores de simple efecto**



consiste en que estos últimos solo amortiguan en un sentido, es decir cuando se produce el efecto de expansión o compresión, el aceite situado en las cámaras no circula a través de los pasos calibrados; por tanto no amortiguan en uno de los sentidos.

El amortiguador de gas se basa en el movimiento de un pistón en un tubo lleno de aceite, que, en uno de los extremos tiene una pequeña cantidad de nitrógeno a alta presión (25 bares). Un pistón flotante separa el gas del aceite, evitando que ambos se mezclen.



1. Junta de estanqueidad émbolo/cilindro.
2. Émbolo de trabajo.
3. Gas comprimido.
4. Vástago.
5. Orificios de paso aceite.
6. Émbolo separador gas-aceite.
7. Guía vástago.
8. Válvulas de extensión.
9. Válvulas de compresión.
10. Cilindro de trabajo.

El funcionamiento del amortiguador de gas es el siguiente:

Cuando el pistón desplaza el aceite, por medio del pistón flotante, asegura una respuesta instantánea y un funcionamiento mas silencioso de las válvulas del pistón. Además con esta presión se evitan los fenómenos que provocan la aparición de espuma en el aceite, que pueden hacer ineficaz la amortiguación.

➤ 1.3 OTROS ELEMENTOS DE LA SUSPENSIÓN

El resto de los elementos que componen la suspensión se pueden clasificar en:

1.- Elementos que mejoran el comportamiento de la suspensión

1.1.- Barras estabilizadoras

1.2.- Tirantes de reacción

1.3.- Barras Transversales

2.- Elementos constructivos

2.1.- Brazos articulados

2.2.- Manguetas

2.3.- Rótulas

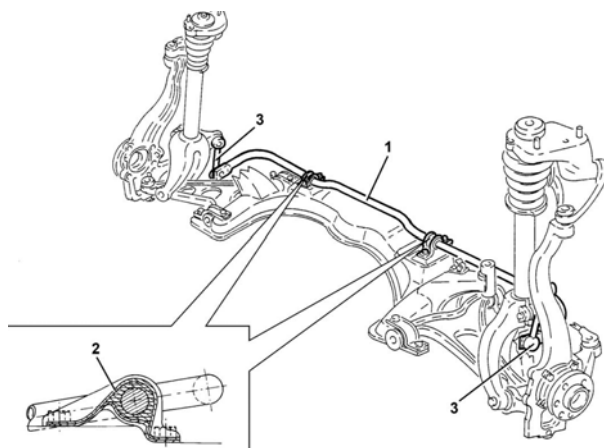
2.4.- *Silentblocks*

- **1.3.1 Barras estabilizadoras**

Cuando el vehículo toma una curva, la acción de la fuerza centrífuga carga el peso del coche sobre las ruedas exteriores, con lo que la carrocería tiende a inclinarse hacia ese lado, con peligro de vuelco.

Con el fin de evitar esto, se montan barras estabilizadoras sobre los ejes, que consisten en una barra de acero elástico cuyos extremos se fijan a los soportes de suspensión de las ruedas; de esta manera, al tomar una curva, como una de las ruedas tiende a bajar y la otra a subir, se crea un efecto de torsión en la barra que absorbe el esfuerzo e impide que la carrocería se incline a un lado. El mismo efecto ocurre cuando una de las ruedas encuentra un bache u obstáculo.

Para la suspensión delantera, el montaje se puede realizar de dos formas, bien anclando los extremos de la barra a los brazos de suspensión o bien mediante bieletas a



las columnas de suspensión (para

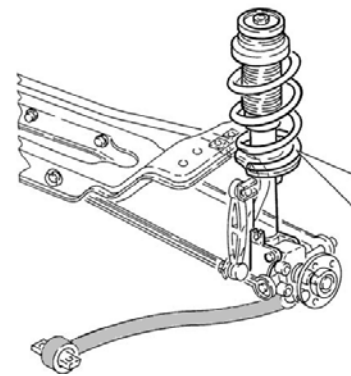
suspensiones McPherson). Además la barra se sujeta a la carrocería por *silentblocks*.

La barra estabilizadora actúa por tanto evitando los balanceos laterales, por ello también recibe el nombre de barra antibalanceo.

- **1.3.2 Tirantes de reacción:**

Estos son barras de acero que se encargan de sujetar longitudinalmente los elementos de la suspensión, evitando que en las aceleraciones o frenadas, el conjunto de la suspensión se desplace hacia delante o hacia atrás.

En las suspensiones acompañan a los brazos articulados tipo barra o a los ejes rígidos.



Tirante de reacción (sombreado)

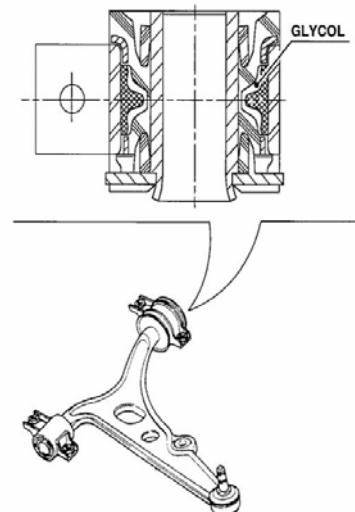
- **1.3.3 Barras transversales:**

Son barras de acero que se encargan de sujetar transversalmente las suspensiones por eje rígido, evitando que se desplace el eje en las curvas. Además, deben permitir las oscilaciones del puente para conseguir la amortiguación.

- **1.3.4 Brazos articulados:**

Se sitúan entre la carrocería y la mangueta, pudiendo montarse sobre la parte superior o inferior de la suspensión. Su misión es mejorar el guiado del neumático y permitir su oscilación.

Se fabrica de chapa de acero, ya sean en forma de triángulo o tipo barra. La sujeción a la carrocería se efectúa mediante *silentblocks* y, a la mangueta, mediante rótulas.



- **1.3.5 Mangueta:**

Sirve de apoyo a las ruedas directrices y las permite girar; la unión de la mangueta con el resto de los elementos de la suspensión se hace por medio de rótulas que posibilitan el movimiento de orientación de las ruedas a la par que los movimientos verticales causados por la suspensión.

Estos elementos se fabrican de acero de alta resistencia al choque.

- **1.3.6 Rotulas:**

Son elementos de unión que posibilitan el giro de las piezas en varias direcciones. Están constituidos por una bola de acero situada en el interior de un cuerpo metálico por medio de dos soportes de nylon que permiten el giro de la bola por acción del vástago unido a ella. Además disponen de un muelle q hace q la bola se ajuste a sus soportes si n holguras. El vástago va roscado por su parte superior con una tuerca almenada, que lo sujeta a los elementos de suspensión. La tuerca va asegurada mediante un pasador para evitar que se afloje.

- **1.3.7 Silentblocks:**

Son elementos elásticos de unión fabricados de caucho, cuya función es la de absorber las vibraciones de la suspensión y evitan que se transmitan a la carrocería. Solo permiten el giro de los brazos de la suspensión.

➤ **1.4 SISTEMAS DE MONTAJE:**

Según el tipo de elementos empleados y de su forma de montaje, existen varios sistemas de suspensión, todos ellos basados en el mismo funcionamiento: un sistema elástico y otro de amortiguación.

- **1.4.1 Suspensión delantera independiente:**

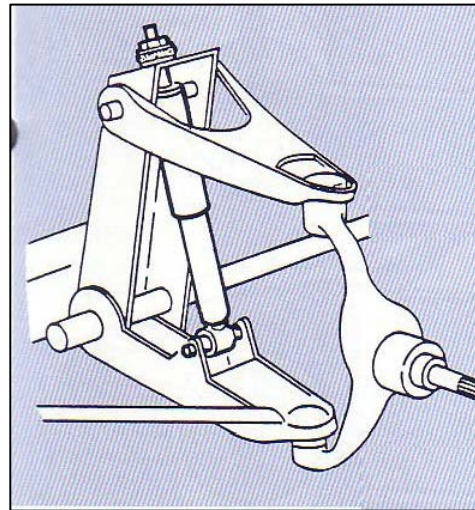
La mayoría de los vehículos han adoptado para las ruedas delanteras, la suspensión independiente en cada rueda, que impide que se comuniquen de una rueda a otra los choques y vibraciones, permaneciendo en mejor contacto con el terreno.

Entre los sistemas más empleados en la actualidad podemos destacar los dos siguientes:

- Suspensión por trapecio articulado
- Suspensión tipo *McPherson*

Suspensión por trapecio articulado:

Está formado por los brazos articulados por un extremo al chasis en los ejes de giro, mediante silentblocks, y por el extremo opuesto a la mangueta, con interposición de las rótulas sobre las que la mangueta puede girar para orientar la rueda. Entre el brazo y el chasis, se interpone el muelle, que absorbe las

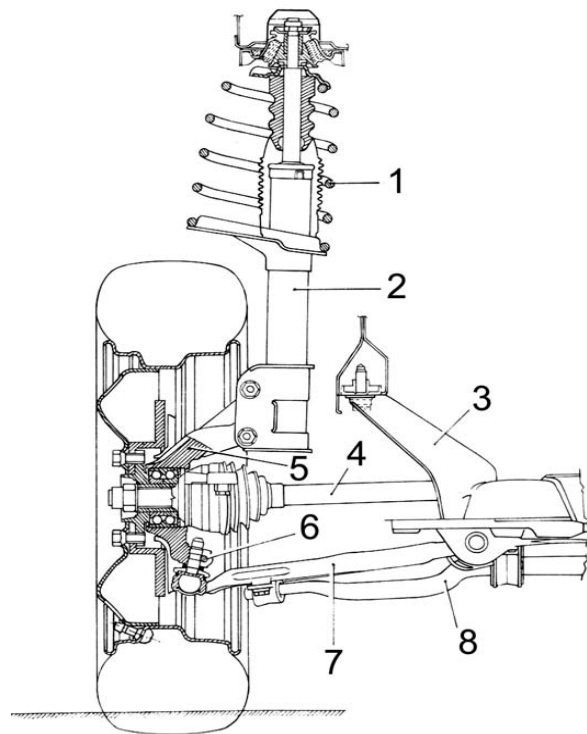


irregularidades de la carretera. Por su interior, pasa el amortiguador que se une también al brazo y al chasis por medio del soporte. El brazo inferior, al ser tipo barra, debe ir posicionado longitudinalmente al vehículo con ayuda de un tirante de reacción.

Cuando la rueda sube, debido a las desigualdades del terreno, levanta la mangueta, que eleva los brazos por sus extremos. El movimiento del brazo comprime el muelle, que se opone a este movimiento. El amortiguador atenúa las oscilaciones debidas al disparo del muelle cuando la rueda pasa el obstáculo que la obligó a levantarse.

Suspensión tipo Mcpherson:

1. Muelle helicoidal.
2. Amortiguador.
3. Elementos estructurales de la carrocería.
4. Eje de transmisión.
5. Montante.
6. Rótula de arrastre.
7. Brazo transversal.
8. Barra estabilizadora



Este es el sistema mas utilizado en la actualidad para la suspensión delantera independiente. Consiste en un brazo

inferior, que se articula por el extremo al chasis en y por el otro a la mangueta, con interposición de una rótula. La parte superior de la mangueta, en vez de unirse a otro brazo como en el sistema anterior, lo hace aquí al tubo, que constituye el amortiguador, el cual dispone un plato soporte en el que se apoya el muelle, que se acopla, por su parte superior, en el platillo, sujeto al chasis por medio de la fijación superior del amortiguador, con interposición del taco elástico. De esta manera, los movimientos verticales de la rueda son absorbidos por el muelle, cuyas oscilaciones atenúa el correspondiente amortiguador. Este sistema tiene la ventaja de que el ángulo que forman las ruedas con el suelo varía muy poco en cualquier circunstancia.

Otra característica importante es que el conjunto formado por el amortiguador y el muelle gira al orientarse la rueda, dado su enlace directo con el portamangueta. Por esta razón, se hace necesario disponer un cojinete axial en el extremo superior del amortiguador, en el acoplamiento a la carrocería.

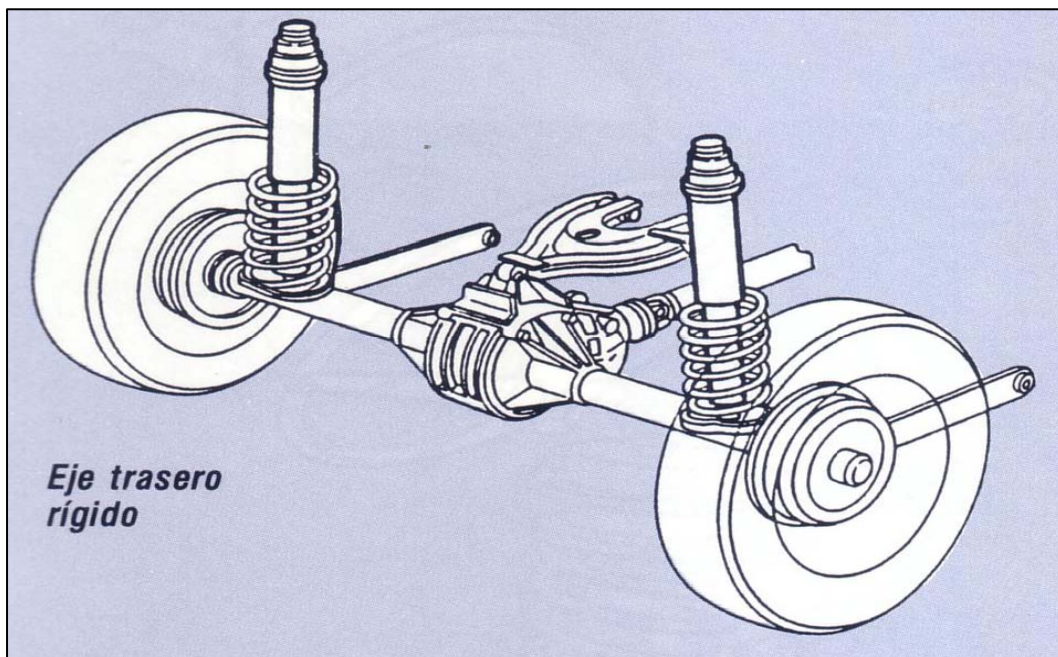
- **1.4.2 Suspensión trasera**

Existen tres formas de suspensión para las ruedas traseras:

- a) Suspensión con eje rígido
- b) Suspensión con eje torsional o semirígido
- c) Suspensión independiente

a) Suspensión con eje rígido

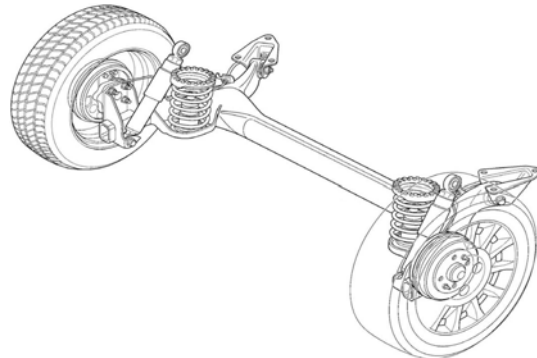
En este sistema se dispone de un eje trasero rígido con suspensión por muelles helicoidales, amortiguadores y barras de torsión. En estos casos, se hace imprescindible



el montaje de unos tirantes, que enlazan el eje trasero con la carrocería para mantenerlo en posición. Completa el sistema un brazo central unido también a la carrocería, que limita los movimientos transversales del eje, pero que permiten su movimiento de amortiguación. Estos tres brazos disponen de articulaciones elásticas en las uniones al eje y a la carrocería, que permiten los movimientos verticales, sin que se produzcan ruidos y sin necesidad de engrase.

b) Suspensión con eje torsional o semirigido

En este sistema, los brazos forman cuerpo con la traviesa y el conjunto se fija al chasis, con interposición de casquillos elásticos de gran flexibilidad y tamaño. En los extremos posteriores de ambos brazos se



acoplan los conjuntos de muelle y amortiguador, que realizan la función de suspensión. Con este sistema se dispone, al mismo tiempo, de la robustez de un eje trasero rígido y de la elevada sensibilidad de una suspensión independiente. La traviesa que enlaza ambos brazos trabaja a torsión, realizando una función estabilizadora en la marcha del vehículo.

c) Suspensión trasera independiente.

Los sistemas de suspensión independiente se basan en la utilización de brazos o tirantes y muelles helicoidales o barras de torsión y amortiguadores en diferentes combinaciones, entre las que se encuentran:

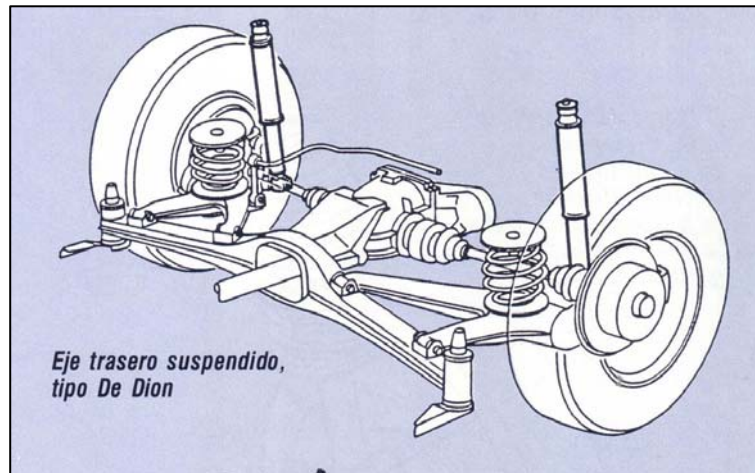
- Brazos oscilantes y muelle
- Brazos oscilantes y McPherson
- Brazos oscilantes y barras de torsión
- Multibrazo

Suspensión de brazos oscilantes y muelle:

Este sistema está compuesto básicamente por tres elementos: un amortiguador, un muelle helicoidal y un brazo articulado. El brazo va sujeto a la carrocería mediante dos

silentblocks, que permiten el giro. El amortiguador y el muelle se sujetan al brazo y a la carrocería, pudiendo ser concéntricos o desplazados.

Si el vehículo dispone de tracción trasera, se le añade un subchasis para sujetar el diferencial trasero, pero el sistema de suspensión no varía. El subchasis servirá, a



su vez, como soporte de los brazos de suspensión.

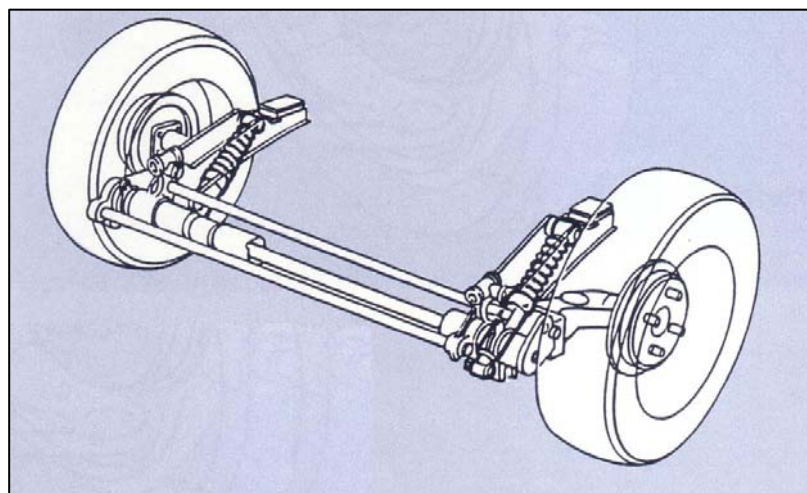
Existen dos variantes de este sistema, en función de la posición del eje de giro; si es perpendicular al eje del vehículo, se denomina suspensión arrastrada; si el eje es inclinado, se trata de una suspensión semiarrastrada.

Suspensión de brazos oscilantes y McPherson:

Este sistema es una variante del anterior, caracterizado por la disposición de muelles helicoidales y amortiguadores en un montaje típico McPherson.

Suspensión de brazos oscilantes y barras de torsión:

En este sistema, se sustituyen los muelles helicoidales por barras de torsión independientes para cada rueda. Se compone de un brazo



oscilante fijado al tubo, que se articula y une al chasis por medio de los soportes. En el interior del tubo, se aloja la barra de torsión, unida al propio tubo por un extremo, y por el otro se fija al soporte por medio de uniones estriadas. Este soporte, a su vez, está anclado al chasis.

En otros casos, las barras de torsión de ambos lados quedan en prolongación una de otra, emplazadas en el interior del eje trasero, formado por los tubos, que se incrusta uno en el otro, apoyándose en los cojinetes de fricción. Cada uno de los brazos de suspensión, que se articulan en los soportes por medio de casquillos elásticos. Estos soportes, a su vez, están fijados al chasis y a ellos se estrían las barras de torsión por su extremo exterior, mientras por el interior se estrían a sus respectivos tubos.

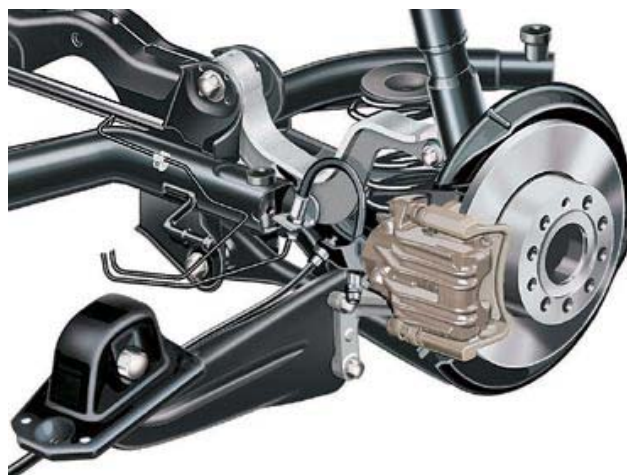
Suspensión multibrazo:

El término multibrazo indica que la suspensión tiene varios brazos o elementos de sujeción. Los sistemas multibrazo son esencialmente paralelogramos deformables; es decir, sistemas en los que la rueda está unida al bastidor en distintos niveles.

Con este tipo de suspensión, se obtienen las siguientes ventajas:

- Menor inclinación
- Mayor adherencia, al modificar constantemente su ángulo de caída, proporcionando mayor contacto con el asfalto.

En la figura siguiente, se representa una suspensión trasera multibrazo.



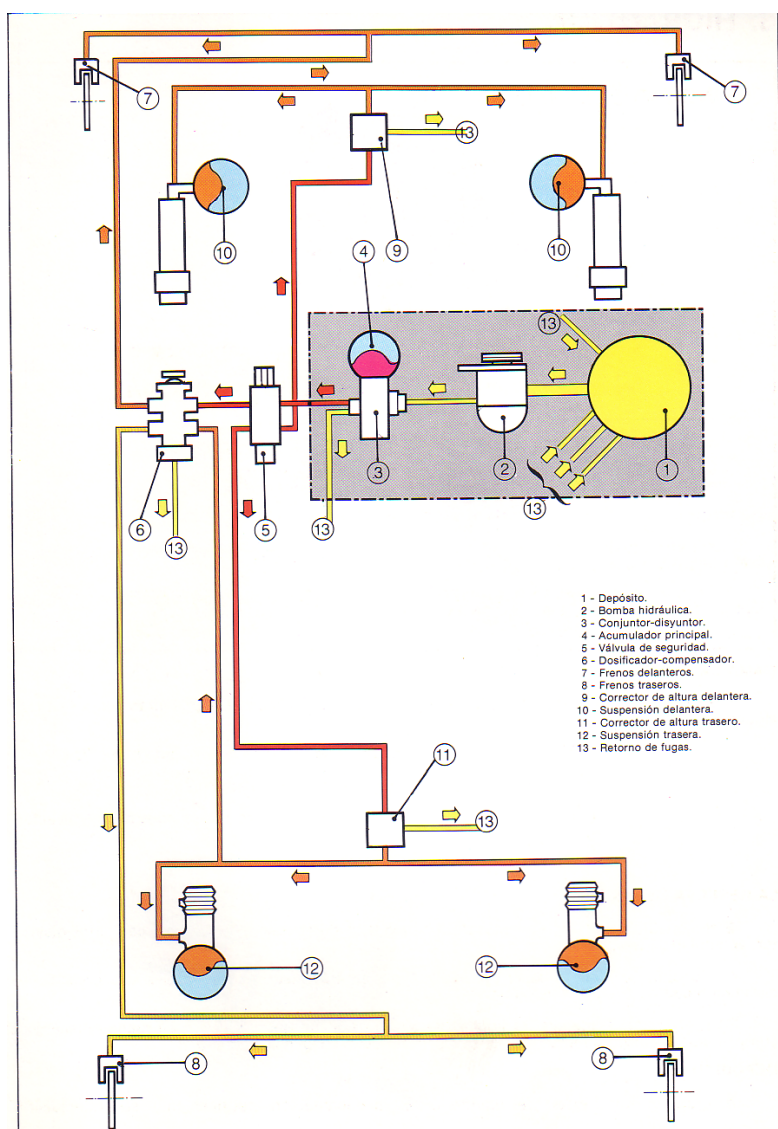
➤ **1.5 SUSPENSIÓN HIDRONEUMÁTICA**

Este tipo de suspensión (característica de Citroën) basa su funcionamiento en la utilización de un gas, nitrógeno, y un líquido, aceite, como sistema de suspensión.

• **1.5.1 Elementos que forman el sistema:**

El sistema se compone de los elementos que aparecen en el siguiente dibujo:

El aceite es recogido del depósito (1) por la bomba (2) y mandado a presión hacia el distribuidor (3). Este lo envía hacia el acumulador de presión (4), cuando no es necesario en el circuito, o a la válvula de seguridad (5), que siempre da presión al circuito de frenos y de dirección asistida. Cuando



- 1 - Depósito.
- 2 - Bomba hidráulica.
- 3 - Conjuntor-disyuntor.
- 4 - Acumulador principal.
- 5 - Válvula de seguridad.
- 6 - Dosificador-compensador.
- 7 - Frenos delanteros.
- 8 - Frenos traseros.
- 9 - Corrector de altura delantera.
- 10 - Suspensión delantera.
- 11 - Corrector de altura trasera.
- 12 - Suspensión trasera.
- 13 - Retorno de fugas.

la presión es baja, la válvula de seguridad corta el paso de aceite hacia la suspensión.

El aceite pasa de la válvula de seguridad a los reguladores de altura (9) y (11). Uno funciona para el eje delantero y otro para el trasero, y sirven, a su vez, de paso hacia los cilindros de suspensión (8) que son los encargados de subir o bajar la altura de la carrocería, en función de la presión del aceite que llega de los reguladores de altura. Los reguladores y el distribuidor necesitan retornos de aceite hacia el depósito para su correcto funcionamiento.

○ **1.5.1.1 Depósito:**

Se encarga de almacenar el aceite de la suspensión para que pueda ser utilizado por el circuito. Además, dispone de un medidor de nivel que avisa al conductor de la falta de aceite en el depósito. Va colocado en el habitáculo del motor.

○ **1.5.1.2 Bomba de alta presión:**

Es de pistones accionados por un plato inclinado que desplaza los pistones alternativamente al girar. Es accionada por el motor mediante una correa.

○ **1.5.1.3 Distribuidor hidráulico:**

Se encarga de mantener la presión en el acumulador dentro de los límites establecidos:

- a) Una presión mínima necesaria para el funcionamiento del circuito
- b) Una presión máxima para el almacenamiento de aceite a presión.

○ **1.5.1.4 Acumulador de presión:**

Es una esfera semejante a las de suspensión, que suministra líquido a presión de manera proporcionada a los consumos del circuito. Al almacenar líquido a presión, permite que la bomba de alta presión obtenga tiempos en los que trabaja en vacío.

○ **1.5.1.5 Válvula de seguridad:**

Este tipo de suspensión se monta en combinación con el sistema de frenos y de dirección asistida, que requieren un método de seguridad que actúe cuando la presión en

el circuito sea baja, de forma que los sistemas de frenos y de dirección asistida estén alimentados.

Su funcionamiento se basa en aislar, eventualmente, los circuitos de suspensión de la bomba de lata presión.

Está compuesta por cuatro bocas, una de llegada de presión, otra de alimentación de los sistemas de freno y dirección asistida y otras dos de alimentación de los correctores de altura. Estas dos últimas están obturadas por un eje distribuidor cuando la presión que llega de la bomba es baja.

A medida que va aumentando la presión en el circuito, tienen prioridad de alimentación los frenos y la dirección asistida.

Cuando la presión es suficiente para vencer la acción del muelle del eje distribuido, este se desplaza, para dejar pasar el aceite hacia los correctores de altura.

○ **1.5.1.6 Reguladores de altura:**

Mantienen la altura del vehículo constante, cualquiera que se a la variación de presión en el circuito. En el circuito van colocados dos, uno por cada eje, accionados por los elementos de la suspensión.

Un regulador de altura se compone de un eje distribuidor, que, en función de su posición, pone en comunicación los conductos de entrada de presión, cilindro de suspensión y retorno al depósito, variando la presión dentro de las esferas de suspensión.

○ **1.5.1.7 Cilindros de suspensión:**

Transmiten los movimientos de la suspensión al gas contenido en las esferas de suspensión.

Están compuestos por un pistón, que recibe movimiento de los brazos de suspensión, deslizándose por el interior de un cilindro lleno de aceite, que es empujado hacia las esferas, comprimiendo el gas.

○ **1.5.1.8 Esferas de suspensión:**

Tienen forma esférica y se fabrican en chapa embutida. En su interior, se coloca una membrana que forma dos cavidades, una llena de nitrógeno y otra de aceite.

Cuando el aceite no tiene presión, el gas ocupa todo el volumen, pegando la membrana contra la pared. Si el aceite adquiere presión, la membrana ocupa cierta posición y el nitrógeno se comprime.

Cuando existe consumo del líquido, el nitrógeno se expansiona para compensar estas variaciones y la membrana deformable ocupa una nueva posición de equilibrio.

La entrada y salida de aceite a las esferas de suspensión es controlada por los amortiguadores. Son de doble efecto y están ubicados en las esferas de suspensión.

La amortiguación se obtiene frenando el paso de líquido entre el cilindro y la esfera, o viceversa, por un sistema de válvulas deformables (laminillas), que obturan los orificios de paso.

El orificio calibrado del cuerpo del amortiguado permite el paso directo del aceite del circuito hacia la esfera, o viceversa, consiguiendo disminuir el efecto de amortiguación en pequeños movimientos.

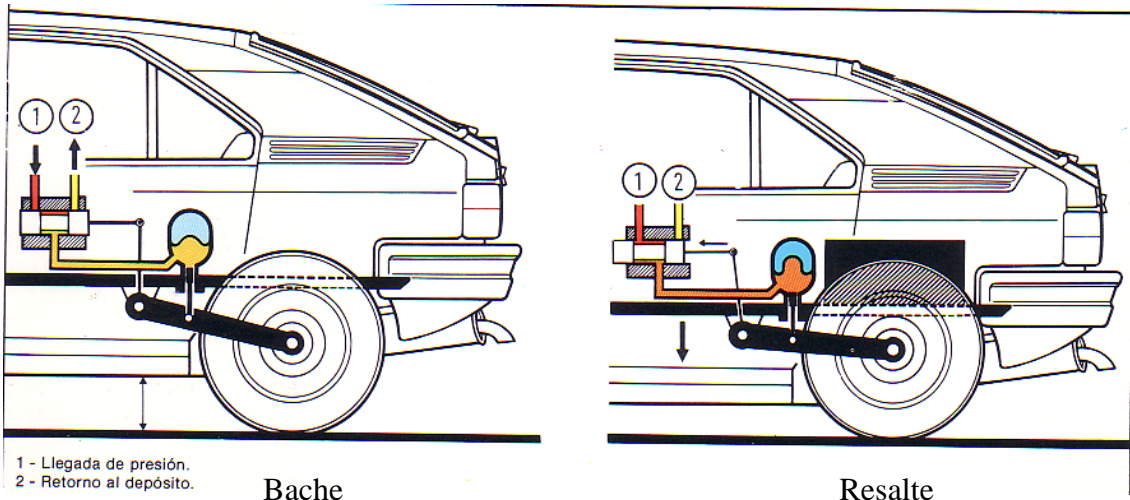
● **1.5.2 Funcionamiento de la suspensión hidroneumática:**

El funcionamiento es el siguiente: cuando no hay movimiento de la suspensión, en las esferas, el gas (nitrógeno) y el aceite están sometidos, por una parte y otra de la

membrana, a una presión idéntica. Esta presión está determinada por el peso soportado por cada eje del vehículo.

Cuando una rueda encuentra un obstáculo, el pistón se desliza en su cilindro, de tal manera que:

- a) Si encuentra un resalte, el aceite que contiene el cilindro es empujado hacia la esfera y, por tanto, el gas se comprime.
- b) Si encuentra un bache, el gas se expande el aceite que hay en la esfera pasa al cilindro.



➤ 1.6 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE SUSPENSIÓN:

Los cambios en los sistemas de suspensión van encaminados a hacer variables su rigidez y conseguir, en función de las condiciones de marcha del vehículo, la suspensión más apropiada, en confort y estabilidad.

Las evoluciones mas importantes han sido las suspensiones inteligentes o adaptables.

- **1.6.1 Suspensiones inteligentes o adaptables:**

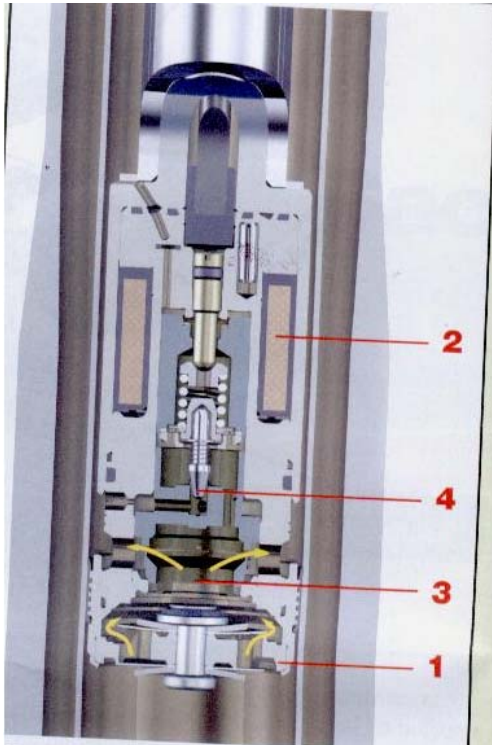
En estos sistemas, se puede variar la dureza del amortiguador, haciéndolo mas blando para asegurar un mayor confort o mas duro para favorecer el rendimiento dinámico del vehículo (mejorando su estabilidad de frenada y aceleración). Todas estas suspensiones constan de una unidad electrónica de control, amortiguadores con electroválvulas y una serie de sensores, que informan a la unidad de control sobre los siguientes datos: velocidad, posición del volante, aceleración del vehículo, etc.

Según los datos recibidos, la unidad de control envía señales a las electroválvulas situadas en cada amortiguador. Cuando las electroválvulas están abiertas, permiten el paso del aceite del amortiguador por un canal adicional, obteniéndose una amortiguación mas blanda. Si las electroválvulas se cierran, se suprime el paso adicional de aceite, consiguiendo una suspensión mas dura.

Hay sistemas de este tipo que permiten al usuario la opción de seleccionar la posición más dura mediante un interruptor (conducción deportiva), o liberar al sistema para que funcione automáticamente.

A continuación, se describen los elementos que componen una suspensión inteligente:

a) **Microprocesador:** Recibe la información de los diferentes sensores y actúa en consecuencia sobre los cuatro amortiguadores regulando su dureza.



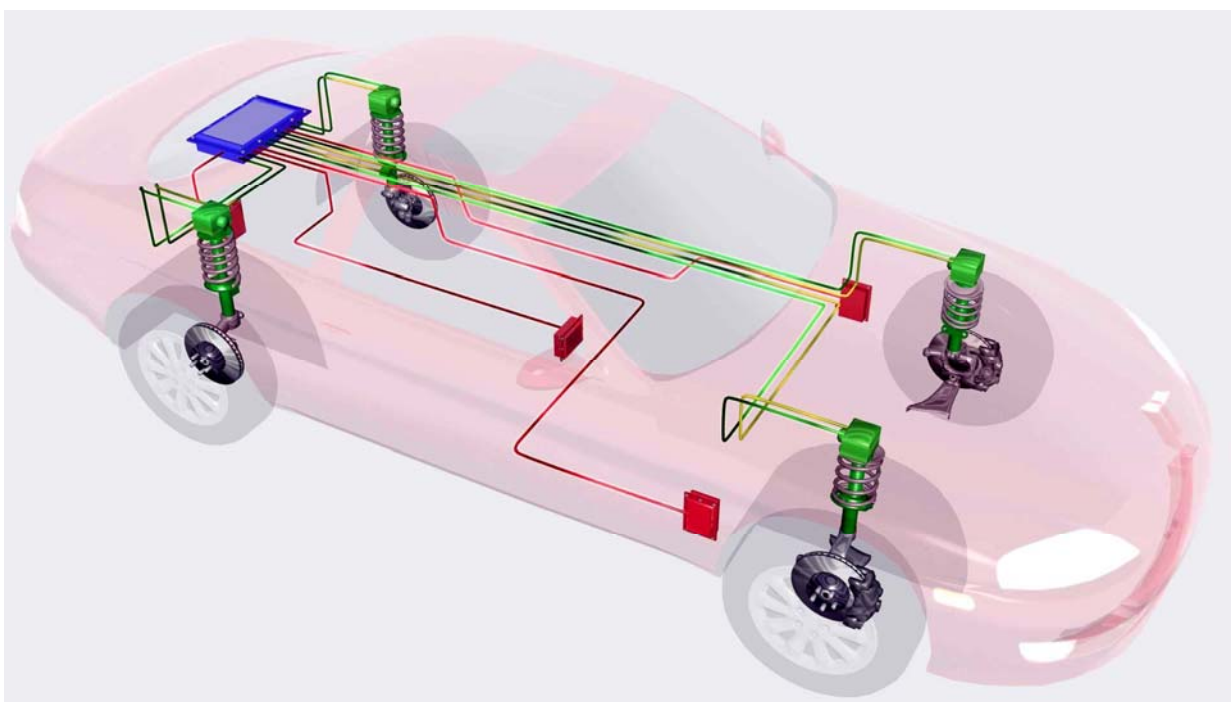
1. Válvula mecánica
2. Solenoide de actuador
3. Válvula de tarado *comfort*
4. Válvula de tarado *sport*

b) **Amortiguadores:** Disponen de unas válvulas solenoides, que abren y cierran un tubo en derivación. Estas se corresponden con los diferentes tipos de ajustes del amortiguador.

c) **Interruptor de selección:** El interruptor le sirve al conductor para seleccionar el tipo de amortiguación que desee, dejándolos fijos en una posición o eligiendo el modo automático. En el segundo caso, modo automático, el microprocesador adaptará constantemente la suspensión, dependiendo de los datos que reciba de los diferentes sensores.

d) **Sensores:** El sistema dispone de seis sensores:

1. **Sensores de giro de volante y rapidez de giro:** Determinan si el vehículo está tomando una curva, estableciendo una suspensión dura, o circula en línea recta, proporcionando una suspensión blanda.



2. Acelerómetro vertical: Mide el desplazamiento vertical del vehículo, ya que, un automóvil con la amortiguación blanda tiende a despegar el los rasantes. En estos casos sería necesaria una suspensión dura.

3. Detector de velocidad: A baja velocidad, los pasajeros demandan confortabilidad (suspensión blanda); a alta, se requiere estabilidad (suspensión dura).

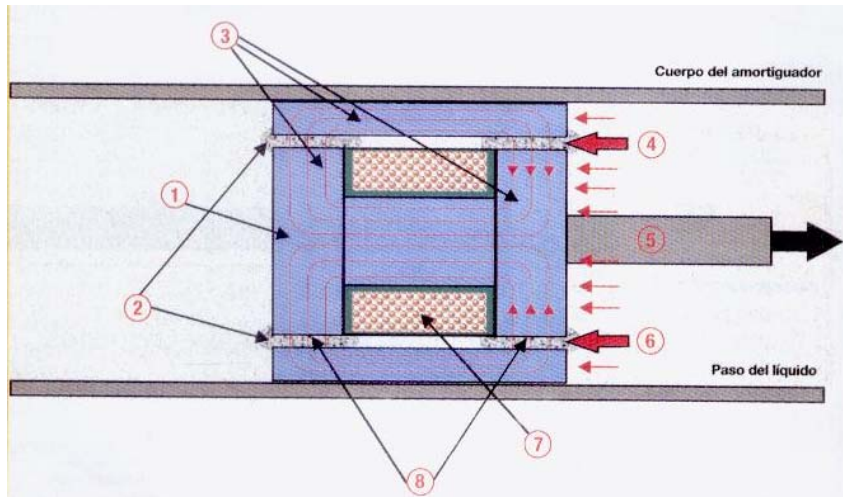
4. Detector de aceleración y deceleración: En la aceleración y en los frenazos, el vehículo cabecea, inclinándose la carrocería por la parte delantera o trasera. Esto se evita endureciendo la suspensión de cada eje durante breves momentos, al frenar o acelerar.

5. Sensor de activación del control de tracción: Aquellos vehículos que disponen de control de tracción, avisan a la suspensión de que se ha activado, lo que indica que el vehículo ha perdido adherencia. Cuanto menor sea la adherencia, más dura tendrá que ser la suspensión.

- **1.6.2 Últimos sistemas: Amortiguadores electrorreológicos:**

Estos amortiguadores están basados en la utilización de un fluido magnetoreológico.

Un campo magnético es ejercido sobre un fluido para modificar sus características físicas. Este líquido es una suspensión de partículas magnéticas en un



1. pistón
2. zona de depresión
3. líneas de fuerzas magnéticas
4. zona de compresión
5. varilla de amortiguador
6. cámara superior
7. bobina electromagnética
8. zona de efecto reológico

aceite sintético. Las características de fluidez (y por tanto de circulación) disminuyen al pasar por el campo magnético.

Sin aplicación de corriente las partículas metálicas se dispersan y el líquido adquiere una gran fluidez. Cuando la corriente está aplicada, las partículas se alinean y el líquido es menos fluido, su circulación queda frenada en los pasos del pistón.

La variación de la corriente eléctrica del sistema permite variar proporcionalmente la resistencia a la circulación del líquido. El amortiguador no tiene válvulas móviles. Su mecánica integrada es un sistema monotubo de alta presión (principio De Carbón), está simplificada. Se reduce a un pistón fijado a la varilla, que integra el electroimán.

El mando del electroimán puede variar hasta 1000 veces por segundo. Asociado a una gestión semi – activa, este sistema es más eficaz que los actuales sistemas semi – activos de válvulas, más ruidosos y limitados a un cambio de estado cada 0,02 segundos.

El pistón integra una bobina de bajo consumo eléctrico (1,5 A), pero el volumen ocupado es más importante que el de un pistón tradicional. Más pesado, se aprovecha de

la integración de esta técnica en un amortiguador monotubo. En su beneficio, el pitón no tiene piezas móviles, lo cual es garantía de una eficacia constante.

