

La suspensión

en el

automóvil

Sergio de Santos García
Miguel Lázaro Blanco

Centro Específico de Formación Profesional
Valladolid

La suspensión

La suspensión del automóvil la componen un conjunto de elementos cuya *misión principal es mantener el automóvil de la forma más estable sea cual sea las condiciones que se desarrollen*, y de esta manera *transmitir el menor numero de vibraciones u oscilaciones del vehículo a sus ocupantes*. Sus dos cualidades principales son la elasticidad y amortiguación.

EL primer componente encargado de absorber las “pequeñísimas” irregularidades del terreno es el neumático, a su vez también absorben las vibraciones generadas, de las vibraciones más fuertes producidas ya se encarga el propio sistema de amortiguación del vehículo.

Gracias al avance de la electrónica y la electricidad la calidad y efectividad de dichos dispositivos se ha agravado enormemente en nuestros días, ya que el confort es una de las nuevas pautas que los clientes buscan a la hora de la compra de un vehículo.

Uno de los conceptos clave que hay que tener en cuenta a la hora de hablar de la suspensión es la definición de peso suspendido y peso no suspendido:

- **Peso suspendido:** es el debido a los mecanismos soportados por el chasis o bastidor del vehículo.
- **Peso no suspendido:** es el formado por los propios órganos de la suspensión (amortiguadores, neumáticos, llantas, trapecios, manguetas, etc.)

➤ Fundamentos teóricos de la suspensión en el automóvil.

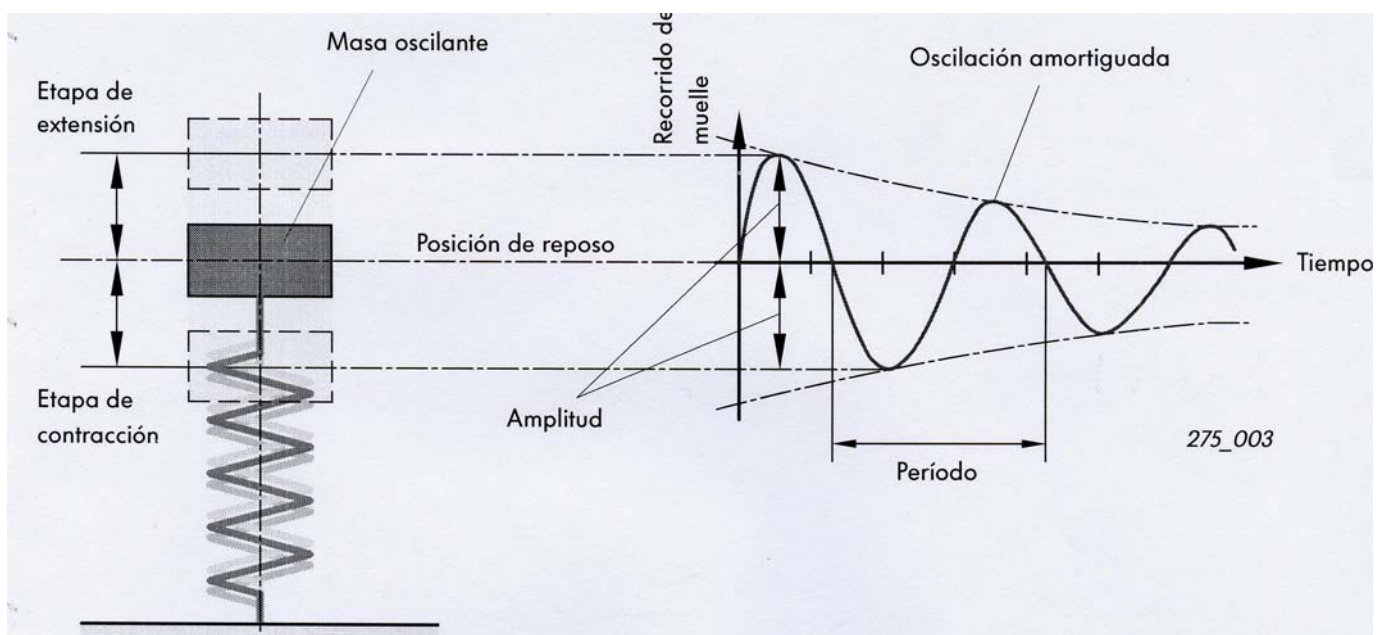
La suspensión en el automóvil esta basada principalmente en un movimiento oscilatorio.

Dicho movimiento es el que efectúa el vehículo al atravesar por una zona defectuosa o realización de maniobras demasiado rápidas.

Para comprender básicamente el movimiento oscilatorio, existen unas definiciones fundamentales que hay que tener en cuenta:

- **Oscilación:** movimiento ascendente y descendente de una masa. Ejemplo: carrocería del vehículo
- **Amplitud:** distancia máxima de oscilación de una masa respecto a su posición de reposo. Ejemplo: carrera del muelle
- **Período:** duración del ciclo de una oscilación completa
- **Frecuencia:** numero de oscilaciones transcurridas en la unidad de tiempo (un segundo)
- **Amortiguación:** describe la disminución progresiva de las oscilaciones

En el dibujo adjunto se puede observa una gráfica en la cual se ven representados varias de las definiciones, tales como la amplitud, el periodo, la amortiguación y el tiempo. Sabiendo el valor de estas se podrían obtener otras tales como la frecuencia.

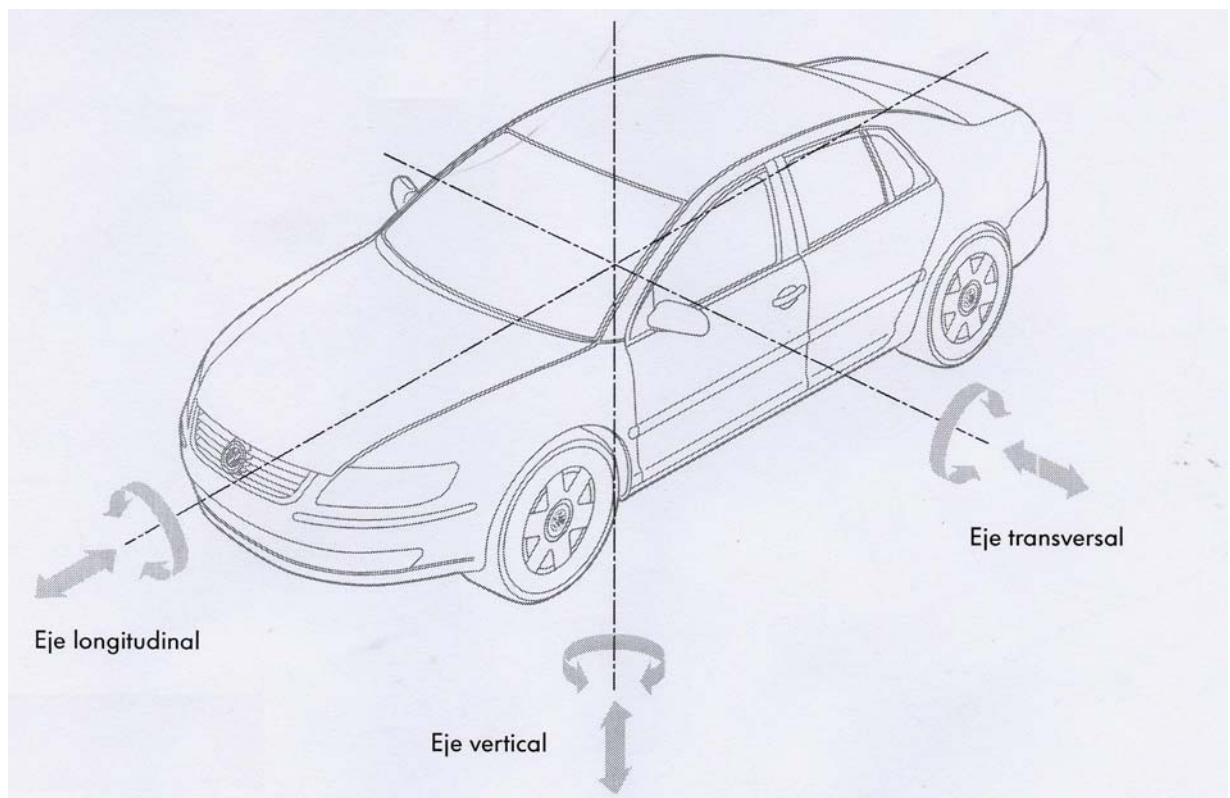


El movimiento oscilatorio (el cual se intenta reducir por medio del sistema de amortiguación de un vehículo) se puede manifestar en el automóvil de tres maneras diferentes:

1. Eje longitudinal del vehículo: en dicho eje se pueden producir sacudidas, basculamientos y balanceos.

2. Eje vertical del vehículo: dichas oscilaciones se producen al realizar virajes bruscos o a muy alta velocidad.
3. Eje transversal del vehículo: origina cabeceos. Muy característicos son los que se producen en frenadas fuertes y aceleraciones bruscas.

En el siguiente dibujo se representa un vehículo junto con sus tres ejes para facilitar la comprensión de los movimientos descritos anteriormente:



Evolución histórica.

Al igual que los coches han ido evolucionando, sus diferentes sistemas han debido seguir esta misma evolución. A continuación realizaré un breve paso por las suspensiones más utilizadas en los “antiguos” modelos de vehículos, relatando sus características más importantes y una breve descripción de su funcionamiento.

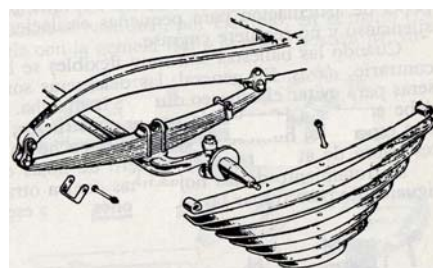
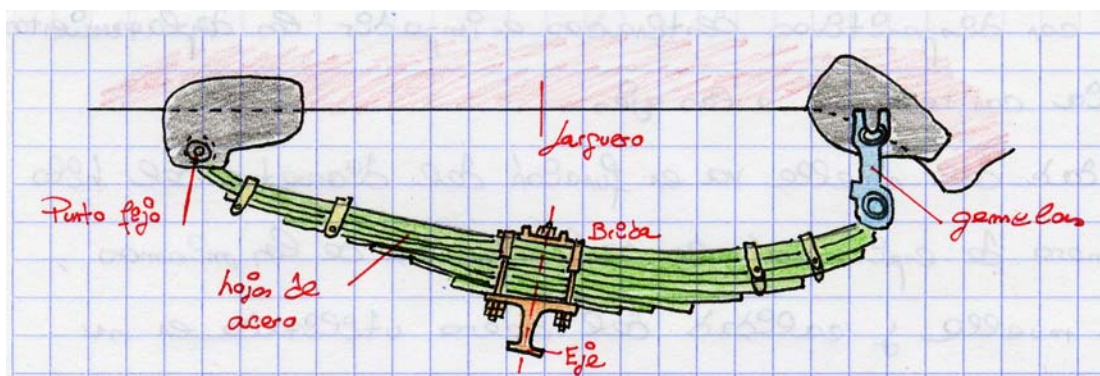
- Las ballestas:

Es un elemento de suspensión que normalmente se utilizaba en vehículos muy pesados tales como todo-terrenos, o vehículos dotados de puente trasero rígido.

Se compone de una serie de hojas metálicas cada vez de menor longitud que se mantienen aplicadas unas contra otras. La hoja superior (la más larga) acaba en forma de dos orificios y se llama maestra, y la siguiente abraza parcialmente dichos orificios. Todas las hojas se mantienen apiladas mediante la ayuda de dos bridas, y en algunas ocasiones están atravesadas en su parte central por un tornillo llamado capuchino. Las propiedades de las ballestas dependen de la longitud y sección de las hojas, del número de ellas y del material de fabricación.

La ballesta se une al chasis en un punto fijo de la carrocería a través de un bulón pasante por uno de los orificios de la hoja maestra, y mediante unas “gemelas” por el otro punto de la ballesta a la carrocería. Las gemelas (mediante un movimiento de balanceo) son las encargadas de permitir la elongación de las hojas cuando la ballesta absorbe las irregularidades del terreno, estas suelen estar situadas en la parte trasera de la ballesta. Las transmisiones se unen en la parte central de las ballestas por medio de bridas. Así queda configurado este sistema de suspensión.

En la figura adjunta, se representa un sistema de suspensión tipo ballestas y su despiece:



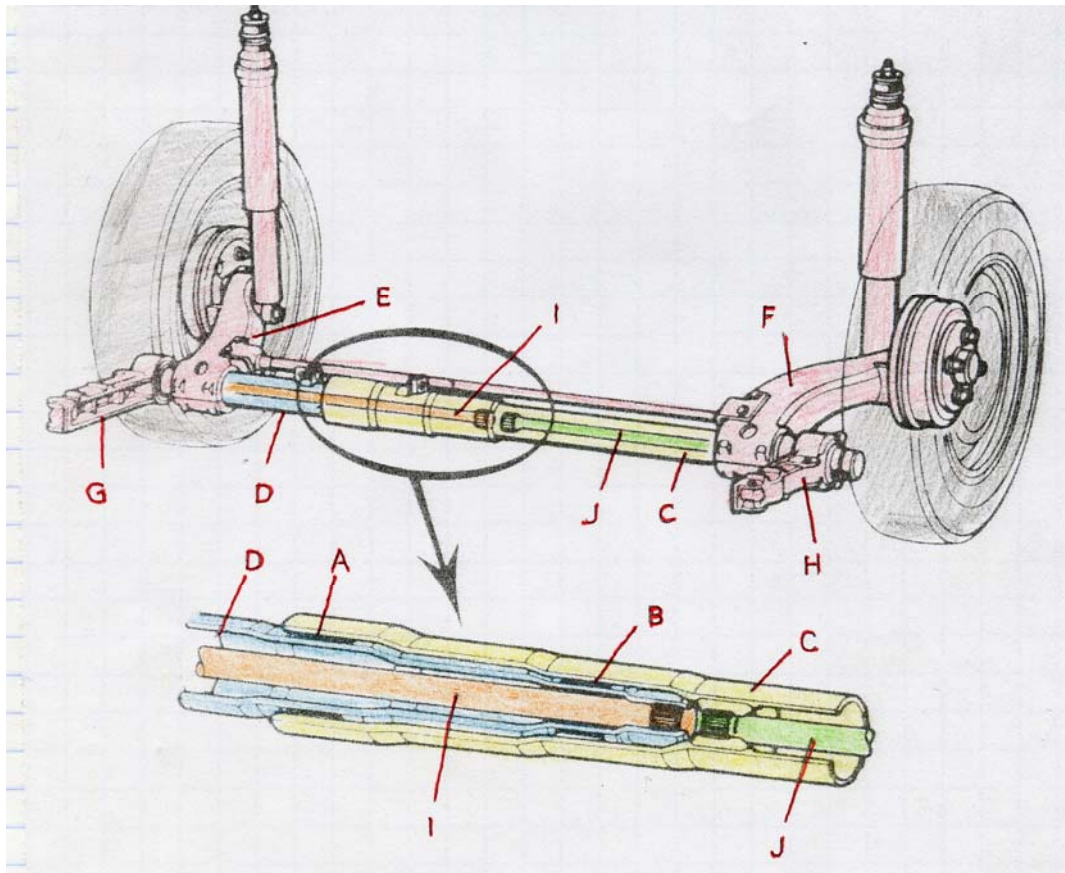
- *Las barras de torsión.*

Una de las características de los aceros es su flexibilidad (capacidad mediante la cual, a un acero después de someterlo a un esfuerzo recupera su posición o forma normal), esto ha sido posible gracias al avance de la metalurgia y la siderurgia y las mejoras que se han obtenido en los metales y en su realización.

La suspensión mediante barras de torsión consta de 2 barras cada una de ellas unidas fijamente al chasis del vehículo (4 barras en el caso de que todas las ruedas lleven suspensión por barras de torsión), mientras el otro extremo de cada barra se une de forma fija al trapecio inferior al que va unida la mangueta con el buje de rueda. De esta forma queda constituida dicha suspensión. El vehículo al atravesar una irregularidad tenderá a mover verticalmente la mangueta, unido a esta está el trapecio, el cual pasará el movimiento a la barra de torsión, la cual se opondrá a el movimiento de torsión debido a las características del metal. Para evitar el rebote que se podría producir cuando la barra estabilizadora tendiera a recuperar su posición se les dota a dichos vehículos de amortiguadores de simple efecto, el efecto que causa estos es ralentizar el brusco movimiento de recuperación de la barra al atravesar por completo la irregularidad del terreno. Este sistema esta descrito para la posición delantera de la barra de torsión.

Este tipo de suspensión suele llevar un sistema de ajuste de la altura del vehículo con respecto al suelo, el sistema de ajuste se lleva a cabo mediante levas excéntricas de reglaje. La posición de las barras de torsión puede ser tanto longitudinal como transversal con respecto al vehículo. La posición transversal de las barras de torsión se adopta en la parte trasera del vehículo. Dicha composición es parecida a la de la posición delantera. Una parte de la barra se une al chasis y la otra al brazo de suspensión, de esta manera se muestra la oposición al levantamiento de la rueda, para evitar el rebote se suelen utilizar conjuntamente unos amortiguadores de simple efecto para evitar el rebote.

A continuación se puede ver la suspensión formada por las barras de torsión acompañada de amortiguadores telescópicos para frenar el rebote de las barras:

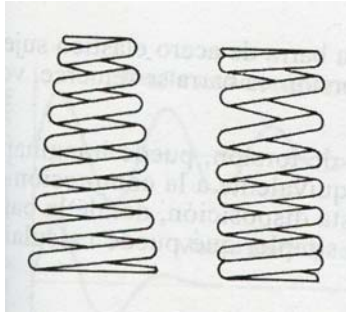


- **Muelles helicoidales de suspensión.**

Dicho componente está constituido por un hilo de acero de un diámetro entre 1-1,5 cm. Este se enrolla en forma de hélice en los extremos del muelle formado se rebaja material para que quede de la forma más plana posible.

Su funcionamiento es el siguiente, bajo el efecto de una carga las espiras del muelle se aproximan, realizando un esfuerzo de torsión. Las deformaciones generadas son regulares. De esta manera, se consigue una amortiguación en un primer momento al sortear un obstáculo. Para evitar el rebote que producirían los muelles y reducir el número de oscilaciones, se suele situar un amortiguador en la parte central de estos (dicho funcionamiento se explicará más adelante). Para variar la dureza de dichos muelles

helicoidales, se puede optar por dos soluciones: la primera de ellas se basa en a medida que nos acercamos a los extremos del amortiguador, disminuir la distancia entre espiras; y la segunda solución esta basada en la disminución progresiva hacia un extremo del diámetro de la espira. Ambos ejemplos se muestran en la figura:



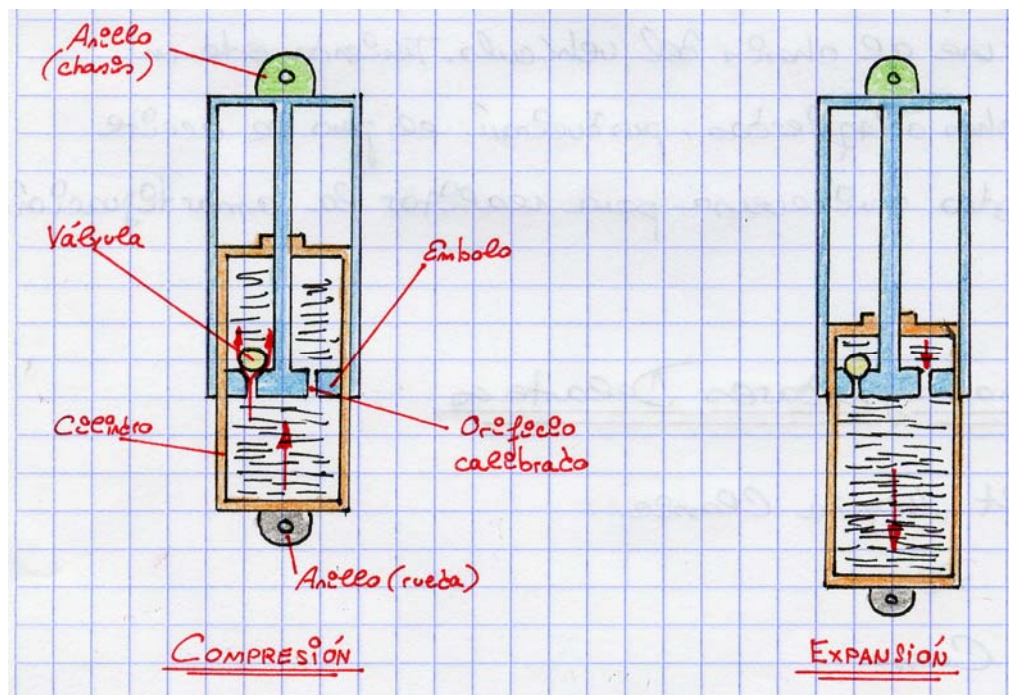
- **Amortiguadores.**

Es sabido por todo el mundo que un muelle después de realizarle una compresión y cesar el esfuerzo, este tiende a recuperar su posición inicial mediante una serie de rebotes. Estos rebotes podrían resultar incómodos para los ocupantes del vehículo, debido a ello se montan los amortiguadores, para reducir todo lo posible los rebotes que se darían al atravesar el coche una zona con irregularidades.

Los amortiguadores suelen ser de funcionamiento hidráulico, y estos pueden ser de simple o doble efecto, dependiendo si solo actúan en un sentido de movimiento o en los dos sentidos del movimiento del pistón.

Un sencillo amortiguador esta basado en un cilindro lleno de un fluido, (este puede ser más o menos denso y esto condicionará el funcionamiento del amortiguador) dentro del cilindro se desplaza un pistón (el cual divide al cilindro en 2 cámaras) unido a un vástago. El movimiento del pistón se efectúa gracias a 2 orificios por los que el fluido pasa de una cámara a la otra. El diámetro de dichos orificios también condiciona el funcionamiento del amortiguador obteniéndose así diferentes clases de amortiguadores según su dureza. Uno de los orificios posee un tipo de obstrucción para que cuando el amortiguador tienda ha

abrirse tapone uno de los orificios y el fluido solo pueda pasar por uno, de esta manera se ofrece una mayor resistencia al paso del fluido y se evita el rebote de los muelles de los amortiguadores. Por el contrario si el amortiguador tiende a cerrarse el fluido puede pasar por los 2 orificios y la resistencia a la irregularidad la ejerce el muelle de amortiguación. Esta es la descripción de un amortiguador BASICO. (mostrado en el dibujo adjunto):



Suspensiones actuales.

En la actualidad el gran avance de la electrónica ha dado lugar a numerosos sistemas de *suspensión con la ayuda electrónica*. Estos sistemas confieren una mayor seguridad en la conducción y estabilidad del vehículo, debido a que el procesamiento y respuesta de estos sistemas se lleva a cabo en milésimas de segundos. Las principales son las siguientes:

- Suspensión Mc Pherson

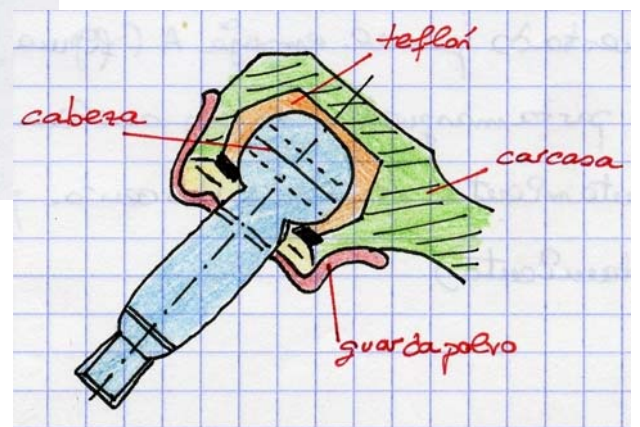
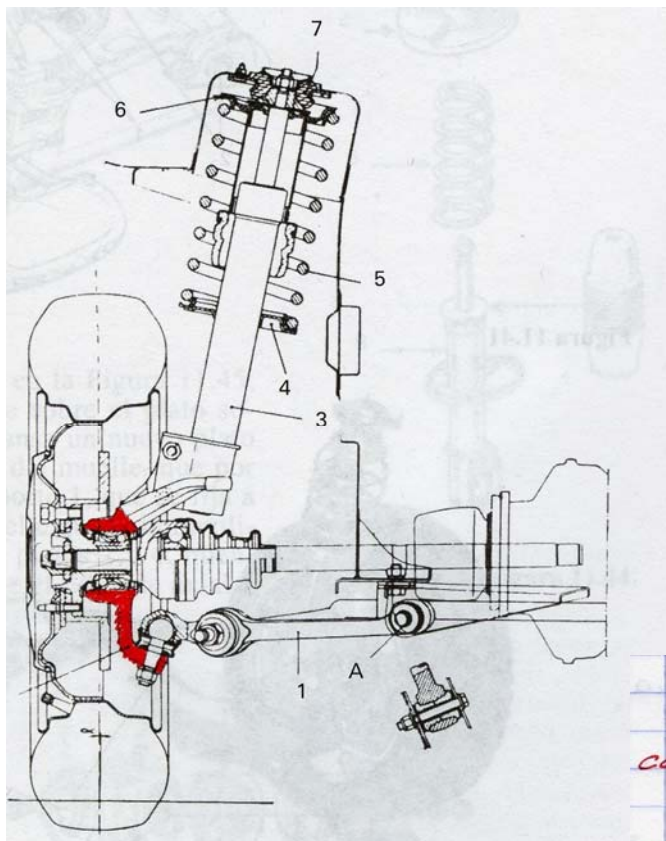
Es la más utilizada actualmente en cualquier tipo de vehículo en las ruedas delanteras.

Su sencilla composición ha hecho que se eliminara el doble brazo de suspensión y la introducción de amortiguadores más largos con mayor recorrido y muelles de más resistencia y dureza.

Esta basada en un trapecio inferior unido por una parte al chasis del vehículo, con la interposición de unos tacos de caucho (dicha unión es articulada), y por el otro a la mangueta de la rueda (unido por medio de una rótula), o en su defecto al buje de la misma. El amortiguador va situado anclado por su parte inferior en la mangueta o buje de la rueda, y por su parte superior a la carrocería por medio de unas torretas especialmente diseñadas en el momento de fabricación del vehículo. Dichas uniones se realizan en su mayoría por medio de tornillo pasante y tuerca.

Rodeando al amortiguador, está situado el muelle de suspensión siempre en un estado de reposo, el cual está ligeramente comprimido. El muelle se sujeta en el amortiguador por un plato de soporte en la parte inferior (dicho plato forma parte del amortiguador), y por su parte superior con la ayuda de otro platillo (en dicho platillo es donde se realiza la unión a las torretas de la carrocería con la interposición de unos tacos de caucho).

La siguiente imagen muestra la suspensión descrita y como detalle un ejemplo de unión similar al realizado entre el trapecio inferior y la mangueta:



- **Barras estabilizadoras.**

Para limitar la inclinación del vehículo sobre las ruedas exteriores producido por la fuerza centrífuga generada en las curvas, se emplean dichas barras, que se colocan tanto en la parte delantera del vehículo como en la trasera, enlazando los sistemas de suspensión del vehículo de ambos ruedas del mismo eje.

La barra estabilizadora también actúa con el vehículo en línea recta, evitándole los balanceos laterales, por cuya causa se la llama también barra antibalanceo.

- **Suspensiones pilotadas electrónicamente.**

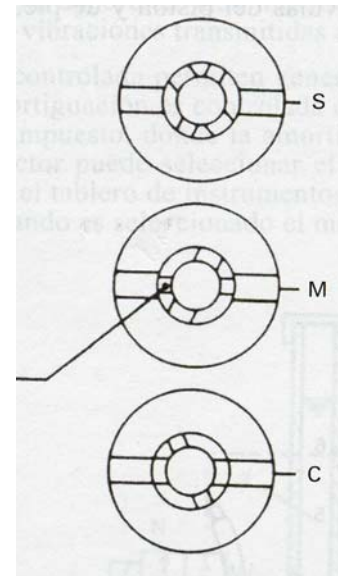
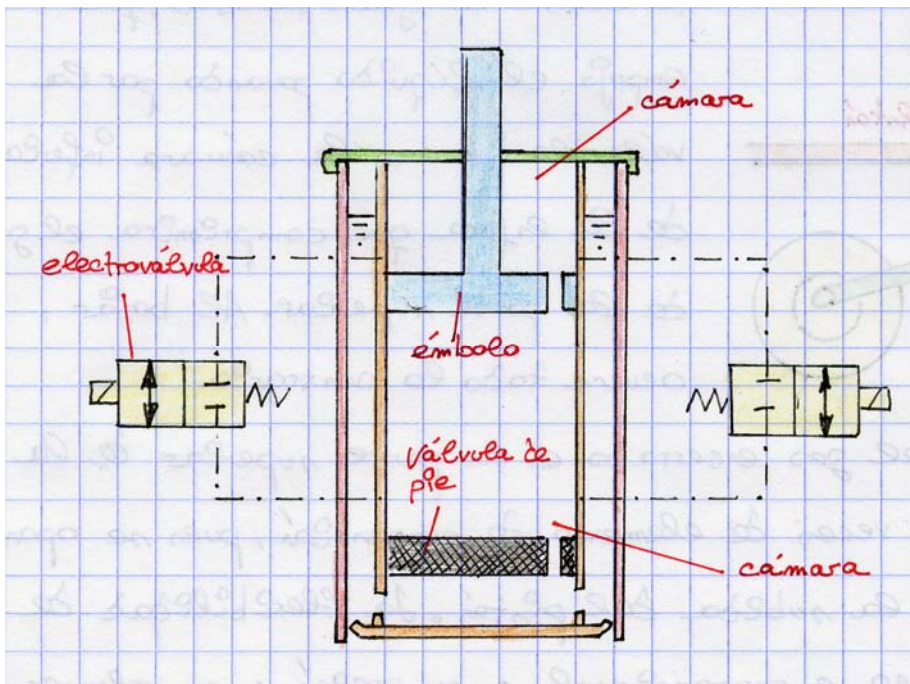
Este sistema esta compuesto básicamente en un amortiguador tradicional en el que se han realizado modificaciones electrónicas. Dichas modificaciones se basan en la conmutación de diferentes pasos calibrados a través de electroválvulas, de esta manera la suspensión puede variar de dureza, oscilando entre el confort y la deportividad.

El resto de componentes que concierne esta suspensión generalmente son los siguientes:

- **Sensor de velocidad de vehículo.** Es el encargado de generar una señal diferente en función de la velocidad del vehículo. Dicha señal se transmite a la unidad de gestión.
- **Sensor de activador de freno.** Tiene como misión indicar a la unidad de gestión cuando esta pisado el freno.
- **Sensores de balanceo y cabeceo del automóvil.** Captadores y acelerómetros que generan distintas señales según la inestabilidad creada por el vehículo y de esta manera la unidad de gestión controla los amortiguadores para mantener al vehículo en todo momento estable.
- **Sensor de posición del volante.** Se encarga de indicar a la unidad de gestión cuando el conductor esta variando la dirección del vehículo y los grados de variación de este.
- **Amortiguadores pilotados electrónicamente.** Constituidos básicamente como un amortiguador tradicional pero que gracias a una serie de electroválvulas (gestionadas por la unidad de control) conmutan los diferentes pasos calibrados para así constituir al amortiguador la dureza adecuada dependiendo de la situación del vehículo.
- **Interruptor de selección de suspensión.** Este interruptor se encarga de imponer a la unidad de control la suspensión seleccionada por el conductor. Esta puede variar desde una suspensión confortable a la necesaria durante una conducción extrema (deportiva).
- **Unidad de gestión de la suspensión.** Recibe la diferentes señales de los sensores e interruptores, las gestiona, y se encarga de conmutar a través de las electroválvulas

(posicionadas en los amortiguadores) los distintos pasos calibrados (variar la dureza de la suspensión).

El dibujo muestra un ejemplo explicativo y la segunda ilustración muestra una sección de los diferentes pasos calibrados que se pueden conmutar:



- **Suspensión neumática controlada.**

Son parecidas a las pilotadas electrónicamente, solo que este modelo funciona con un distinto tipo de fluido, el aire.

Están basadas básicamente en un cilindro con una especie de “cojín”. Dicho “cojín” esta dotado interiormente de un taco de caucho o goma, el cual intervendrá en caso de utilización extrema de la suspensión.

Estos amortiguadores también disponen de electroválvulas (gestionadas por la unidad de control), pero estas lo que conmutan es el paso o cierre del aire. Disponen principalmente de los mismos sensores que las pilotadas electrónicamente, solo que la unidad de gestión esta configurada distintamente, ya que el comportamiento de estos dos tipos de fluidos es

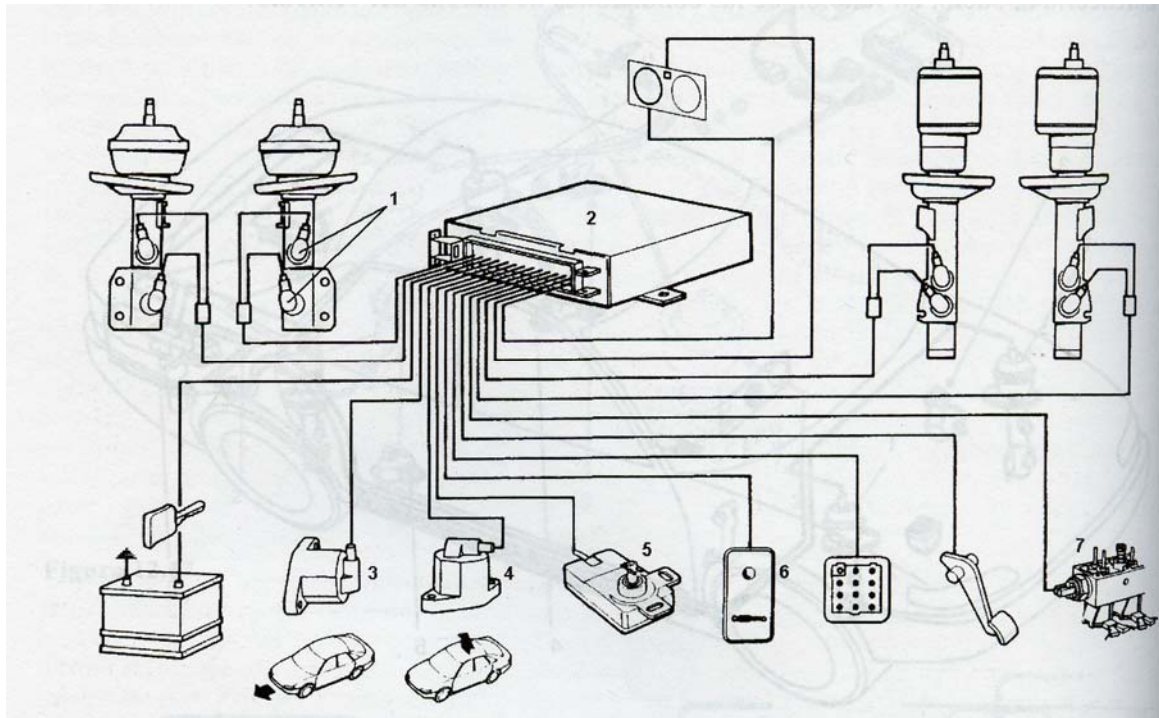
muy diferente. Cabe destacar que esta configuración lleva a parte unos componentes especiales; el compresor y los latiguillos.

El compresor es el encargado de generar la presión de aire para el funcionamiento de la suspensión, el funcionamiento de este suele estar controlado por uno o varios sensores de presión. Si la presión es inferior a la presión mínima de funcionamiento, el compresor se activa generando la presión de funcionamiento, una vez que haya sido alcanzada y superada esta, el compresor deja de funcionar (comandado por uno de los sensores de presión). De igual manera, si la presión sube excesivamente, el compresor se detendrá.

Dicho aire comprimido (generado por el compresor) es enviado a las unidades de amortiguación por medio de unos latiguillos (fabricados especialmente para aguanten dicha presión).

Igual que en el caso anterior, todo esto se completa con una unidad de gestión encargada de recibir y procesar la distintas señales o impulsos generados por los diferentes sensores del vehículo, e indicar a los diferentes actuadores (electroválvula de los amortiguadores) su apertura o cierre para permitir el paso del aire comprimido dependiendo de la posición o comportamiento de la carrocería del vehículo y de la altura de este sobre el pavimento.

El siguiente esquema muestra una suspensión neumáticas controladas electrónicamente, donde 1 son las electroválvulas situadas en los amortiguadores, 2 calculador electrónico, 3 y 4 son los acelerómetros de posición del vehículo, 5 sensor de giro del volante, 6 interruptor para seleccionar el tipo de suspensión y 7 la bomba de presión:



- **Suspensiones hidroneumáticas.**

La suspensión hidroneumática es una suspensión elástica con una regulación de nivel hidráulica. En las suspensiones hidroneumáticas convencionales se combinan elementos hidráulicos y neumáticos que proporcionan la amortiguación y elasticidad necesaria.

Un funcionamiento básico de la suspensión hidroneumática es el siguiente:

La bomba de aceite (accionada por un motor) recoge e impulsa el aceite del depósito a un acumulador a través de un regulador de presión. Al alcanzarse la máxima presión tarada en el acumulador, el regulador de presión cambia el sentido del flujo del aceite, de esta manera se le comunica con el depósito y cesa el aumento de presión. Si la presión en el acumulador por alguna causa llega a los mínimos, el regulador de presión conmuta y vuelve a comunicar la bomba de presión con el acumulador, cerrando el paso de la bomba al depósito. El aceite que se encuentra en el acumulador bajo presión se comunica mediante conductos con un distribuidor variador de la unidad de válvulas y los reguladores de nivel.

Cuando se hunde el vehículo por irregularidades del terreno o defectos de carga, el regulador de nivel abre paso a los elementos de suspensión para aumente el volumen de aceite en dichos elementos y con esto el vehículo tienda a elevarse hasta alcanzar el nivel normal, en dicho momento, el regulador del nivel corta de nuevo el suministro de aceite. Una vez atravesada la irregularidad del terreno o cesado el esfuerzo, el regulador descarga el aceite hasta alcanzarse el estado normal del vehículo. El aceite siempre retrocede al depósito a través de tuberías de retorno pasando por un filtro.

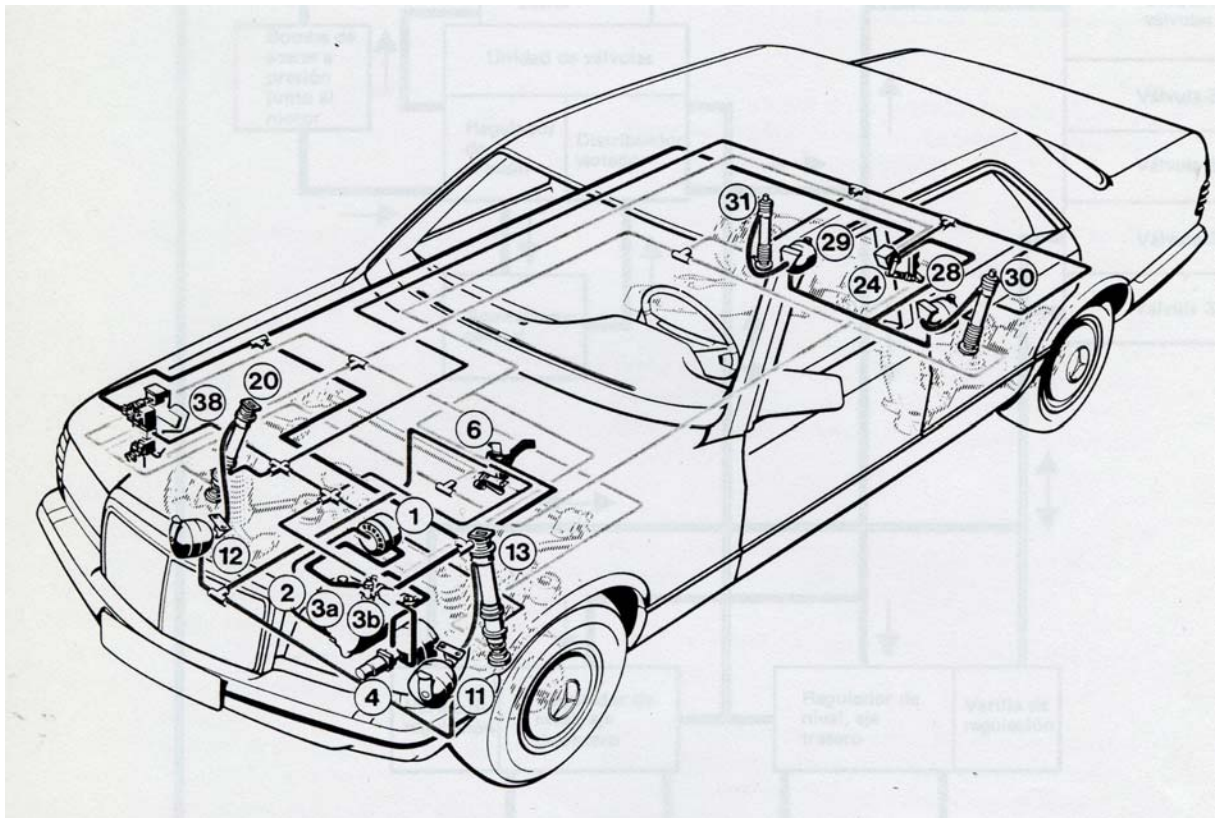
El gas encerrado en la parte superior de la membrana de la esfera hace las veces de elemento de suspensión, pues se opone en todo momento a la subida del pistón cuando se presenta una irregularidad en el terreno. La flexibilidad de este muelle neumático es proporcional a su presión y su volumen.

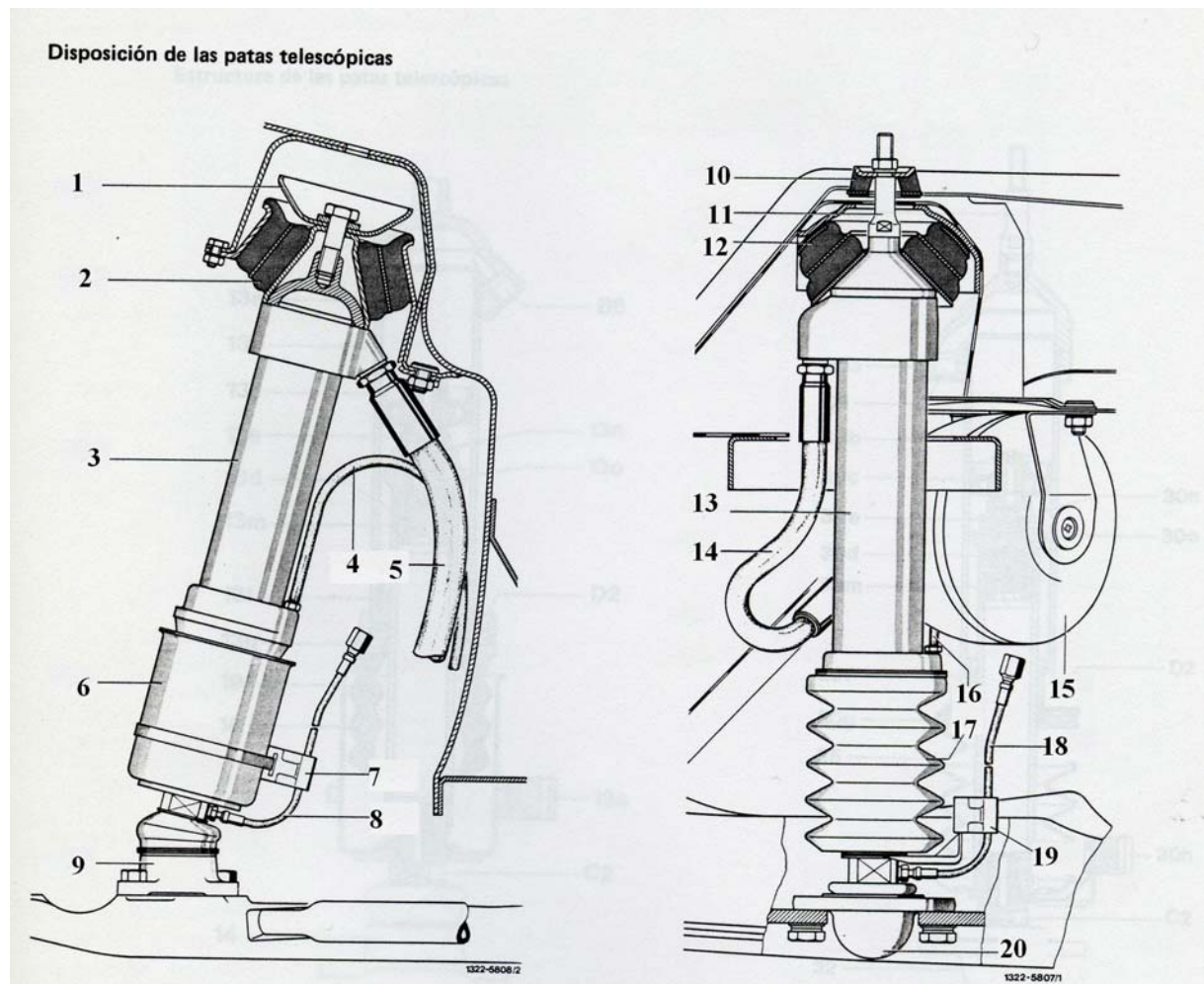
Para la regulación del nivel del vehículo, se aumenta o se reduce el volumen de aceite en las patas telescópicas por medio de una instalación de aceite de presión. Dicha instalación se compone de: bomba de aceite de presión, regulador de presión, acumulador central de fuerza elástica y un depósito.

En la imagen siguiente se ven los diferentes componentes de dicha suspensión y su ubicación en el vehículo, en este caso un Mercedes Benz: 1 bomba de aceite de presión, 2 depósito de aceite, 3a regulador de presión de la unidad de válvulas, 3b distribuidor variador de la unidad de válvulas, 4 acumulador, 6 regulador de nivel para el eje trasero, 11 actuador de fuerza elástica para el eje delantero lado izquierdo, 12 actuador de fuerza elástica para el eje delantero lado derecho, 13 pata telescópica del eje delantero lado izquierdo, 20 pata telescópica del eje delantero lado derecho, 24 regulador de nivel para el eje trasero, 28 acumulador de fuerza elástica para el eje trasero lado izquierdo, 29 acumulador de fuerza elástica para el eje trasero lado derecho, 30 pata telescópica para el

eje trasero lado izquierdo, 31 pata telescópica para el eje trasero lado derecho y 38 bloque de válvulas.

En la segunda imagen se ven dos ejemplos de patas telescópicas para esta suspensión: 1 tope de extensión de la suspensión, 2 silentbloc, 3 pata telescópica, 4 tubería de retorno de aceite de fuga de las patas telescópicas, 5 tubería de impulsión, 6 cilindro de tope, 7 soporte con abrazadera, 8 tubería de presión de mando para ajuste de la amortiguación, 9 rotula, 10 silentbloc, 11 perno roscado, 12 silenbloc, 13 pata telescópica, 14 tubería de impulsión, 15 acumulador de fuerza elástica, 16 tubería de retorno de aceite, 17 guarnición, 18 tubería de presión de mando para ajuste de la amortiguación, 19 soporte con abrazadera y 20 rotula:





- **Suspensiones hidractiva**

La suspensión hidractiva es capaz de tener en cuenta las condiciones de rodaje y el modo de conducción para optimizar permanentemente el confort, el comportamiento en carretera y la seguridad activa en el vehículo.

Este sistema es capaz de variar la flexibilidad y la amortiguación de la suspensión, además de evitar parcial o totalmente el balanceo dinámico producido en las suspensiones hidráulicas. La variación de la flexibilidad se realiza variando el volumen de nitrógeno.

De esta forma se podría lograr variados estados de la suspensión (elástica, confortable, deportiva, dura, etc.). En la práctica la variación de dicho gas se realiza comunicándolo con un acumulador adicional.

Para la variación de la amortiguación, lo que se hace es variar o conmutar la cantidad de fluido de los amortiguadores (aceite) por medio de unas electroválvulas (gestionadas electrónicamente) con un depósito o acumulador. El desplazamiento del aceite se genera mediante una bomba y la descarga de fluido a través de unas electroválvulas.

Dicho sistema está regido por un calculador electrónico asociado con una serie de captadores, los cuales informan al calculador sobre los movimientos realizados por el vehículo. El calculador gestiona dicha información y transmite las señales para decidir en cada momento el estado de suspensión más beneficioso para la conducción. El tiempo de respuesta del sistema oscila entre de 2 a 5 centésimas de segundo.

Los captadores básicos suelen ser los siguientes:

- **Captador de volante de dirección:** está situado sobre la columna de dirección, debajo del volante. Su función es informar al calculador del ángulo y velocidad de giro del volante.
- **Captador de velocidad del vehículo:** está intercalado en el cable del cuentakilómetros. Su función es informar al calculador de la velocidad del vehículo.
- **Captador de recorrido del pedal del acelerador:** está situado sobre el grupo de pedales. Permite al calculador saber en todo momento la posición del pedal del acelerador.
- **Captador de la presión de frenos:** situado en la parte delantera izquierda de la cuna motor. Su función es informar al calculador de la presión de frenado.
- **Captador de desplazamiento de la carrocería:** situado en la parte delantera derecha unido a la barra estabilizadora. Permite al calculador detectar los movimientos de la carrocería y los desplazamientos de la suspensión.

Las siguientes ilustraciones se muestran un circuito básico de la suspensión hidractiva u su principio de funcionamiento:

