



Capítulo 7

Suspensión

Los vehículos disponen de un conjunto de órganos mecánicos que unen, de forma elástica, las ruedas a la carrocería del vehículo, manteniéndolas siempre en contacto con el suelo y evitando, simultáneamente, que las irregularidades del terreno se transmitan a los ocupantes.

Aunque la unión es elástica, el sistema de suspensión debe estar diseñado para mantener los ejes en su posición, impidiendo su desplazamiento lateral o longitudinal. De esta forma, se asegura también la geometría de la dirección durante la marcha del vehículo. Además, el sistema de suspensión debe cumplir el difícil compromiso entre confort y seguridad durante la conducción; es decir, una solución intermedia entre una suspensión dura muy eficaz, pero que transmite a los ocupantes reacciones bruscas, y una suspensión blanda, que absorbe por completo las irregularidades del terreno, proporcionando confortabilidad, pero que presenta más dificultades para mantener las ruedas en contacto con la carretera.



Componentes de la suspensión

La suspensión está formada por tres conjuntos mecánicos básicos: rueda, muelle y amortiguador.

Es evidente que las **ruedas** forman el primer elemento de la suspensión, ejerciendo la función de muelle entre el resto de los componentes y el suelo.

Asimismo, todas las fuerzas generadas durante la marcha del vehículo se transmiten desde el suelo al resto de los componentes de la suspensión a través de los neumáticos. A pesar de ello, el efecto de absorción del caucho y el aire no bastan para asegurar el confort de marcha necesario, y menos aún el efecto amortiguador. Será fundamental mantener una presión de inflado correcta. Un muelle, dispuesto entre el eje y la carrocería, proporcionará a la suspensión la elasticidad requerida para adaptarse a las irregularidades del terreno.

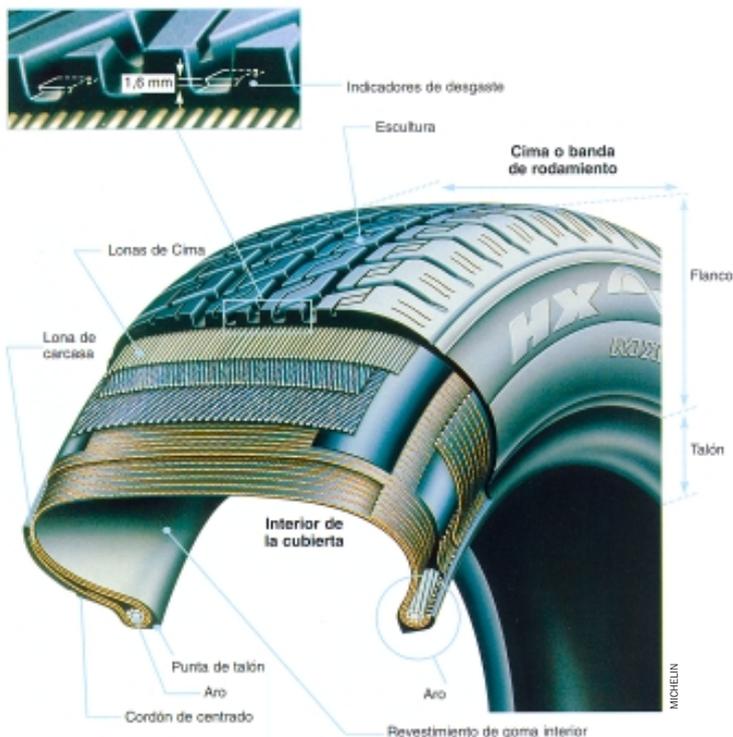
El elemento de absorción más conocido y extendido es el muelle helicoidal, principalmente por las ventajas que presenta

de tamaño reducido y ligereza. No obstante, se emplean otros tipos de muelle, como las ballestas, más apropiadas para vehículos industriales, por su gran capacidad de carga, las barras de torsión y los muelles neumáticos. Estos últimos se aplican en camiones, autobuses y remolques, aunque también se montan en determinados turismos de gama alta o en algunos monovolúmenes, como elementos auxiliares, para compensar la bajada de la parte trasera con el vehículo cargado.

Los muelles de la suspensión son capaces de comprimirse y estirarse para adaptarse a las irregularidades del terreno, pero, en contrapartida, tienden a rebotar progresivamente, haciendo que las ruedas lleguen a separarse de la carretera. Para evitar que suceda esto, se emplean los amortiguadores, elementos que se oponen y dificultan los movimientos del muelle, frenando de esta manera las oscilaciones. Los amortiguadores telescópicos son los más utilizados hoy en día. Básicamente, se componen de un pistón, que se desliza por el interior de un tubo lleno de aceite. En el pistón se disponen varios orificios, de forma que el aceite puede pasar por ellos cuando se mueve. La resistencia que opone el aceite al movimiento del pistón es la que frena la oscilación del muelle. La energía que absorbe el amortiguador del muelle se transforma en calor y se disipa por las paredes del tubo que lo forma.

Aparte de eliminar las oscilaciones de los muelles, los amortiguadores deben evitar el balanceo del vehículo y asegurar la estabilidad de marcha, principalmente en curvas, así como un buen contacto de los neumáticos con el suelo.

Es importante destacar que, en caso de avería, es recomendable sustituir los amortiguadores y otros elementos de la suspensión por parejas dentro del mismo eje, ya que una suspensión-amortiguación distinta a cada lado del vehículo provoca inestabilidad de marcha y disminución de la seguridad activa.



Estructura de un neumático

La relación entre la suspensión y la dirección es innegable, ya que la posición de las ruedas viene determinada fundamentalmente por la mangueta, pues esta pieza sustenta a la rueda y sirve de enlace con el amortiguador y el muelle.

Al conjunto de parámetros, cotas y ángulos que definen el posicionamiento relativo de todos esos elementos entre sí, con relación a la carrocería y al terreno, es lo que se conoce como geometría de la dirección.

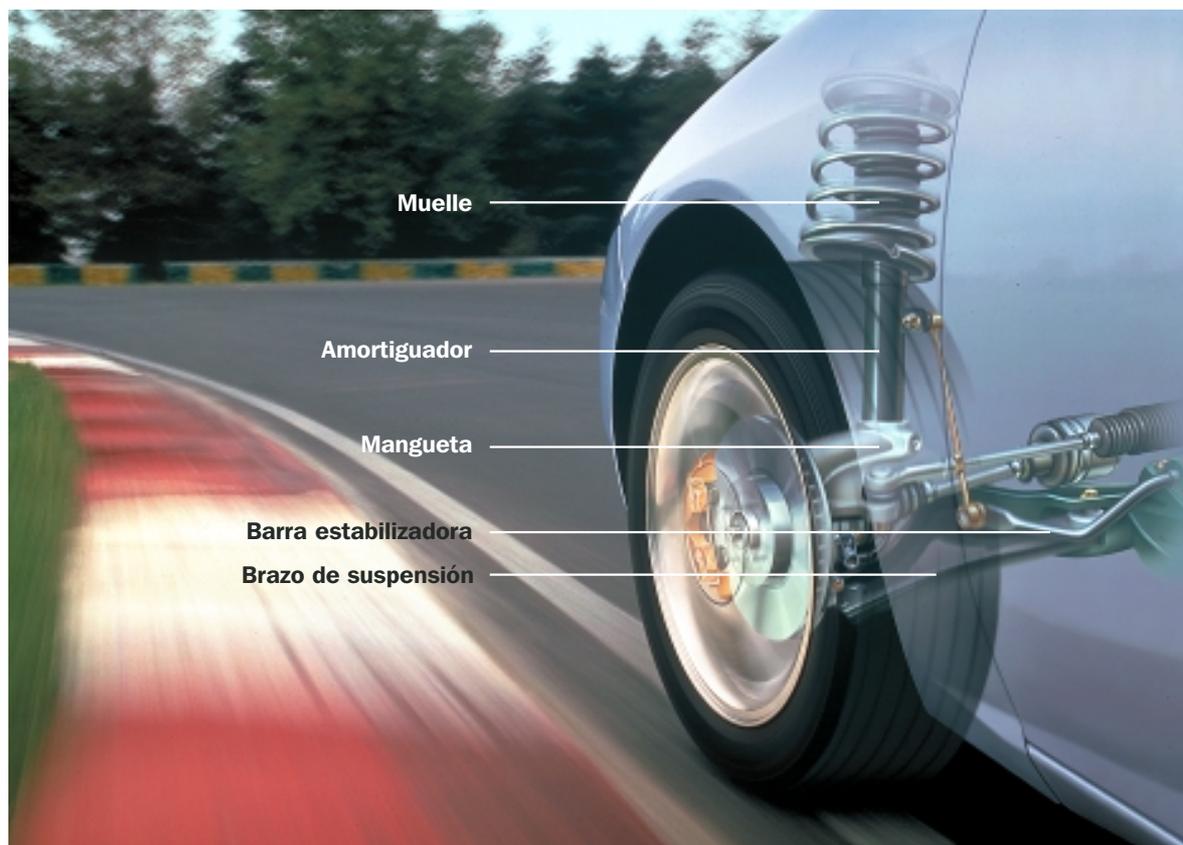
Entre los ángulos y cotas de geometría de dirección más importantes se encuentran:

- Ángulo de **caída**: Es el que forma el eje de simetría de la rueda respecto a la vertical, visto el vehículo de frente.
- Ángulo de **avance**: Es el ángulo formado por el eje de la mangueta sobre el que gira la rueda para orientarse con el eje vertical que pasa por el centro de la rueda, visto el vehículo desde su lateral.

- Ángulo de **salida**: Es el que forma el eje de la mangueta sobre el que gira la rueda para orientarse, respecto al plano vertical, visto el vehículo de frente.

- Ángulo de **convergencia**: La convergencia es la desviación del plano longitudinal de las ruedas con relación al eje longitudinal del vehículo. Se dice que la dirección es convergente cuando las ruedas están más próximas entre sí por la parte anterior que por la posterior, y divergente cuando ocurre lo contrario. En la mayoría de los vehículos actuales este ángulo es el único que tiene posibilidad de reglaje.

Componentes de la suspensión

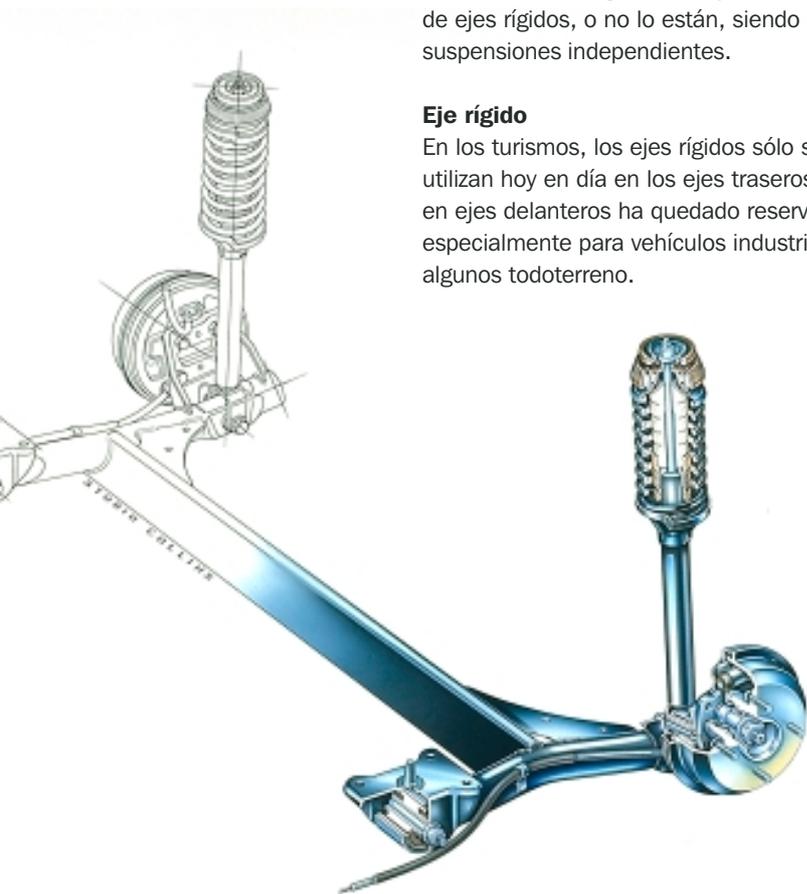


Tipos de suspensión

El principal criterio que se tiene en cuenta a la hora de establecer una clasificación entre los distintos tipos de ejes consiste en diferenciar si las ruedas de cada lado están unidas entre sí por una pieza rígida, en cuyo caso se tratará de ejes rígidos, o no lo están, siendo entonces suspensiones independientes.

Eje rígido

En los turismos, los ejes rígidos sólo se utilizan hoy en día en los ejes traseros. Su uso en ejes delanteros ha quedado reservado especialmente para vehículos industriales y algunos todoterreno.



Eje semi-rígido trasero.
Ford Ka

Las principales desventajas de este tipo de eje son su peso elevado y la influencia de una rueda sobre la otra al pasar sobre irregularidades del terreno, dado que están unidas rígidamente. No obstante, posee ciertas ventajas como una mayor robustez, la capacidad para mantener sin apenas variación el paralelismo e inclinación de las ruedas y un proceso de fabricación económico y relativamente sencillo.

Una variación importante son los **ejes semi-rígidos** utilizados en la suspensión trasera de algunos turismos pequeños.

Suspensión independiente

Las suspensiones independientes se encuentran en los ejes delanteros de los turismos y, en muchos casos, también en los ejes traseros. Se pueden dividir en dos grupos principales: las suspensiones McPherson y las de paralelogramo deformable o brazos superpuestos.

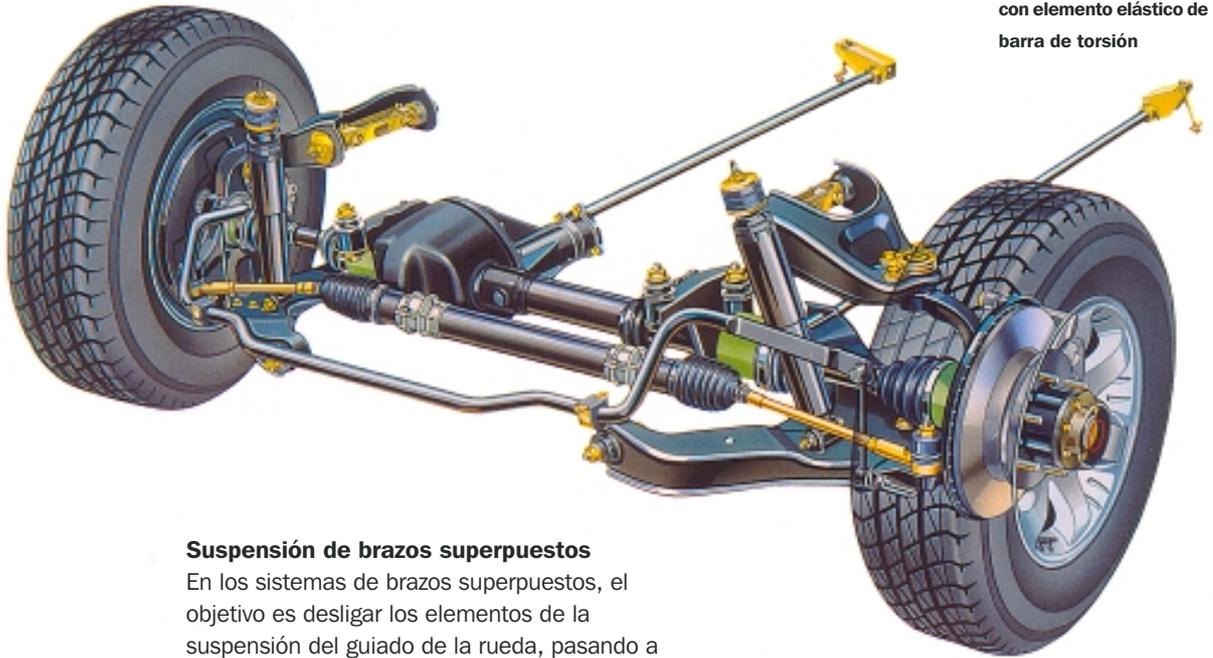
Suspensión McPherson

Los automóviles Ford actuales, a excepción del todoterreno Explorer, incorporan suspensiones McPherson en el eje delantero. Este tipo de suspensión, patentada en 1949 por el ingeniero de Ford E. McPherson, y de la que proceden las suspensiones actuales, proporciona un importante ahorro de espacio y peso y presenta una gran sencillez de fabricación. Su principio de funcionamiento consiste en dar a los elementos de la suspensión una función de guiado de la rueda, que, en este sistema, se une a la carrocería por medio del conjunto muelle-amortiguador y un brazo de suspensión.

La parte de la carrocería en la que se aloja el amortiguador debe estar especialmente reforzada, ya que recibirá la mayoría de los esfuerzos de la suspensión. En los automóviles equipados con suspensión McPherson es habitual la presencia de una barra estabilizadora, cuya principal misión es reducir la inclinación de la carrocería en curvas. Este es el caso de los vehículos Ford, en los que la presencia de dicha barra mejora las cualidades de marcha de toda la gama.

Suspensión McPherson.
Ford Focus





Sistema de doble brazo con elemento elástico de barra de torsión

Suspensión de brazos superpuestos

En los sistemas de brazos superpuestos, el objetivo es desligar los elementos de la suspensión del guiado de la rueda, pasando a asumir esta función dos brazos, uno superior y otro inferior, unidos por un extremo a la rueda y por el otro al chasis.

Las ventajas de comportamiento de este tipo de eje se ven penalizadas por una complejidad y coste de fabricación elevados.

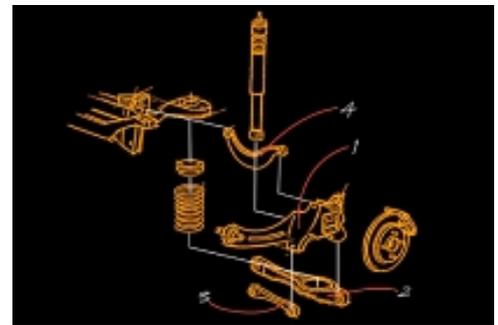
En el caso de los **ejes traseros**, aparte del ya mencionado eje rígido, existe, en algunos vehículos, el denominado *eje multibrazo*. Se trata de evoluciones de los sistemas ya explicados, en los que, o bien se ha aumentado el número de uniones de la rueda al chasis, o bien alguna de las uniones que eran de un solo brazo se han convertido en dos brazos, unidos mediante un punto común. Este tipo de ejes permite gran libertad a los diseñadores, que pueden realizar ejes con buen comportamiento dinámico, aunque aumenta proporcionalmente la complejidad del diseño.

Un ejemplo de este tipo de ejes es el *Quadralink*, empleado por Ford en la suspensión trasera del Cougar. Consta de cuatro brazos o puntos de unión de cada rueda con el bastidor: dos brazos inferiores, uno por delante y otro por detrás del eje de la rueda, encargados de controlar las variaciones de paralelismo de la misma, un tirante de tensión, que trabaja en sentido contrario a las fuerzas de frenado y el cuarto punto, constituido por los amortiguadores, encargados de controlar las variaciones en inclinación (caída) de la rueda.

Otro tipo de suspensión multibrazo empleado por Ford es el sistema SLA, que se monta en el eje trasero del Ford Focus, otorgándole una estabilidad y una capacidad de marcha normalmente reservadas a modelos superiores.

Suspensión trasera SLA.

Ford Focus



Despiece del sistema de suspensión trasera SLA:
1) Conjunto tirante/portamangueta. 2) Brazo de suspensión trasero inferior. 3) Brazo de suspensión delantero inferior. 4) Brazo de suspensión inferior.

Suspensiones inteligentes

Tal y como se ha indicado, el diseño de una suspensión se realiza en base a una solución de compromiso entre confort y prestaciones. Así pues, un amortiguador puede ser demasiado duro, para obtener el máximo rendimiento del vehículo, o demasiado blando, con la finalidad de conseguir el máximo confort.

Para solucionar este problema, se han desarrollado los denominados sistemas de suspensión inteligente o adaptable. Constan de una unidad electrónica de control, amortiguadores de dureza variable mediante electroválvulas y una serie de sensores, que informan a la unidad de control sobre la velocidad, la posición del volante, la aceleración del vehículo y la altura de la carrocería. Según los datos recibidos, la unidad envía señales a las electroválvulas, dispuestas en los amortiguadores, de forma que cambian sus características de dureza instantáneamente, según la situación de marcha actual y la prevista.

Cuando la electroválvula está abierta, permite el paso del aceite del amortiguador por un canal adicional, obteniéndose una amortiguación más blanda. Al cerrarse, suprime el paso adicional de aceite, consiguiendo una suspensión más dura.

El principio de funcionamiento del amortiguador es, además de estas peculiaridades, similar al de los convencionales.

En muchos de estos sistemas, el conductor puede seleccionar la posición más dura (deportiva) constantemente, o dejar que el sistema permanezca en modo de selección automática.

Otro tipo de suspensión inteligente es el sistema ARC de compensación de carga del Ford Explorer. Este sistema, mediante un circuito hidráulico a alta presión, corrige la altura de la carrocería cuando el vehículo va muy cargado en su eje posterior, nivelándola de forma automática.

Las suspensiones inteligentes permiten adaptar las características de la suspensión al terreno y a la forma de conducir



