

Trabajo realizado para el concurso



"La suspensión en el automóvil"

**I.E.S. Sierra del Valle
Avda. Dr. Martín Lázaro, s/n
05430 LA ADRADA (Ávila)**

Trabajo realizado por:

**José Antonio Pérez Alba y
Juan Carlos Pérez Alba**

Profesor:

Alejandro Suárez Linares

Índice

1. Introducción.
2. Clasificación de suspensiones.
 - 2.1. Suspensiones convencionales.
 - 2.1.1. Componentes.
 - 2.1.1.1. Elementos elásticos.
 - Muelles helicoidales.
 - Ballestas
 - Barras de torsión.
 - 2.1.1.2. Amortiguadores.
 - Monotubo hidráulico.
 - Bitubo hidráulico.
 - Monotubo gas.
 - Bitubo gas.
 - De gas con botella separada.
 - Amortiguadores para McPherson.
 - Diagramas
 - 2.1.1.3. Barras estabilizadoras.
 - 2.1.1.4. Silentblocks.
 - 2.1.1.5. Rótulas
 - De carga y de acompañamiento.
 - De carga decompresión.
 - De carga de extensión.
 - Superior de Mc Pherson
 - 2.1.2. Tipos de suspensiones.
 - 2.1.2.1. Eje rígido
 - Ballestas.
 - Muelles.
 - Guiado.
 - 2.1.1.2. Suspensiones semirrígidas:
 - Puente de Dion
 - Eje Deltalink
 - 2.1.1.3. Suspensiones independientes.
 - McPherson.
 - Paralelogramos deformables.
 - Multibrazo.
 - Brazos tirados.
 - Brazos tirados y muelles helicoidales.
 - Brazos tirados y barras de torsión.
 - 2.2. Suspensiones hidroneumáticas
 - 2.2.1. Principio de funcionamiento
 - 2.2.2. Componentes:
 - Depósito.
 - Bomba alta presión.
 - Conjuntor disyuntor.
 - Acumulador principal.
 - Válvula de seguridad.
 - 2.2.3. Funcionamiento

2.3. Suspensiones neumáticas pilotadas (turismos)

2.3.1. Ventajas

2.3.2. Arquitectura

2.3.3. Componentes

- Muelles neumáticos
- Grupo de alimentación y acumulador de Presión
- Válvula de amortiguadores o cierre transversal
- Transmisor de nivel.

2.3.4. Funcionamiento

2.4. Suspensión neumática de camión

2.4.1. Componentes:

- Válvula de rebose
- Válvula niveladora
- Válvula de corte
- Válvula de control de altura natural
- Fuelles neumáticos.

2.5. Suspensiones pilotadas neumáticas para camión ECAS

2.5.1. Principio de funcionamiento

2.5.2. Ventajas

2.5.3. Componentes

- UCE
- Sensor de altura
- Electroválvulas
- Sensor de Presión

2.5.4. Esquemas

2.6. Control de estabilidad turismos ESP

2.6.1. ¿Qué es el ESP?

2.6.2. Componentes

- Captadores
- Grupo hidráulico
- Sensor de ángulo de dirección
- Sensor de tasa de giro y sensor de aceleración transversal.

2.6.3. Funcionamiento, cuándo trabaja

2.6.4. Origen del ESP

2.7. Control de estabilidad para vehículo industrial

3. Verificación y control del sistema de suspensión.

4. Diagnóstico de averías y reparación.

5. Bibliografía

1. Introducción.

La suspensión de un automóvil tiene la *misión* de hacer más cómoda la marcha del mismo para los pasajeros (con oscilaciones cuyo período y aceleración vertical no sean molestos) y contribuir en todo momento a la mayor estabilidad del vehículo, para ello debe asegurar permanentemente el contacto de las ruedas con el suelo y manteniendo la posición del plano de las ruedas con respecto a la trayectoria de las mismas, manteniendo caída y convergencia independientemente del movimiento de las ruedas debido a la suspensión.

La comodidad está encomendada, principalmente, a los elementos elásticos (neumáticos, muelles, ballestas, barras de torsión). Para asegurar el contacto se encargan los amortiguadores y barras estabilizadoras. El conseguir que la rueda asiente bien se encarga la geometría de la suspensión.

Cualidades que debe tener: elasticidad, evita que las desigualdades del terreno se transmitan al vehículo absorbiéndolas y amortiguación, impidiendo un balanceo u oscilaciones excesivos.

La masa del vehículo se divide en dos partes (fig. 1): las llamadas *masas suspendidas*, que son todos los mecanismos cuyo peso es soportado por el chasis o bastidor (motor, carrocería, etc.) y las llamadas *masas no suspendidas*, que abarca partes del vehículo no comprendidas en el apartado anterior (ruedas, frenos, etc.).

La suspensión enlaza estas dos partes por medio de una unión elástica, que amortiguan los golpes que las ruedas pueden

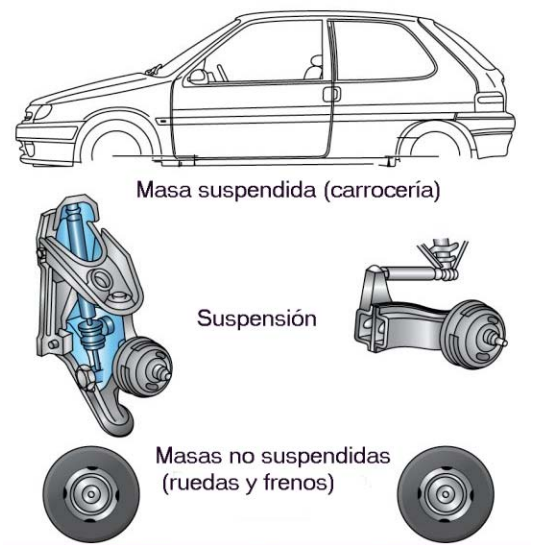


Fig. 1. Masas suspendidas y no suspendidas

transmitir al bastidor y los que el mismo peso del vehículo transmiten a las ruedas a causa de su reacción.

Si M_s es la masas suspendida y M la no suspendida, al desplazarse el vehículo y encontrar una irregularidad de la calzada, la masa M sufre un choque o percusión y es lanzada verticalmente con una velocidad V . Asimismo, la masa suspendida M_s , adquiere un movimiento vertical con una velocidad V_s .

Se puede decir que el producto de la masa M_s por su velocidad V_s es igual a la masa M por su velocidad V .

$$M_s \times V_s = M \times V$$

De aquí se deduce que la velocidad V_s (la de la carrocería, que es la que importa) tiene el valor del producto de la velocidad V por el cociente entre las masas M y M_s , según la expresión siguiente:

$$V_s = \frac{M}{M_s} \times V$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{h}{g}}$$

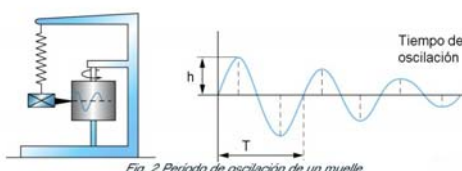


Fig. 2 Período de oscilación de un muelle.

Cuanto menor sea V_s mejor estará suspendido.

De aquí también se deduce que un vehículo está mejor suspendido o que tiene menor velocidad vertical su carrocería cuando: a) la masa no suspendida es más pequeña (ruedas, ejes). Suspensión

independiente es mejor que eje rígido, y b) la masa suspendida es mayor. Un vehículo cargado está mejor suspendido que uno vacío. Pues el muelle al soportar más carga en el mismo tiempo tiene menos oscilaciones completas que si está descargado, aunque sea mayor la amplitud, lo que le quita confort a la suspensión.

Normalmente la tensión de los muelles es igual al peso de los órganos que soportan (masas suspendidas); durante la marcha del vehículo al encontrar un bache, los órganos no suspendidos (como las ruedas), son empujados hacia abajo con una fuerza igual a su peso y a la tensión del muelle. Al estirarse el muelle la carrocería baja comprimiendo de nuevo el muelle con su peso más con la inercia que ha adquirido. La tensión del muelle es ahora superior al peso suspendido, por lo que se producirá la extensión del mismo, empujando hacia arriba la carrocería.

Del mismo modo, cuando la carrocería encuentra un obstáculo, el muelle es comprimido y produce un efecto similar.

Si el vehículo no tuviera suspensión uniendo las ruedas al chasis, los movimientos de las ruedas se transmitirían instantáneamente y en igual medida, produciendo golpes violentos perjudiciales para los pasajeros y para la propia carrocería y órganos mecánicos.

La suspensión posibilita tener un movimiento suave de la carrocería cuando la rueda encuentra un obstáculo, pues el elemento elástico absorbe la energía del golpe instantáneamente, transmitiéndola después gradualmente a la carrocería a través de oscilaciones de los órganos suspendidos. Esta duración de las oscilaciones, también llamado período, depende de la flexibilidad del muelle y de los componentes que forman la suspensión. Estas oscilaciones se atenúan con los amortiguadores, que también unen las masas suspendidas de las no suspendidas. Éstos permiten la compresión de los muelles, frenando su expansión para reducir las oscilaciones.

2. Clasificación de suspensiones.

Suspensiones convencionales.

Están constituidas por un elemento elástico y un amortiguador principalmente más luego tendrá barras estabilizadoras, rotulas, silentblocks, etc.

Componentes.

2.1.1.2. Elementos elásticos.

Como elementos elásticos o resortes tenemos los muelles, las ballestas y las barras de torsión.

La flexibilidad es la deformación que adquiere un resorte debido a la carga $K = \frac{h}{P}$ m/kgf.

Y la rigidez o dureza de un resorte es lo inverso de la flexibilidad $K = \frac{P}{h}$ kgf/m.

Otra magnitud característica de un muelle es el período de oscilación T , que es el tiempo que tarda en realizar una oscilación completa (figura 2).

Se establece aproximadamente que el período debe ser aproximadamente un segundo para conseguir el confort de marcha. Veamos la siguiente tabla:

Período oscilación (sg)	Suspensión
1,25 a 1	Muy confortable
1 a 0,77	Confortable
0,77 a 0,66	Dura
Menos de 0,66	Muy dura

Los resortes sencillos son de flexibilidad constante y esto no es bueno, veamos el porqué.

Si el peso y la flexibilidad son constantes la deformación también sería constante y, por tanto, el período de oscilación

también. Esto sería lo ideal, para mantener el período alrededor de 1 segundo, pues el Como ocurre que el peso no es constante, debido a las inercias, para que la deformación y el período lo sean debe ser la flexibilidad del muelle variable. Para esto existen los muelles isócronos, que tienen un período de oscilación constante por ser de flexibilidad variable. Esto se consigue haciendo los muelles cónicos o simplemente que varíe el ángulo de inclinación de un mismo muelle. Si se trata de ballestas esto se consigue con ballestas de flexibilidad variable, que constan de la ballesta normal y de un ballestín, trabajando únicamente la primera cuando el vehículo está vacío o con poca carga y actuando las dos con el vehículo a plena carga.

Si para que $T = \text{cte.}$ se tiene que cumplir que $h = \text{cte.}$, para ello, si $P \neq \text{cte.}$, tiene que ser $K \neq \text{cte.}$ y además ser variable en función de P , para conseguir h y, por tanto, T cte.

Las suspensiones neumáticas aportan como elemento elástico un cojín o resorte neumático lleno de aire comprimido, cuya presión se puede aumentar al incrementar la carga, obteniendo una dureza progresiva, haciendo que el período se mantenga en unos valores óptimos. Las suspensiones hidroneumáticas, son también suspensiones de confort y estabilidad excelentes.

Veamos cómo se relacionan el período T , la rigidez K y la masa suspendida M_s :

$$T = 6,28 \times \sqrt{\frac{M_s}{K}} \quad \text{kg/kgf/m} = \text{s}$$

Aquí también se ve que como el período, para que la suspensión sea confortable, debe estar comprendido entre 1,25 y 0,77 segundos si variamos la masa suspendida M_s debemos variar la rigidez de los muelles para que su cociente se encuentre en un valor óptimo $T \cong 0,77 \div 1,25$ s.

Los elementos elásticos son los siguientes:

- **Muelles helicoidales.**

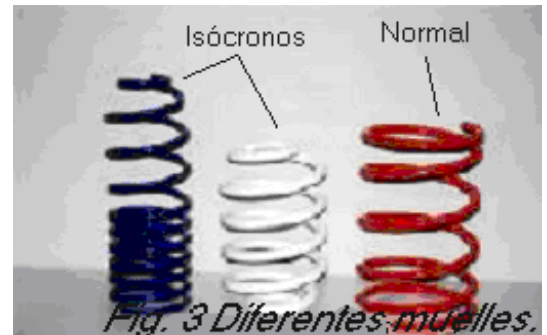
Están constituidos por un hilo de acero, arrollado en forma de hélice, cuyas espiras extremas se hacen planas para obtener un buen asiento o se las aloja en una cazoleta especial con un canal helicoidal para el último trozo del muelle. Están hechos de *acero al Mg o al Si*, en frío o en caliente. Los muelles se arrollan en forma de hélice en caliente y luego se hace un *granallado*, que es una lluvia de bolitas de acero para darle mayor dureza superficial.

Los muelles helicoidales trabajan por torsión del hilo y al comprimirse hay una fricción dentro de ellos, habiendo un movimiento armónico amortiguado, pues la fricción interior absorbe algo de energía. El efecto amortiguador es muy pequeño en muelles helicoidales igual que su rigidez longitudinal y transversal. Necesitan ser guiados con barras de

empuje y transversales (*Panhard* ó *paralelogramo de Watt*) que eviten desplazamientos de la carrocería con respecto a los ejes.

Características fundamentales son el diámetro del hilo, su altura H, el diámetro medio D, n.º de espiras, paso de la hélice, ángulo de inclinación de las espiras y material utilizado, luego la flexibilidad estará en función de todas estas características.

La flexibilidad del muelle helicoidal es directamente proporcional al cubo del diámetro del muelle y del número de espiras. La flexibilidad variable se consigue con muelles *isócronos* (figura 3),



que pueden ser muelles cónicos, siendo las de mayor diámetro las más flexibles y viceversa. Otra solución sería variar el paso entre espiras. La rigidez es inversamente proporcional a la cuarta potencia del diámetro de la espira.

• **Ballestas.**

Es el elemento elástico más antiguo. Soporta muy bien la carga, pues tiene gran resistencia a la rotura y consigue un buen guiado longitudinal y transversal.

Son unas láminas de acero, llamadas hojas, superpuestas, que hacen de elemento elástico deformándose y volviendo a su estado original. La mayor de las hojas se llama maestra y termina en dos hojetes curvados, por los que se une al chasis a través de silentblocks para que haya giro y no se produzca ruido. Cuanto más abajo están las hojas van siendo más cortas y menos curvadas. Todas las hojas se unen por un tornillo pasante en el centro de las hojas, llamado tornillo capuchino y las hojas más largas se mantienen alineadas por medio de abrazaderas.

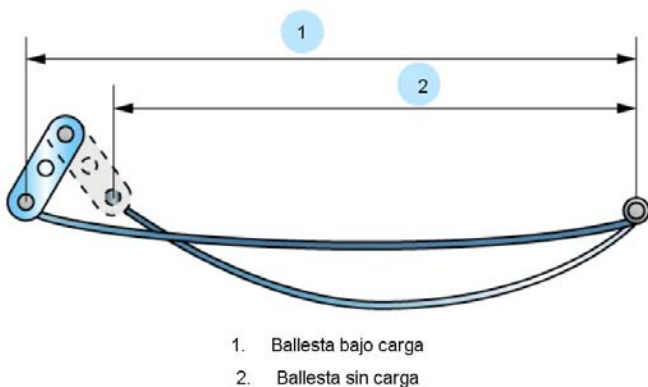


Fig. 4. Ballesta

La unión a la carrocería no se puede hacer fija, pues con la variación de curvatura, bajo carga implica un alargamiento de la ballesta (figura 4). Se suele colocar un extremo de la ballesta unido a la carrocería mediante un tornillo (delantero) y el otro extremo unido por una articulación llamada gemela (trasera), que permite variar la longitud a la ballesta. La gemela se coloca atrás para que la articulación

sencilla vaya delante y sirva de punto de apoyo por el cual el puente y las ballestas comunican su empuje al vehículo. El eje se suele montar en el centro o algo adelantado para que en tracción haya menos deformación y a través de bridas, que cogen la cabeza del tornillo capuchino para evitar desplazamientos del eje sobre la ballesta.

Las ballestas se suelen utilizar en ejes rígidos (fig. 5), principalmente. El eje se suele montar por encima de la ballesta, aunque en algunos todoterreno para ganar altura se sitúa por debajo.

Las ballestas tienen determinado efecto amortiguador debido al cizayamiento interior, igual que en un muelle, pero sobre todo debido al roce entre las hojas de la ballestas.

Las ballestas se fabrican de *acero al Mg* o *al Si*, igual que los muelles y pueden oxidarse, aumentando la fricción



Fig. 5. Ballesta y sus componentes

entre hojas, pudiendo llegar a griparlas o soldarlas. En el montaje se deben engrasar las ballestas para que no se oxiden y para que no tengan demasiada fricción. También se pueden montar láminas de plástico entre las hojas o un papel especial parafinado.

Cuando las ruedas giran, la fuerza resistente o reacción es en sentido contrario y tiende a retorcer la ballesta levantando el piñón de ataque. La deformación de la ballesta absorbe la citada reacción pero obliga a colocar dos juntas universales en el árbol de transmisión. La del grupo permite el levantamiento del grupo y la delantera el ballesteo. Para atenuar este

retorcimiento de la ballesta, que levanta el coche de delante, se coloca el puente trasero adelantado respecto al centro de la ballesta para hacer más rígido este trozo.

Una ballesta viene definida por su longitud, anchura de las hojas y número de ellas. Características esenciales son la flecha sin carga y la flexibilidad (la longitud en milímetros que disminuye la flecha cuando se la carga con 100 kg).

La flecha es la distancia que hay en milímetros desde la unión imaginaria de los dos hojeteros y la parte más baja de la cara superior de la 1.^a hoja, en reposo, es decir la curvatura.

La flexibilidad de la ballesta es directamente proporcional al cubo de la longitud e inversamente proporcional al número de hojas, al cubo del espesor y al ancho.

Si con el trabajo se pierde la flecha se debe recuperar de la siguiente forma:

- Calentarla al rojo para poderla deformar a golpes hasta conseguir la flecha.
- Hornear para darle el recocido para reconstituir el material.
- Si se hace en frío o si se enfría rápidamente se vuelve agrio el material y parte con menos carga.

En ballestas la flexibilidad variable se consigue con ballesta y ballestín (figura 6).

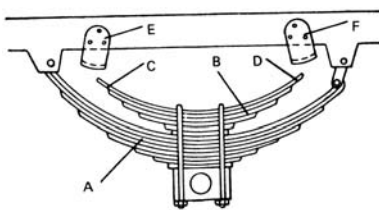


Fig. 6. Ballesta y ballestín (progresiva).

En los turismos se utiliza el montaje transversal, soportando la carga en el punto medio y están unidas a los brazos por los extremos (figura 7). Se usó en el Seat 600 y posteriormente el eje trasero del Seat Ibiza entre otros, llamado BBT

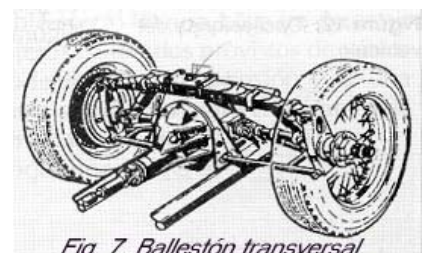


Fig. 7. Ballestón transversal.

(ballestón trasero transversal), (no confundir con las suspensiones de bicicletas de montaña).

- **Barras de torsión (fig. 8).**

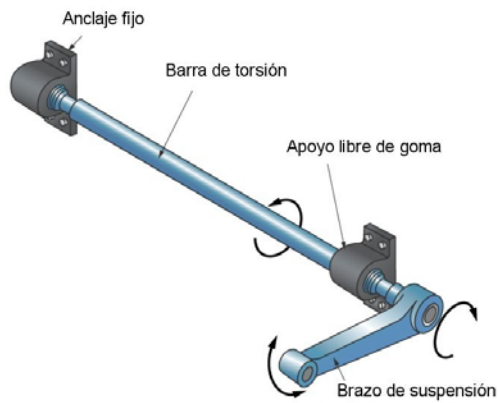


Fig. 8. Barra de torsión.

Está fabricada en un acero especial para muelles, de sección redonda o cuadrangular y en sus extremos lleva practicado unos estriados.

Un extremo de la barra va sujeto a un punto del chasis y el otro en un punto móvil, en donde se halla la rueda.

En las oscilaciones de la carretera la rueda debe vencer el esfuerzo de torsión de la barra.

Éstas suelen ceder bastante con el tiempo pero suelen permitir el reglaje de altura de la carrocería para evitar esto mismo.

La flexibilidad de la barra de torsión es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional a la cuarta potencia de su diámetro.

2.1.1.2. Amortiguadores:

Los amortiguadores absorben la energía de las masas oscilantes mediante el trabajo realizado por el fluido en su interior, transformando, finalmente, en calor dicha energía y elevando la temperatura del fluido del amortiguador. Su tarado, en compresión y extensión, está relacionado con los elementos elásticos y con el nivel de confort y seguridad de marcha requeridos.

Todo elemento elástico tiene un índice de *resonancia* característico, que cuando la *frecuencia* a la que trabaja iguala o supera ese límite puede suceder que el elemento elástico no le dé tiempo a recuperar su forma o incluso que llegue a la fractura.

La amortiguación consiste en eliminar las citadas oscilaciones, haciendo cada vez menor la amplitud o deformación de los elementos elásticos, contribuyendo así a su comodidad de marcha; también evita que éstas salten o reboten en el suelo, aumentando la seguridad de marcha.

Se llama *amortiguación crítica* a la necesaria para que el elemento elástico vuelva a su posición de reposo o equilibrio después de una oscilación completa. Se considera una amortiguación suficiente con un 25 por 100 de la crítica, en la que la amplitud o deformación de cada oscilación es la cuarta parte de la anterior. P. e.: en la primera oscilación la amplitud es de 16 mm, en la segunda será de 4 mm y en la tercera de 1 mm. Con valores de amortiguación cercanos a la amortiguación crítica se gana en estabilidad pero se pierde en confort, haciéndose la suspensión más dura, y con valores más lejanos de dicha amortiguación crítica viceversa.

La mayoría de las suspensiones con regulación electrónica adaptan la fuerza de amortiguación a cada situación de marcha. Antiguamente, un amortiguador sólo funcionaba en extensión, con lo que se llamaban de *un solo efecto*, en la actualidad trabajan en los dos sentidos, aunque mucho más en extensión porque se debe oponer a la extensión del muelle, llamándose de *doble efecto*.

Los amortiguadores hidráulicos se basan en la resistencia que ofrece todo líquido viscoso al paso por un orificio, pues hablamos de *dinámica de fluidos* en la que hay un roce entre líquido y orificios calibrados o válvulas.

Los de aceite tienen que llevar una cámara de compensación, porque la variación del volumen en las dos cámaras es distinta por tener en una el vástago, para compensar esto existe un calibre en la cámara inferior que comunica con la de compensación, estando ésta sin llenar, pues el aire debe absorber la variación de volumen.

Variando los pasos calibrados de las válvulas, puede obtenerse un amortiguador cuya acción de frenado resulte más o menos fuerte en uno o ambos sentidos, con lo que se obtienen amortiguadores más o menos duros tanto en extensión como en compresión.

Hay amortiguadores que son regulables, tanto en compresión como en extensión, bien girando el vástago de arriba o bien electrónicamente desde el tablero de abordo con varias posiciones.

Los amortiguadores delanteros y traseros suelen ser de distinto tarado debido a las distintas masas que tienen que sujetar.

Los elementos claves de un amortiguador son el eje, su guía, el pistón, los retenes y las válvulas. Un eje debe estar *cromado*, rectificado y pulido. Por cada 1.000 kilómetros un eje pierde una micra de revestimiento. La duración del amortiguador está relacionada con el revestimiento realizado (60 micras, 60.000 kilómetros). Los retenes son otra de las piezas claves para la calidad del amortiguador. El *retén* tiene la misión de que no entre suciedad y que no salga aceite. El polvo y el aceite esmerilan el vástago y se crean fugas. La temperatura del retén está en función de la del amortiguador y de la velocidad del vástago.

La *guía del eje* es otra pieza importante por los esfuerzos que soporta. Se construye de bronce y se acaba con teflón, elemento antidesgaste. Los *pistones* se construyen con material sinterizado y se recubren con teflón.

El tiempo de oscilación de un muelle, llamado período de oscilación, viene dado por la expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$$

Siendo T el período, h la deformación y g la aceleración de la gravedad.

Y como $\pi \cong \sqrt{g}$, se puede poner:

$$T = 2\sqrt{h}$$

La deformación también se puede expresar en función de la flexibilidad K: $h = P \times K$

Entonces para que el período T esté alrededor de 1 s, la deformación h debe ser de alrededor de 0,15 a 0,2 m.

Hay que tener en cuenta que con el uso la temperatura del aceite aumenta y el aceite se vuelve menos *viscoso*, costándole menos pasar por los orificios y frenando menos o amortiguando menos. También les afecta la temperatura ambiente. Algunos amortiguadores constan de *termostatos* interiores que abren y cierran válvulas en función de la temperatura.

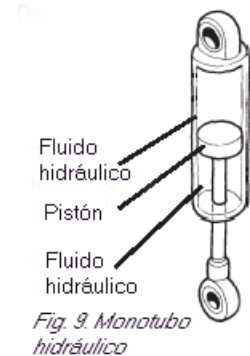
Normalmente van colocados entre el chasis y el eje, situando las botellas o cilindros en la parte baja para evitar fugas de aceite, pero en competición al revés para disminuir las masas no suspendidas (motos, horquilla).

Los principales problemas de suspensión son debidos, principalmente, al desgaste de los amortiguadores, porque tienen un trabajo duro, el de absorber la energía de las oscilaciones de las masas suspendidas y de las no suspendidas.

Veamos los distintos tipos de amortiguadores:

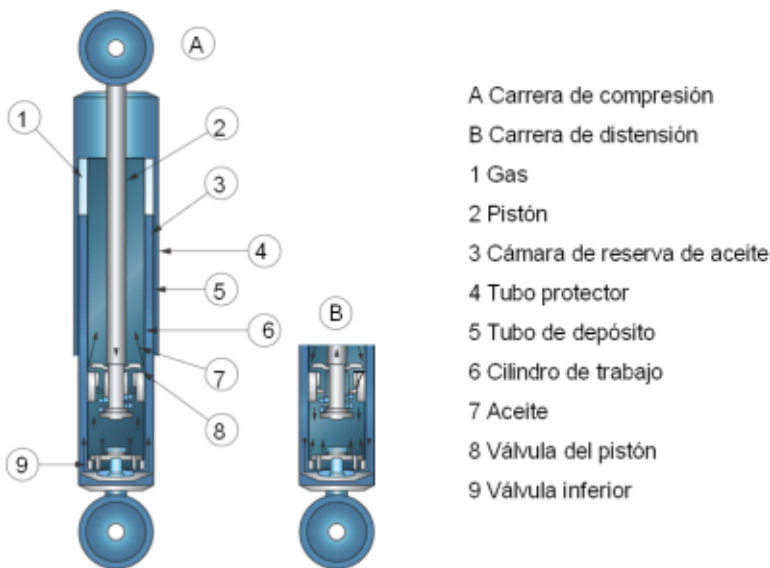
• **Monotubo hidráulico (fig. 9).**

Todos los mecanismos se encuentran cerrados en un único tubo. Son largos porque la cámara de compresión se encuentra en la prolongación del amortiguador y tienen un costo de fabricación económico. Este tipo de amortiguadores tienen facilidad de tener fugas por el retén del vástago porque el retén sufre la presión del aceite. Dentro del amortiguador hay una cámara separada del aceite por un pistón separador, que sirve para corregir el volumen del vástago que se introduce en la cámara.



• **Bitubo hidráulico (fig. 10).**

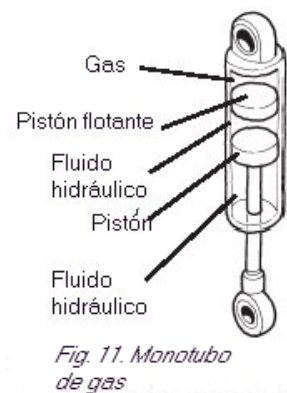
Los bitubo son los más extendidos, tienen una longitud menor por que la cámara de compensación la tiene por fuera de la cámara principal donde circula el émbolo, frente al monotubo. Poseen dos tubos concéntricos, el primero es el cilindro principal o cámara del pistón y el segundo es la cámara de compensación. La estanqueidad es más fácil debido a las caídas de presión debida a las válvulas. Refrigeran mejor debido al movimiento alternativo que tiene el aceite en la cámara de compensación debido al movimiento alternativo del émbolo.



• **Monotubo de gas (Fig. 11).**

Carrera de compresión.—Contrariamente el amortiguador de dos tubos, el modelo que consiste en un solo tubo no tiene depósito. Sin embargo, hace falta guardar el aceite remplazado cuando la varilla del pistón penetra en el cilindro. Esto se consigue mediante una capacidad variable de aceite en el cilindro. Por eso, el cilindro no está completamente lleno de aceite, sino que la parte interior contiene gas (nitrógeno) bajo una presión de 20 a 30 bares. El gas y el aceite se separan mediante un pistón separador. Al comprimirse el amortiguador, el pistón separador es también impulsado hacia abajo por el volumen de la varilla del pistón que penetra, haciendo aumentar algo la presión tanto en la parte con gas como en la parte con aceite. Asimismo, el aceite debajo del pistón es forzado a fluir hacia arriba por el pistón. La resistencia producida así se llama la amortiguación en compresión del amortiguador.

Carrera de expansión.—El estirarse el amortiguador, el aceite que se encuentra entre el pistón y la guía, debe empezar a fluir por el pistón.



La resistencia que produce es la amortiguación en expansión del amortiguador. Al mismo tiempo, la varilla del pistón vuelve a salir parcialmente, mientras el pistón deparador vuelve a ocupar su posición inicial.

• **Bitubo de gas:**

Carrera de compresión.--Al apretarse la varilla del pistón, el aceite fluye sin resistencia desde debajo del pistón a través de los taladros y la válvula de sentido único hacia el volumen aumentado por encima del pistón. Al mismo tiempo, una cantidad de aceite es desplazada por el volumen de la varilla del pistón que penetra en el cilindro. Está cantidad de aceite se presiona ahora a través de la válvula de fondo hacia el depósito (lleno de nitrógeno a 4 u 8 bares). La resistencia experimentada por el aceite al pasar por la válvula de fondo forma la amortiguación hacia adentro del amortiguador.

Carrera de expansión.--Al estirarse la varilla del pistón, el aceite encima del pistón se presiona influye por los taladros del pistón. La resistencia que el aceite experimenta al pasar por el pistón forma la amortiguación hacia fuera del amortiguador. Al mismo tiempo, en expansión una cantidad de aceite fluye, sin encontrar resistencia, devuelta del depósito por la válvula de fondo hacia la parte inferior del cilindro, para compensar con el volumen de la varilla del pistón que sale desde el cilindro.

• **De gas con botella separada (fig. 13).**

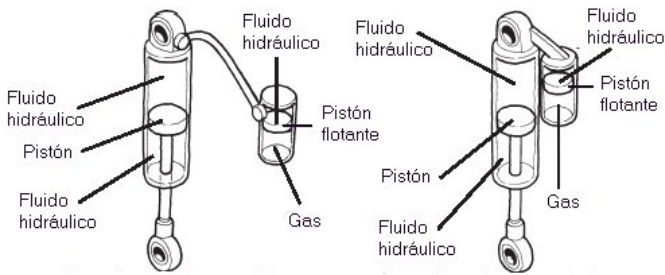


Fig. 13. Monotubo de gas con botella separada.

Contiene el pistón separador del aceite y del gas, pudiendo tener mayor cantidad de aceite en el tubo para reducir la temperatura de trabajo y además reducir la masa no suspendida. La regulación en compresión se hace con una rueda giratoria situada en el depósito, separado del cuerpo del amortiguador y la regulación de la extensión se regula en la base del tubo del mismo.

• **Amortiguadores para McPherson (fig. 14).**

El amortiguador hace de elemento activo de la suspensión y la carcasa del amortiguador soporta la parte inferior del muelle, lo que exige que los vástagos, guías y carcasas sean fortísimas. Esto encarece la sustitución por piezas y mano de obra, pero abarata la fabricación de la suspensión que es más sencilla.

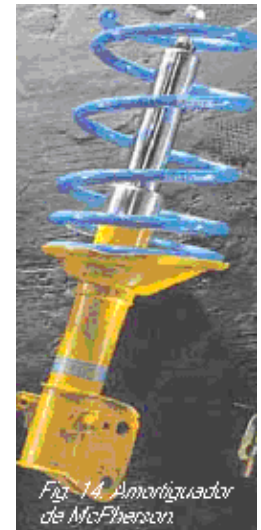


Fig. 14. Amortiguador de McPherson.

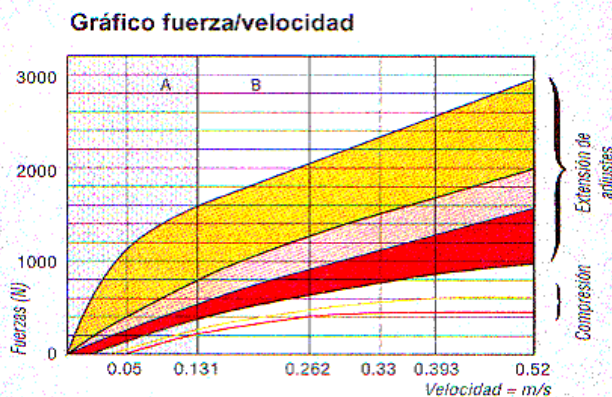


Fig. 15. Diagrama amortiguador fuerza/vel. pistón.

función de la carrera del amortiguador.

• **Diagramas:**

Existe un diagrama típico de amortiguadores que es:

- Diagrama de fuerza en compresión y expansión en función de la velocidad del pistón (utilizado en competición), (fig. 15).
- Existe otro diagrama de fuerza en compresión en

2.1.1.3 Barras estabilizadoras (fig. 16).

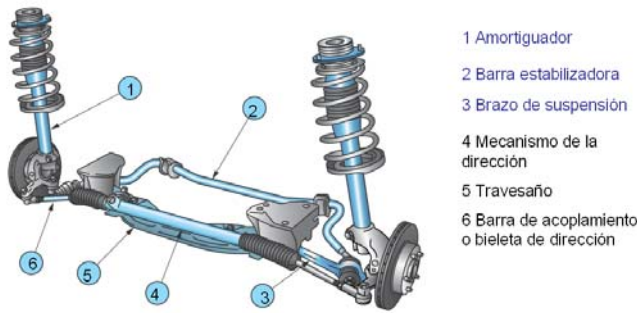


Fig. 16. Barra estabilizadora.

En las curvas la carrocería se inclina hacia fuera por efecto de la fuerza centrífuga, por esto, las ruedas exteriores soportan mayor carga que las interiores y no ofrecen ya igual fuerza de adherencia al suelo. Las barras estabilizadoras ayudan a compensar estas diferencias entre ruedas de un mismo eje, endureciendo la suspensión y equilibrando las cargas y fuerzas de adherencia en ambas ruedas.

Las barra estabilizadora está situada transversalmente sobre el vehículo y está unida por el centro por dos cojinetes elasticos al chasis. Cada extremo está fijo a un brazo de suspensión, uniendo ambas ruedas del mismo eje.

Cuando una rueda pasa por un obstáculo produce sobre la barra estabilizadora un esfuerzo de torsión que reparte el esfuerzo sobre la otra rueda del mismo eje. La barra estabilizadora también trabaja en recta para evitar los balanceos debido al aire.



Fig. 17. Silentblock.

2.1.1.4. Silentblocks (fig. 17).

Las articulaciones propias de los organós de suspensión estan montados generalmente con cojinetes elasticos de caucho.

El caucho trabaja a torsión y es amortiguador dentro de una cierta medida y pueden absorber bibraciones y ademas soportan muy bien la presión. Evitan contacto metal-metal.

2.1.1.5 Rotulas (fig. 18).

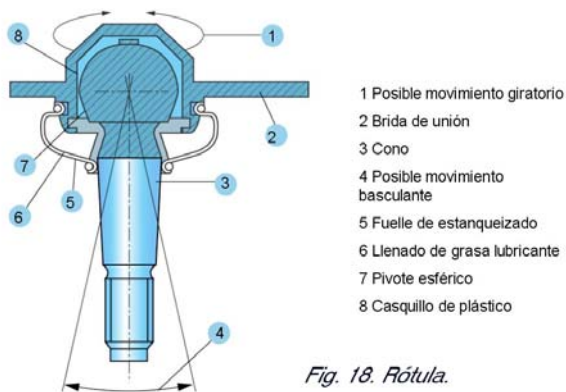


Fig. 18. Rótula.

Están formadas por un perno con cabeza esférica, revestida de fibra de teflón, que tiene un coeficiente de fricción muy bajo, con lo que el desgaste es mínimo, a la vez que silencioso y no necesita engrase. La cabeza va tapada con un guardapolvo. La rotura del guardapolvos permitira que entre agua, barro, etc., que oxidaran y desgastaran la rótula y el casquillo de teflón, produciendo holguras y luego que se pueda salir la rotula de su alojamiento. El perno se une a la mangueta por medición

de un tronco de cono y una tuerca. El tronco de cono precisa de tratamientos termicos para aumentar su resistencia continuada a esfuerzos de flexión maxima. La cabeza esferica tambien va tratada en dureza y acabado para evitar desgastes. La rotula puede estar hecha con el brazo, puede ir remachada o atomillada. Las rotulas permiten movimientos en planos diferentes.

Hay varios tipos de rótulas que son los siguientes:



- De carga y de acompañamiento (fig. 19).

Las de soporte de carga tienen depositado el peso del vehículo sobre ellas. Es importante conocer cual de las rótulas es de carga, ya que está soporta un esfuerzo mucho mayor y sufre un desgaste mas alto. Las de acompañamiento no soportan el peso del vehículo en el brazo que articulan.

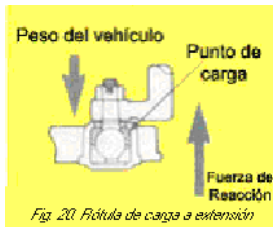


Fig. 20. Rótula de carga a extensión

- De carga de extensión (fig. 20).

En las de tensión el peso del vehículo tira del vástago de la rótula.

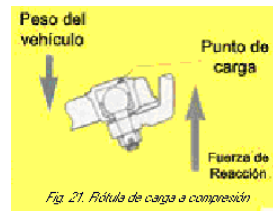


Fig. 21. Rótula de carga a compresión

- De carga de compresión (fig. 21).

En las de compresión el peso del vehículo presiona el vástago del perno hacia el interior soportando el peso del bastidor.

- Rótula o rodamiento superior de la MacPherson (fig. 22).

Suele ser un rodamiento que se encarga de permitir el giro entre la copela que es solidaria a la carrocería y el plato de apoyo del muelle, que es solidario a éste y que gira cuando giramos la dirección.

El estado de este rodamiento es fundamental, pues puede producir ruidos al girar la dirección e incluso aumentar el par de giro del volante, teniendo el conductor que hacer más esfuerzo para girarlo, pudiendo también tener puntos más duros que harán una conducción inestable y poco precisa al conductor, reduciendo así la seguridad del vehículo y la suya propia.

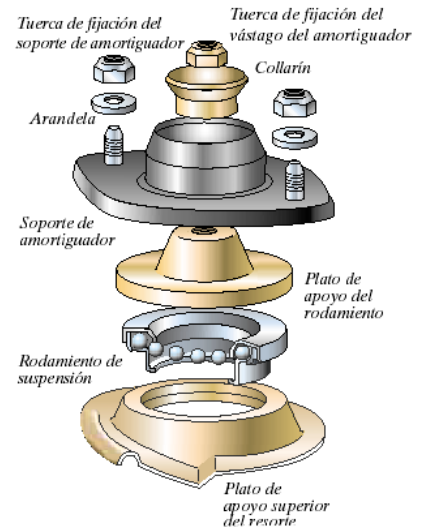


Fig. 22. Rodamiento superior de la McPherson.

2.1.2 Tipos de suspensiones:

La primera diferencia que habría que hacer es la de eje rígido y suspensión independiente.

2.1.2.1 Eje rígido:

Tiende a desaparecer. Tiene una gran sencillez, facilidad de montaje y robustez. En todo terreno se siguen conservando porque interesa la robustez y la altura fija al suelo.

Pero cuando una rueda atraviesa un obstáculo y se inclina respecto del vehículo, la rueda del otro lado cambia la caída en la misma proporción. Su gran desventaja reside en el excesivo peso no suspendido, sobre todo si se incluye el eje diferencial y los palieres.

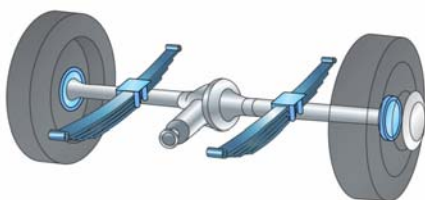


Fig. 23. Eje rígido con ballestas.

- De ballestas (fig. 23).

En la siguiente figura se muestra un eje rígido de un tren trasero actuando de eje propulsor. Éste está compuesto por la unión de dos tubos de forma cónica, "tronpetas", que sirven de alojamiento a los palieres, y con una gran cavidad central que sirve de alojamiento al diferencial. Como elemento elástico utiliza la ballesta y amortiguador telescópico.



Fig. 24. Eje rígido con muelles y guiado con una articulación de Watt

- De muelles (fig. 24).

En la siguiente figura se muestra un eje rígido de tren trasero para un vehículo de tracción delantera. Éste está constituido por un eje unido a los cubos de las ruedas. Sobre este eje se apoya los elementos de suspensión. En este caso, como elemento elástico se utiliza el muelle helicoidal.

- **Guiado**

El eje rígido cuando lleva muelles necesita un guiado longitudinal y transversal, pues los muelles no tienen ninguna rigidez, de tal forma que al subir y bajar las ruedas y al aplicar potencia no cambie la batalla, ni haya desplazamientos laterales de la carrocería, ni gire el eje (trompeta).

El *guiado longitudinal* se hace con dos o cuatro barras longitudinales con rótulas tipo Hiedes (competición) o mediante bujes de goma. Las barras van unidas al puente por un extremo y a la carrocería por otro. Este tipo de guiado las ballestas no lo necesitan. El *guiado transversal* requiere de una *barra Panhard*,



(figura 25) que une por un extremo el puente y por otro la carrocería. Permite un ligero desplazamiento de carrocería con las oscilaciones de la suspensión. Otro elemento que se puede instalar es un *paralelogramo de Watt* o *articulaciones de Watt* (Fig. 24), que no permite ningún deslizamiento transversal de carrocería. Consta de un balancín en el grupo de la que salen dos barras de igual longitud ancladas al chasis (más perfecto).

2.1.2.2. Suspensiones semirrígidas.

- **De puente de Dion (fig. 26).**

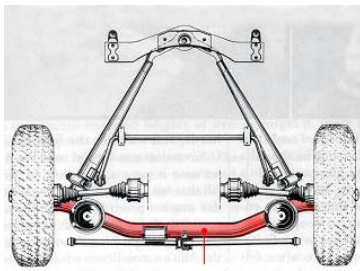


Fig. 26. Puente de Dion.

En este sistema las ruedas están unidas mediante semiejes articulados al diferencial, el cual es parte de la masa suspendida, ya que está unido al chasis del vehículo. El giro se transmite a las ruedas por semiejes como en la suspensión independiente. Las dos ruedas están unidas de forma rígida, mediante una traviesa o eje de Dion, anclado al chasis.

Este sistema, respecto al eje rígido tiene la ventaja de tener menos peso no suspendido, ya que el eje de Dion pesa menos que el conjunto diferencial. Tiene como elemento elástico el muelle helicoidal y va acompañado de dos tirantes longitudinales para limitar el desplazamiento longitudinal del vehículo.

- **Eje Deltalink (fig. 27).**

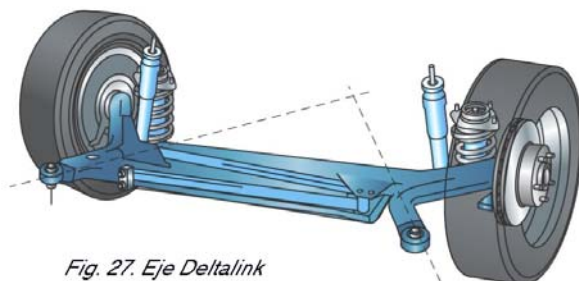


Fig. 27. Eje Deltalink

Este sistema es de ruedas tiradas mediante dos brazos longitudinales, unidos al eje Deltalink. Este eje está formado por dos brazos transversales unidos entre sí mediante cojinetes elásticos.

El guiado de los brazos se realiza con tirantes transversales, y como elemento elástico, utiliza el muelle helicoidal.

2.1.2.3 Suspensiones independientes:

Su objetivo es mejorar el confort la estabilidad y al mismo tiempo reducir las oscilaciones recibidas del suelo y no transmitir las de una rueda a otra.

Además se consigue menor desplazamiento de la carrocería, favoreciendo el agarre de las ruedas al suelo al tener menos peso no suspendido, puesto que se sustituye el eje rígido por los brazos de menor peso, por tanto se reduce

el efecto que se produce sobre el peso suspendido y existe menos peso unido a las ruedas y menor movimiento transmitido a la carrocería. Las suspensiones independientes más usadas son:

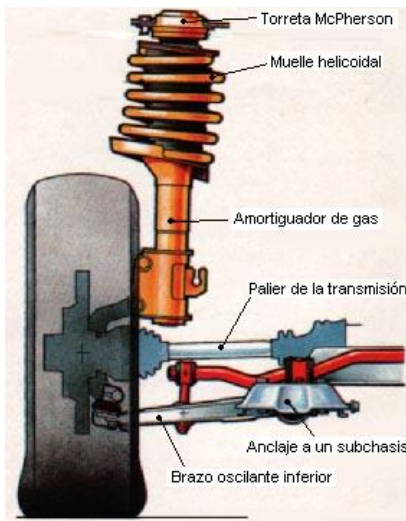


Fig. 28. Suspensión McPherson

• **McPherson (fig. 28).**

Es uno de los sistemas más empleados en el eje delantero. Este sistema solamente lleva un brazo oscilante unido por un extremo al bastidor mediante cojinetes elásticos, y por el otro extremo a la mangueta a través de una rotula, la mangueta por su parte superior está unida al amortiguador vertical. Este está dotado de una plataforma en la cual se apoya el muelle helicoidal que lo rodea, y por el extremo superior, se apoyan la carrocería en el conjunto muelle helicoidal y amortiguador.

Esta disposición también sirve como eje vertical de giro de las ruedas, por lo que el conjunto describe un ángulo proporcional al efectuado en el volante.

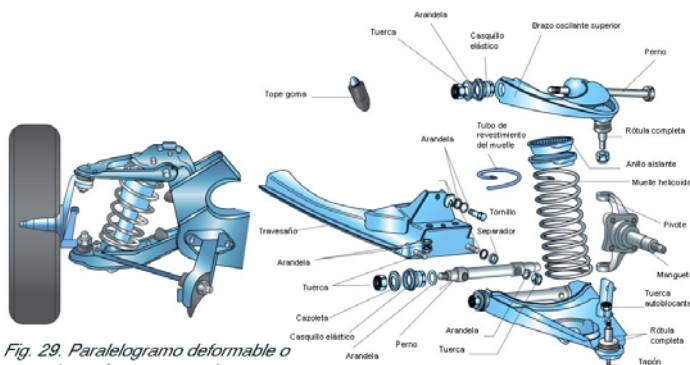


Fig. 29. Paralelogramo deformable o trapecios superpuestos.

• **Paralelogramo deformable (fig. 29).**

Junto con la suspensión McPherson son las más utilizadas tanto en tren delantero como trasero.

El paralelogramo está formado por dos brazos en forma de triángulo, uno superior y otro inferior unidos al bastidor mediante cojinetes elásticos, y cerrando el paralelogramo se unen a la mangueta que va articulada mediante rotulas.

Como elemento elástico utiliza el muelle helicoidal, que va colocado entre el brazo inferior y el bastidor. Unos bloques de choque sirven de tope elástico para evitar que el brazo inferior suba en exceso y limitar la carrera de compresión del amortiguador.

• **Multibrazo (fig. 30).**

Es una evolución de la suspensión de paralelogramo deformable.

La diferencia fundamental de este sistema es que los elementos de guía (brazos) de la suspensión multibrazo, tienen varios brazos oscilantes anclados mediante cojinetes elásticos. Permite modificar los parámetros de la rueda, como caída o convergencia de la forma más apropiada. En caso de su utilización en el tren trasero permite ruedas "auto-direccionables", para mejorar la estabilidad en las distintas situaciones de uso del automóvil.

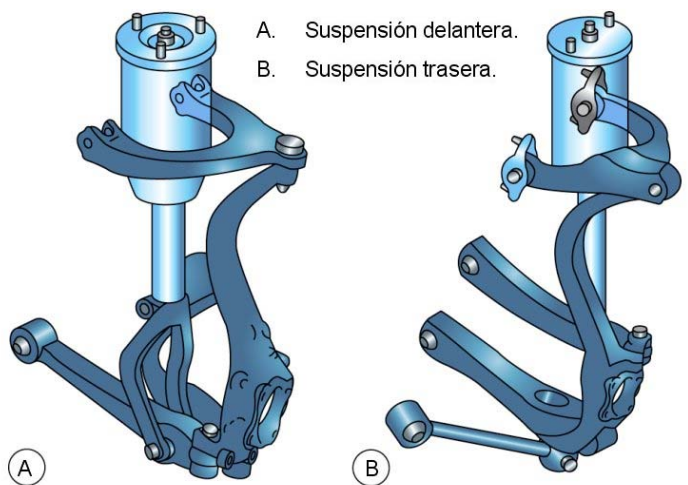


Fig. 30. Suspensión multibrazo.

• **Brazos tirados:**

Esté sistema de suspensión se caracteriza por tener los brazos unidos por un extremo a la carrocería y el otro extremo a la rueda. Si el eje es de tracción, las ruedas son tiradas o arrastradas por los brazos que pilotan en la unión con la carrocería. Con este sistema no existen variaciones de caída en las ruedas.

Los elementos elásticos que se utilizan son barras de torsión y muelles helicoidales

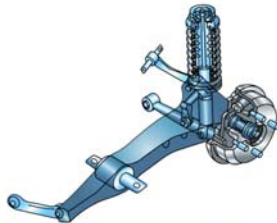


Fig. 31. Brazos tirados con muelles.

• **Brazos tirados con muelles (fig. 31).**

Está formado por dos ruedas independientes y brazos tirados longitudinales unidos, por un extremo al bastidor, y por el otro a la mangueta de la rueda.

Utiliza muelles helicoidales y amortiguadores hidráulicos telescópicos de doble efecto, y cuenta con un brazo superior y otro inferior que une el brazo tirado con el bastidor mediante cojinetes elásticos

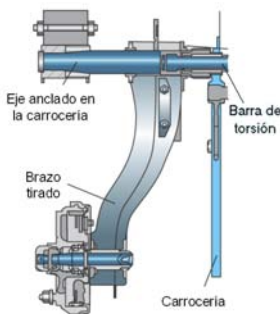


Fig. 32. Brazos tirados con barras de torsión.

• **Brazos tirados y barras de torsión (fig. 32).**

Es uno de los sistemas más empleados en eje trasero.

En algunos casos este sistema permite hacer del tren trasero un "eje autodireccional", con un pequeño ángulo de giro de 1.º a 2.º. Este se consigue mediante unos cojinetes elásticos colocados entre la unión del eje con el bastidor.

Esta unión elástica se deforma según la velocidad y el radio de la curva.

2.2 Suspensiones hidroneumáticas:

Los resortes utilizados en la suspensión convencional son sustituidos en la suspensión hidroneumática, por dos fluidos que aseguran su funcionamiento, un líquido y un gas.

2.2.1. Principio de funcionamiento (fig. 33).

El elemento básico de un sistema hidráulico, está formado por el conjunto cilindro-pistón, que pueden desempeñar dos funciones diferentes: Generador de presión y receptor de presión.

Sobre el generador de presión es conveniente saber que:

- Una fuerza aplicada sobre una superficie genera una presión.
- Cuanto menor es la superficie de aplicación, mayor es la presión generada.

Si disponemos de una fuente de presión y necesitamos una fuerza importante para accionar un sistema, es preferible elegir una gran superficie sobre la que aplicar la presión.

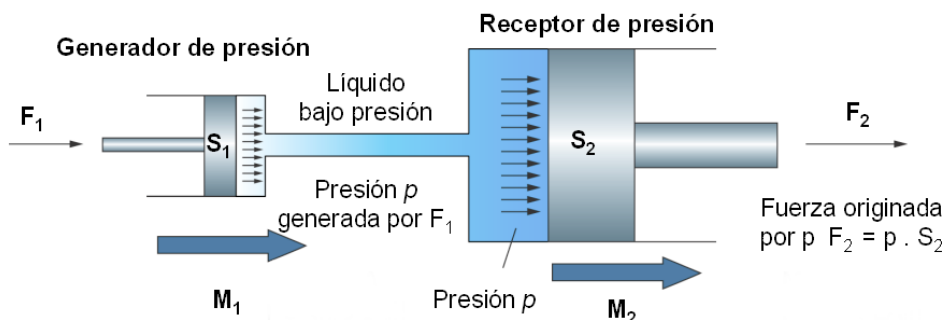


Fig. 33. Generador y receptor de presión

2.2.2 Componentes:

Los componentes de la suspensión hidroneumática son:

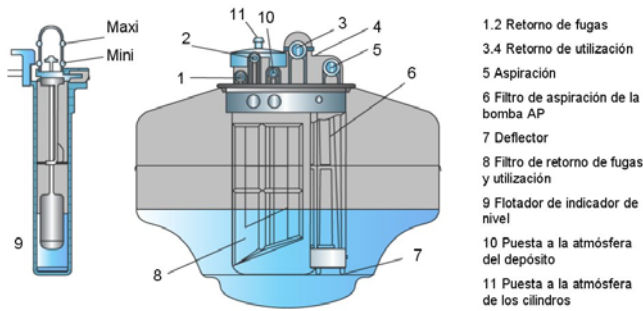


Fig. 34. Depósito LHM.

- 1.2 Retorno de fugas
- 3.4 Retorno de utilización
- 5 Aspiración
- 6 Filtro de aspiración de la bomba AP
- 7 Deflector
- 8 Filtro de retorno de fugas y utilización
- 9 Flotador de indicador de nivel
- 10 Puesta a la atmósfera del depósito
- 11 Puesta a la atmósfera de los cilindros

• **Depósito:**

Está construido de chapa embutida y realiza las siguientes funciones:

- Almacena el líquido necesario para un buen funcionamiento de los componentes.
- Recoge el líquido suministrado por la bomba cuando ésta se encuentra desconectada del circuito.
- Recoge los retornos de utilización para su almacenamiento y posterior utilización.
- Purifica realizando la decantación de las impurezas que pueda contener el líquido.
- Refrigera el líquido.
- Reposo el líquido espumoso.
- Visualiza el nivel de líquido.

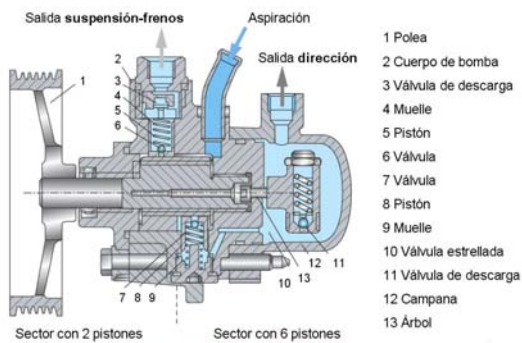


Fig. 35. Bomba de Alta Presión.

• **Bomba de alta presión:**

Es una bomba mecánica arrastrada por el motor mediante una correa, aspira el líquido hidráulico contenido en el depósito para enviarlo a presión a los elementos necesarios.

• **Conjuntor disyuntor:**

El conjuntor-disyuntor tiene la misión de mantener la presión constante de acuerdo con los valores establecidos por el fabricante comprendidos entre 145 bares mínimo y 170 bares máximo.

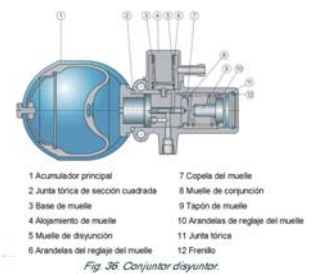


Fig. 36. Conjuntor disyuntor.

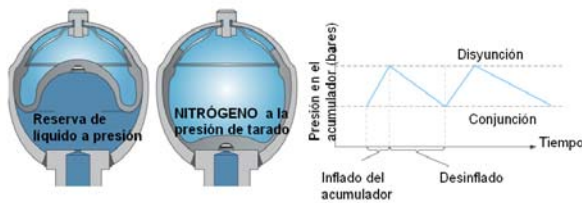


Fig. 37. Acumulador principal.

• **Acumulador principal (fig. 37).**

Es un depósito que almacena líquido a presión y no libera en función de las necesidades del circuito.

Está formado por una esfera de chapa embutida dividida en dos por una membrana deformable de caucho flexible. Una

parte está llena de nitrógeno a presión, y la otra parte está unida a la salida que recibe el líquido a presión. La capacidad total del acumulador es de 400 cm³.

- **Válvula de seguridad (fig. 38).**

Está formada por un pistón con su correspondiente muelle tarado, e incorpora el mancontacto que detecta la falta de presión de líquido. Interviene para suministrar, prioritariamente la presión necesaria a los órganos que deben permitir la parada urgente del vehículo. En caso de fallo en el circuito hidráulico, la válvula concede preferencia, a la alimentación de aquellos componentes que intervienen en la seguridad de los pasajeros.

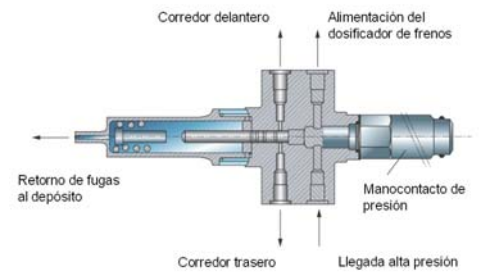


Fig. 38. Válvula de seguridad.

2.2.3. Funcionamiento.

Su funcionamiento se basa en una misma estructura (muelle, amortiguador), pero no se concibe de forma mecánica, si no hidroneumática y está compuesta por un líquido "hidro" y un gas "neumática".

Las irregularidades del terreno se transmiten a través del líquido al gas, el cual absorbe las oscilaciones de los elementos mecánicos.

Por tanto el gas, generalmente hidrogeno, constituye el elemento elástico de la suspensión, que es el resorte. El líquido en su movimiento al pasar a través de un orificio es frenado, efectuando la amortiguación, permitiendo así una suspensión de gran flexibilidad de funcionamiento.

2.3. Suspensiones neumáticas pilotadas (turismos) (fig. 39).

2.3.1. Ventajas.

Ofrece la ventaja de poder ajustar de forma rápida y automática la altura del vehículo y el grado de amortiguación de la suspensión de acuerdo con la carga del vehículo y la superficie del terreno sobre el que se está conduciendo. La suspensión neumática también tiene ventajas cuando se tira de un remolque, debido a que es capaz de suprimir el cabeceo de éste último.

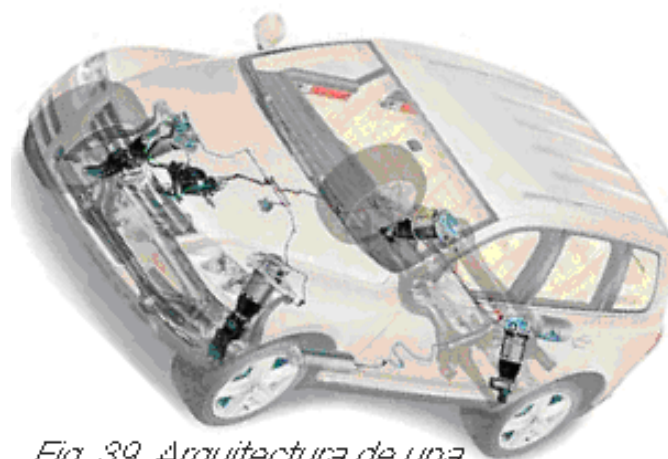
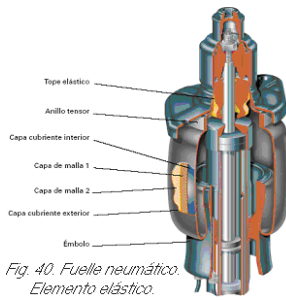


Fig. 39. Arquitectura de una suspensión neumática

2.3.3. Componentes.

Los componentes de la suspensión neumática son los siguientes:



• **Muelle neumático (fig. 40).**

Es un recinto con una parte rígida y otra flexible, dentro del cual hay gas a presión.

• **Compresor (fig. 41).**

La creación de presión de aire ocurre mediante un compresor de embolo de presión hidráulica de tapa única con secado de aire integrado.

Para evitar que el fuelle arrollable y el cartucho de secado se ensucien con aceite, el compresor está diseñado como un compresor de marcha en seco.

– Características del compresor:

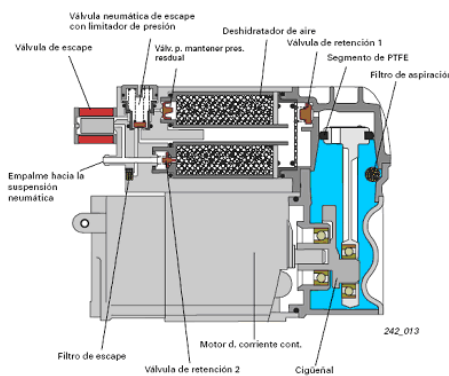


Fig. 41. Compresor.

- La presión de servicio es de 16 bares.
- El lugar de montaje se encuentra fuera del vehículo y no tiene blindaje contra ruido.
- La aspiración y la purga de aire ocurre mediante un filtro de aire/aislamiento acústico del alojamiento de la rueda de repuesto.
- Una vigilancia de temperatura ocurre mediante un sensor de temperatura en la culata y un modelo de cálculo en la UCE.
- Una vigilancia de presión ocurre mediante un sensor de presión en el bloque de válvulas.

• **Acumulador de presión.**

El acumulador de presión permite un elevamiento rápido del nivel del vehículo con reducida emisión de ruido, ya que dicho acumulador solo se llena en situaciones de marcha en las que el funcionamiento del compresor se destaca acústicamente al menor grado. Mientras exista suficiente presión en el acumulador de presión, pueden efectuarse regulaciones progresivas sin intervención del compresor. El hecho de existir presión suficiente significa que antes de la regulación progresiva debe haber una diferencia de presión entre el acumulador y los muelles neumáticos de al menos 3 bares.

El acumulador de presión es de aluminio y tiene un volumen de almacenamiento de aproximadamente de 6,5 L. El llenado del acumulador de presión ocurre por principio solo en servicio de marcha a partir de una velocidad superior de 36 Km/h.

El acumulador de presión tiene como máximo una presión de 16 bar.

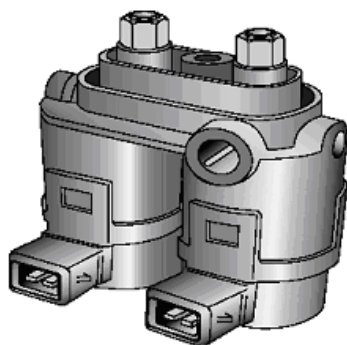


Fig. 42. Electroválvulas.

• **Electroválvulas (fig. 42).**

La válvula de purga N111 es una válvula distribuidora 2/2, y cerrada mediante falta de corriente.

La válvula de purga neumática se encarga de la limitación de presión y del equipo redentor del resto de presión.

Las cuatro válvulas de los muelles neumáticos y la válvula acumuladora conforman una unidad de válvulas. Éstas están concebidas como válvulas distribuidoras 2/2 y de cierre mediante falta de corriente. La presión por el lado del muelle neumático/del acumulador actúa en el sentido de cierre.

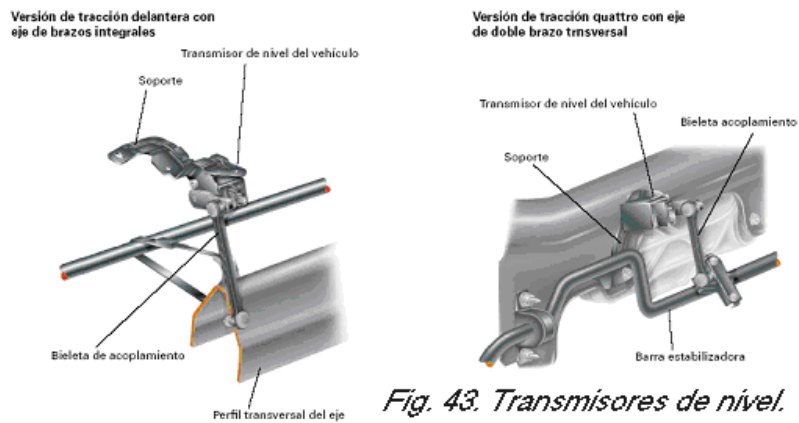


Fig. 43. Transmisores de nivel.

• Transmisores de nivel (fig. 43).

Los transmisores de nivel son llamados sensores de ángulo de viraje.

Con ayuda de la cinemática de las barras de acoplamiento se transforman las modificaciones de altura de la construcción del vehículo en modificaciones de ángulo.

Los sensores de los transmisores de nivel trabajan sin contacto, con principio de inducción.

La alimentación de tensión de los transmisores de nivel montados a la izquierda ocurre mediante la unidad de control de la regulación de alcance de luces. La alimentación de tensión del transmisor de nivel montado a la derecha ocurre mediante la unidad de control de la suspensión neumática. Los cuatro transmisores de nivel son iguales en construcción, solo los soportes y la cinemática de las barras de acoplamiento son específicas en cuanto a los lados y al eje.

2.3.4. Funcionamiento.

Cuando una rueda sube o baja un obstáculo del terreno, el resorte se comprime comportándose como un fuelle. La variación de volumen provoca una variación de presión en el interior del resorte, que le obliga a recuperar su posición inicial después de pasar el obstáculo. Los movimientos de las ruedas se transmiten al embolo, que se desplaza variando la altura del resorte obteniendo diferentes presiones en su interior.

Por tanto la fuerza de reacción esta en función del desplazamiento del embolo y de la presión interna que permiten conseguir un "resorte de flexibilidad variable progresiva".

2.4. Suspensión neumática de camión:

2.4.1. Componentes:

Los componentes de la suspensión neumática son los siguientes:

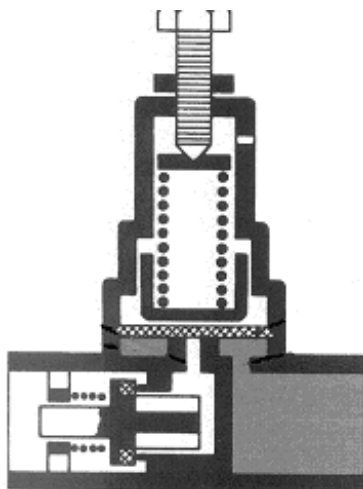


Fig. 44. Válvula de rebose sin retroceso.

• Válvula de rebose (fig. 44).

La válvula de rebose impide el paso de aire hacia la utilización hasta que no se alcanza la presión de tarado de la válvula.

Esta versión no permite el retroceso de aire en el sentido inverso de funcionamiento.

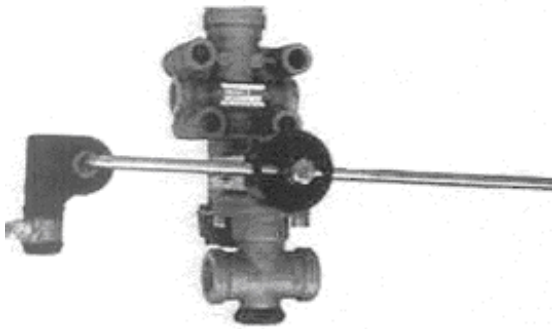


Fig. 45. Válvula niveladora con corte integrada.

• **Válvula niveladora (fig. 45).**

Tiene como misión regular la presión de los colchones neumáticos en función de la carga del vehículo.

• **Válvula de corte (fig. 46).**

Limita la altura máxima superior del bastidor de los vehículos equipados con suspensión neumática.

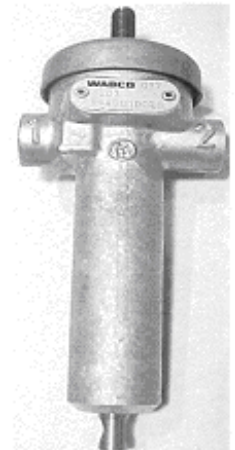


Fig. 46. Válvula de corte

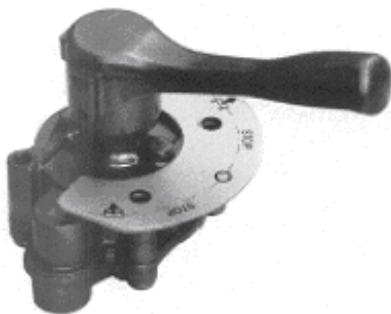
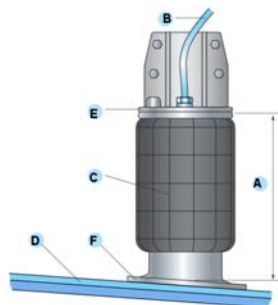


Fig. 47. Válvula control altura manual.

• **Válvula control de altura manual (fig. 47).**

Permite modificar la altura del vehículo dentro de los márgenes establecidos.



- A Cota de alzada y lugares desde donde se debe efectuar la medición de la misma
- B Tubería flexible de alimentación de aire
- C Fuelle neumático
- D Semiballesta
- E Soporte superior
- F Soporte o brida inferior

Fig. 48. Fuelle neumático.

• **Fuelle neumático (fig. 48).**

El resorte neumático está formado por una estructura de goma sintética reforzada con fibra de nailon que forma un cojín vacío en su interior. En la parte inferior está unido a un embolo, que va unido sobre el eje o los brazos de suspensión, y el fuelle de caucho va cerrado en su parte superior por una placa unida al bastidor.

2.5. Suspensión pilotada neumáticamente para camión ECAS:

2.5.1. Principio de funcionamiento:

El ECAS mantiene el nivel de altura de conducción así como cualquier otro nivel preseleccionado.

Nivel normal I: Nivel definido por el fabricante del vehículo para las condiciones de conducción habitual, por seguridad este sistema es controlado automáticamente a partir de 10 Km./h.

Nivel normal II y III: Pueden ser utilizados si se desea conducir con niveles especiales del chasis. Se activa automáticamente o de forma manual.

Dos memorias de altura: Con el vehículo parado disponemos de dos alturas programadas.

Retraso en la acción: Cuando el vehículo está parado y contacto ON, el ECAS corrige inmediatamente los posibles cambios de nivel.

Con el vehículo en movimiento las oscilaciones del chasis son ignoradas y el sistema no reacciona al menos que la oscilación dure más de 60 segundos. Se reduce consumo de aire y de combustible

Unidad de control remoto: Con un mando a distancia podemos posicionar la altura del chasis hasta el nivel deseado. Control del eje elevable.

Estabilizadores laterales: Control independiente de ambos lados de la suspensión. Estabiliza el chasis con cargas no distribuidas uniformemente.

Ajuste de los límites de altura: ECAS impide sobrepasar unos niveles superiores e inferiores programados.

Control del eje elevable: El eje elevable es automáticamente bajado si la carga permisible en los ejes principales es excedida durante un proceso de carga del vehículo.

Con el vehículo vacío o semicargado se puede conducir con el eje bajado actuando sobre el botón en cabina.

Ajuste de la posición cero: Si se desea conducir con el eje elevado, podrá conseguir de forma automática un incremento en el nivel normal de conducción para mejorar la distancia entre las ruedas y la carretera y así evitar que el eje elevado golpee sobre el asfalto.

Protección a la sobrecarga: Si la presión en los colchones es demasiado grande debido a una carga excesiva, el chasis será bajado completamente. El vehículo deberá ser descargado hasta que el chasis pueda ser elevado.

Compensación de la deflexión de los neumáticos: Según aumenta la carga, la deflexión de los neumáticos provoca un ligero descenso del vehículo. ECAS sube el nivel de conducción para compensar este descenso.

Ayuda a la tracción: Para ayudar al vehículo a iniciar la marcha en tramos de poca adherencia, el sistema previa activación de un botón, despresuriza los colchones de los ejes arrastrados y elevables y aumenta la presión en el eje motriz y por tanto su adherencia.

Arrodillado en buses: En situación de stop el autobús puede inclinarse o sobrebajarse para facilitar la subida o bajada de viajeros.

Control de puertas en buses: El sistema es capaz de controlar la apertura y cierre de puertas.

2.5.2. Ventajas:

Las ventajas son las siguientes:

- Mayor rapidez durante la subida y bajada del bastidor.
- Ningún consumo de aire durante la conducción y ahorro de combustible.
- Sistema de suspensión más sencilla.
- Diagnóstico electrónico del sistema, mayor eficacia y rapidez en la reparación.
- El control remoto significa, seguridad y confort para el conductor.

2.5.3. Componentes:

Los componentes son los siguientes:

- **UCE:**

- Contiene Un microprocesador que recibe constantemente señales del sensor de altura y de presión.
- Compara los datos que recibe con los almacenados en su memoria.
- Activa las Electroválvulas, para situar el vehículo hasta los valores de programación.

- Chequea constantemente el correcto funcionamiento del sistema.
- Activa lámparas de avería y nivel.

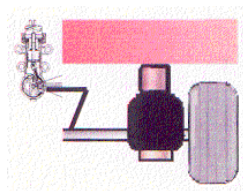


Fig. 49. Sensor altura.

• **Sensor de altura (fig. 49).**

- Se fija entre el chasis y el eje.
- El cuerpo contiene una bobina dentro de la cual hay un imán móvil.
- Cuando se produce un cambio de altura entre chasis y eje la varilla gira y provoca una variación de resistencia en la bobina.

- La altura es interpretada por la ECU como un determinado valor en COUNT.

• **Electroválvula (fig. 50).**

- Las Electroválvulas son excitadas por la ECU para llenar o vaciar los colchones y así ajustar el nivel del vehículo.
- Son Electroválvulas bloque las cuales integran varias Electroválvulas para reducir la instalación y el espacio.
- Existen básicamente 3 tipos de Electroválvulas. Cada tipo depende del vehículo y del sistema ECAS.

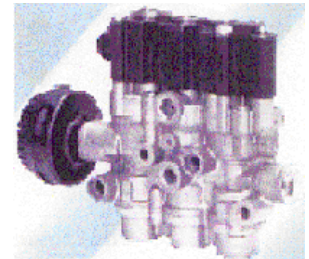


Fig. 50. Electroválvulas.

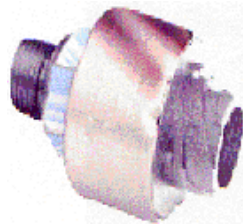


Fig. 51. Sensor de presión.

• **Sensor de presión (fig. 51).**

- Se utiliza en vehículos con control de eje elevable y compensación a la deflexión de neumáticos. El sensor transmite a la ECU una señal eléctrica proporcional a la presión que recibe. El rango de medida varía entre 0 y 16 bares.

- Pines: 1 Alimentación (+) y 2 Masa (-).
- 4 Salida de tensión proporcional hacia ECU.

2.5.4. Esquemas (figs. 52 y 53).

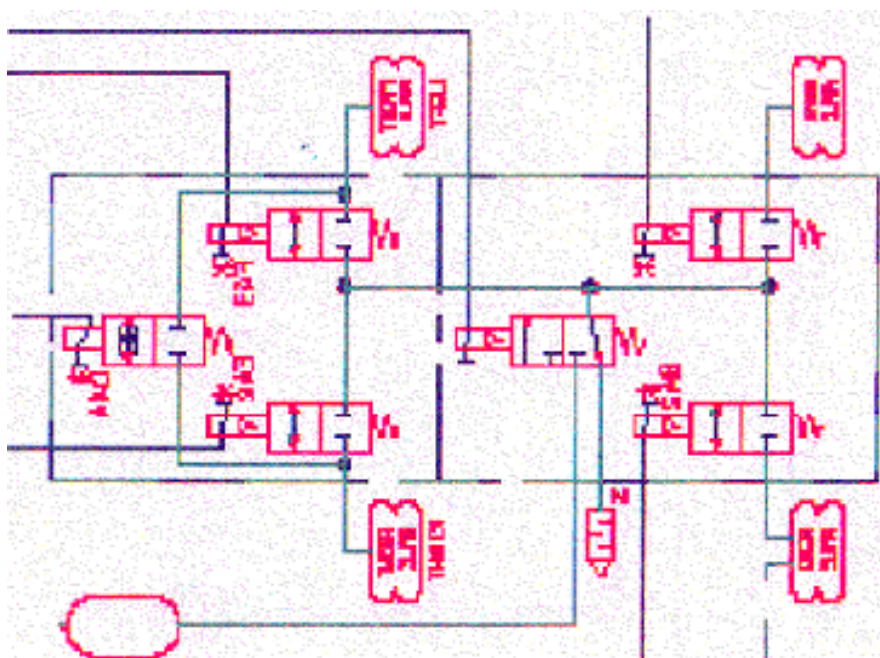


Fig. 52. Esquema 1 (sin presión).

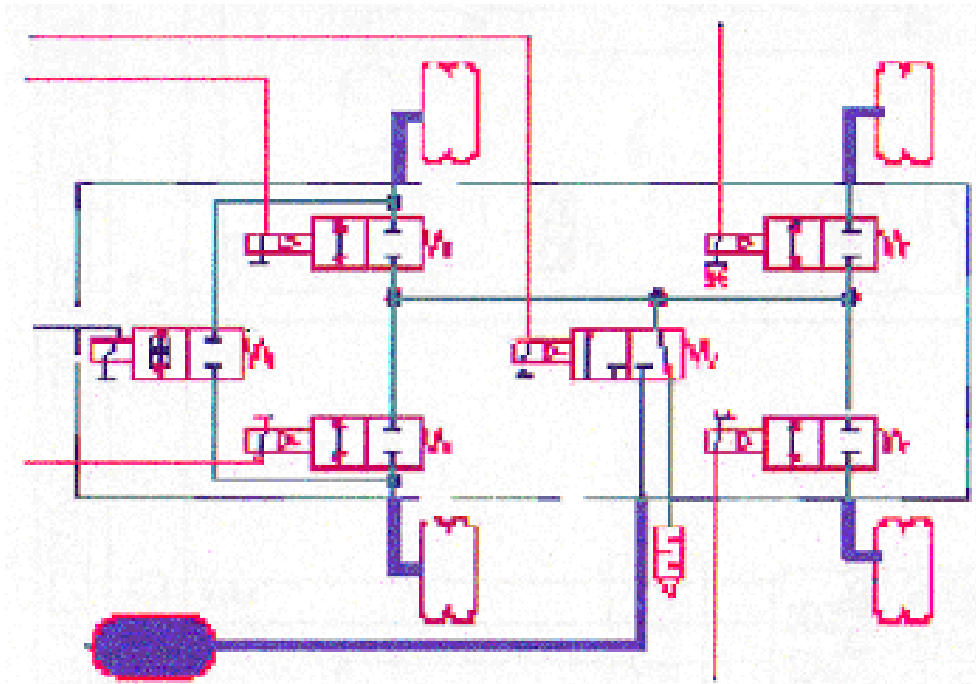


Fig. 53. Esquema 2 (con presión).

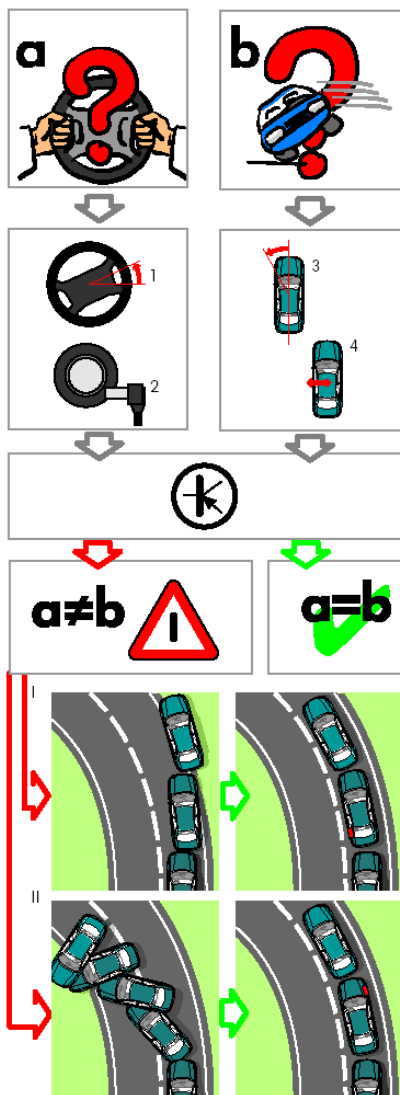


Fig. 54. Lógica del ESP.

2.6. Control de estabilidad turismos ESP:

2.6.1. ¿Qué es el ESP?

Cuando el vehículo quede fuera de control aun cuando la velocidad sea adecuada, el ESP impide un posible patinazo desde el principio. El ESP consigue este objetivo mediante intervenciones discriminadas inmediatas en los frenos y en el control del motor y del engranaje. El ESP calcula la dirección en la que el conductor desea desplazarse tomando como base el ángulo de dirección y las revoluciones de las ruedas (figura 54).

Gracias a las señales del sensor de tasa de giro y aceleración transversal, el ESP detecta si el vehículo se mueve en otra dirección. En ese caso el ESP reacciona muy rápidamente y frena discriminadamente cada rueda individual, guiando así al vehículo en la dirección deseada.

2.6.2. Componentes:

Los componentes son los siguientes:

- **Grupo hidráulico (fig. 55).**

El hidrogupo ejecuta las órdenes y controla la presión en los respectivos cilindros de freno de rueda a través de válvulas magnéticas. Se encuentra entre el cilindro principal y los cilindros del freno de rueda en el compartimento de motor.

El hidrogupo contiene válvulas magnéticas de entrada y salida para regular la presión en los diferentes frenos de rueda. El hidrogupo está

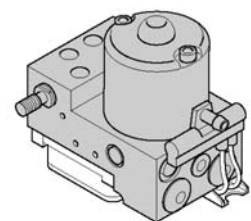


Fig. 55. Grupo hidráulico.

compuesto por una bomba de recirculación con succión automática, una

cámara amortiguadora y una cámara acumuladora por cada circuito de freno, las válvulas de retención y las válvulas magnéticas, alojadas todas en una caja de bomba, así como por un motor de bomba fijado en la caja de bomba.

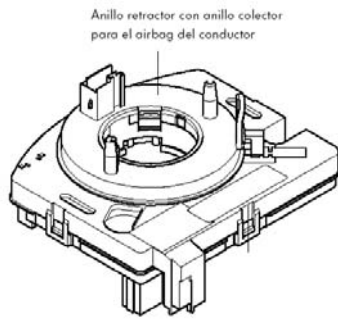


Fig. 56. Sensor ángulo de giro.

• **Sensor de ángulo de dirección (fig. 56).**

El sensor de ángulo de dirección tiene como función registrar la posición del volante calculando el ángulo de dirección. La maniobra de conducción deseada por el conductor se puede calcular utilizando también la velocidad y la presión de frenado deseada o la posición del pedal del acelerador.

El sensor de ángulo de dirección trabaja basándose en un principio de medición magnetorresistivo y registra la posición absoluta a través de 360° ó 720°, es decir, cuatro giros del volante.

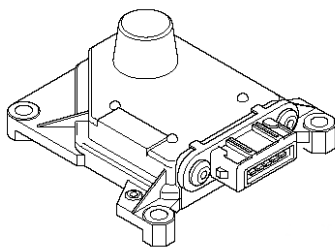


Fig. 57. Sensor de aceleración transversal.

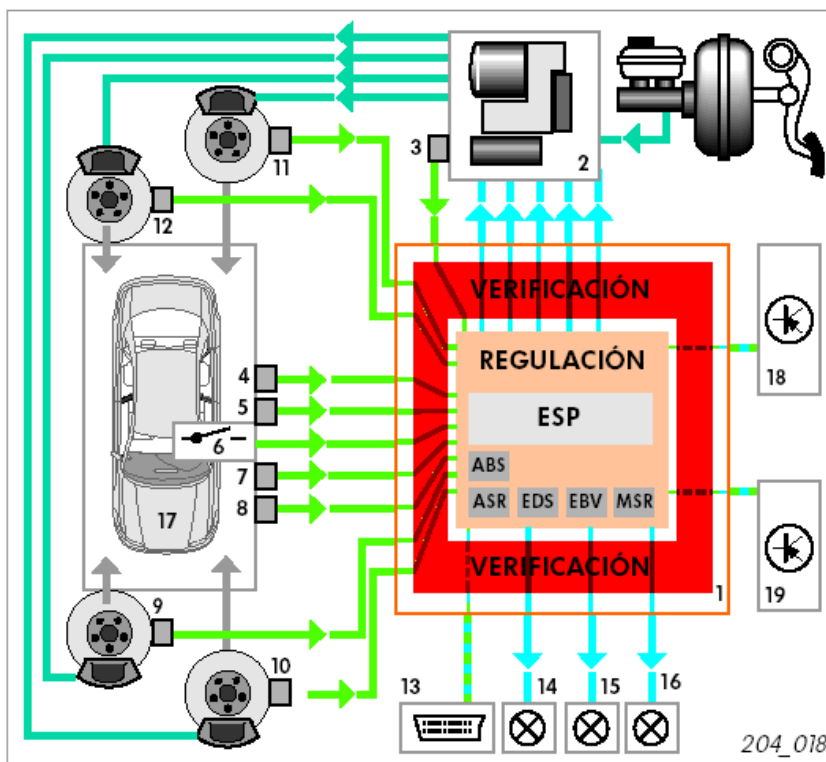
• **Sensor de tasa de giro y sensor de aceleración transversal (fig. 57).**

Tiene como función registrar todos los movimientos giratorios del vehículo en torno a su eje vertical. En combinación con un sensor de aceleración integrado se puede determinar así el estado del vehículo y cortejarlo con el deseo del conductor.

Es sensor de tasa de giro para ESP se basa en un principio de medición micromecánico que utiliza el principio de coriolis, es decir, el efecto de fuerzas en un sistema que gira. La utilización de este sensor en ESP requiere un

registro sumamente preciso de los movimientos del vehículo y amplias pruebas automáticas.

2.6.3. Funcionamiento, cuándo trabaja (fig. 58).



- 1 Unidad de control para ABS con EDS/ASR/ESP
- 2 Unidad hidráulica con bomba de precarga
- 3 Transmisor de presión de frenado
- 4 Transmisor de aceleración transversal
- 5 Transmisor de la magnitud de viraje
- 6 Pulsador para ASR/ESP
- 7 Transmisor goniométrico de dirección
- 8 Conmutador de luz de freno
- 9-12 Sensor de régimen
- 13 Cable para diagnósticos
- 14 Testigo luminoso para sistema de frenos
- 15 Testigo luminoso para ABS
- 16 Testigo luminoso para ASR/ESP
- 17 Comportamiento del vehículo y del conductor
- 18 Intervención en la gestión del motor
- 19 Intervención en la gestión del cambio (sólo vehículos automáticos)

Fig. 58. Esquema funcionamiento ESP

El ESP supervisa y compara las condiciones de conducción del vehículo 25 veces por segundo con el comportamiento al volante del conductor. Los sensores del ESP registran de inmediato las amenazas a la estabilidad, como el viraje excesivo o insuficiente.

El automóvil se estabiliza de nuevo mediante el frenado independiente de cada rueda y la gestión del motor.

2.6.4. Origen del ESP.

El ESP reúne las ventajas del sistema antibloqueo ABS y de la regulación antideslizamiento ASR, mejorando no solo la dinámica longitudinal, sino también la dinámica transversal del vehículo para un comportamiento de conducción estable en todas las direcciones.

2.7. Control de estabilidad para vehículo industrial.

El ESC precisa de una ingeniería de control extremadamente compleja así como de sensores y sistemas electrónicos de alto rendimiento.

La unidad electrónica del ESC se comunica con el módulo EBS a través de un bus de datos de alto rendimiento instalado en el sistema de frenos. La UCE del ESC funciona con microprocesadores de alto rendimiento, un sensor de velocidad de derrapaje y un acelerómetro. Todos los datos leídos por los sensores del vehículo se transmiten a un módulo ordenador. Éste ordenador se encarga de comparar la condición dinámica actual del vehículo con aquellas teóricamente admisibles. El ESC reacciona si detecta una aproximación de los dos valores o si el valor leído sobrepasa el valor de referencia máxima.

Los sensores del ESC son los siguientes:

- Sensores ABS para medir la velocidad de conducción.
- Sensor del ángulo de dirección para reflejar la actividad del conductor.
- Sensor de aceleración lateral para registrar cualquier desvío fuera de la ruta planeada.
- Sensor de velocidad de derrape que representa la situación actual al tomar una curva.

Todos los componentes del sistema ESC reducen la deformación automática y activa el peligro de inestabilidad al tomar una curva o al realizar una brusca acción evasiva. Esto también sucede cuando el vehículo circula por carreteras con superficie irregular al realizar errores en la conducción o dirección del vehículo. En situaciones en las que la dinámica del vehículo está comprometida, el ESC ayudado por el sistema EBS, actúa sobre los frenos en cada rueda, disminuyendo al mismo tiempo la potencia del motor.

El sistema ESC evita el efecto tijera de la combinación gracias al frenado medido del semirremolque, incluso tratándose de un semirremolque con sistema de frenos convencional.

El tercer logro del ESC consiste en reducir considerablemente la tendencia del semirremolque a volcarse. En el supuesto caso de curvas largas y alta velocidad o ante cambios bruscos de carril, el ESC reduce de forma automática la velocidad de la combinación tractor-remolque al alcanzar el límite de inclinación, esto se produce independientemente de cualquier acción del conductor consecuencia de la repentina inestabilidad del vehículo.

3. Verificación y control del sistema de suspensión.

La verificación de un sistema de suspensión deberá comenzar con las oportunas pruebas del vehículo en carretera, que ponen de manifiesto las anomalías existentes. Un recorrido por carretera sinuosa da idea de la estabilidad y balanceo en curvas, que si es deficiente indica una suspensión blanda en exceso. Si se hace circular el vehículo por carreteras en mal estado, podrán observarse los golpeteos y ruidos que puedan existir.

La verificación también se puede hacer en un banco de suspensiones que comprueba el estado o eficacia de los amortiguadores, indicando si deben ser sustituidos o no. De ser sustituidos se hará por ejes.

También se puede realizar desmontando los amortiguadores y montándolos en un banco de pruebas que nos sacará una gráfica.

La verificación de los muelles se hará con el vehículo descargado y midiendo la altura del casco al suelo en zona plana. Cotas inferiores a las permitidas por el fabricante indican que los muelles han cedido.

Las holguras se podrán ver en una máquina de chapas deslizantes como las de ITV o levantando el vehículo y con una palanca accionando las rótulas longitudinal y transversalmente para ver si hay holguras. Los desgastes de las rótulas en las que se orienta la mangueta se pondrá de manifiesto por holguras, que se notan al forzar la rueda de arriba a abajo teniéndola levantada.

Las holguras en las articulaciones de brazos oscilantes, que se puede comprobar teniendo la rueda levantada al intentar mover el brazo forzándolo.

Las holguras en las articulaciones de las ballestas, silentblocks o casquillos de caucho se comprueban forzando estos elementos de su posición de reposo.

Las fugas de líquido en los amortiguadores delatan su mal estado. Se deben sustituir.

Las hojas de ballesta rotas se detectan limpiando con un cepillo de alambres un lateral. Si hubiera sustituir.

Para comprobar las bridas de sujeción de ballestas, que deben mantenerla bien sujeta al eje, lo que se hace es intentar girar las tuercas de sujeción.

Los topes de suspensión se verifican visualmente, viendo si hay deformaciones o rajadas en la goma.

4. Diagnóstico de averías y reparación.

Se debe inspeccionar visualmente todo el sistema de suspensión.

Del resultado de estas pruebas se obtendrán los siguientes síntomas:

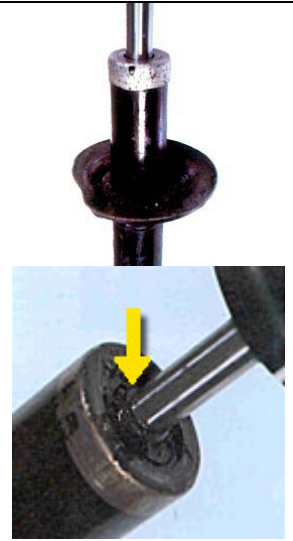
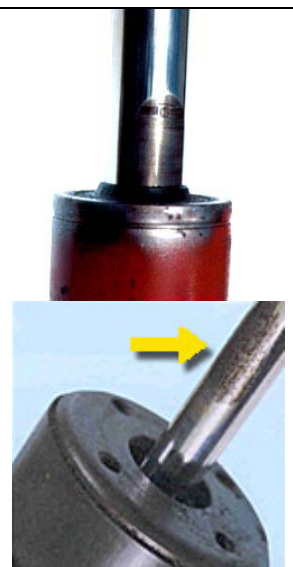
a) Suspensión blanda.--Debido a que los resortes han perdido flexibilidad, lo que se produce con el paso del tiempo, debido a las cargas que tienen que soportar constantemente. La reparación en este caso consiste en cambiar el elemento defectuoso, aunque si es ballesta puede corregirse dándole la flecha de nuevo y si es barra de torsión, retorciendo ésta hasta conseguir la altura deseada.

La suspensión puede resultar blanda por los amortiguadores, en cuyo caso se deben sustituir por ejes completos.

b) Suspensión dura.--Puede ser debido al agarrotamiento parcial de una ballesta, amortiguador, etc., en cuyo caso deberá desmontarse el mecanismo afectado y proceder a limpiar o reparar. También pueden estar oxidadas las ballestas y se procederá a limpieza y engrase.

c) Suspensión ruidosa.--Debido a rotura de alguna hoja de ballesta, muelle o barra de torsión, en cuyo caso deberá desmontarse el mecanismo defectuoso y proceder a su sustitución. El ruido puede provenir de amortiguadores, silentblocks de éstos o de los brazos de la suspensión, de la barra estabilizadora, o de cualquier articulación del sistema. Se debe sustituir la pieza defectuosa. En la actualidad no se suelen vender los silentblock de los brazos, sino que se venden los brazos con éstos ya colocados. Si se observa algún casquillo defectuoso, agrietado, etc. se debe cambiar.

d) Vibraciones de la suspensión.--Debidas generalmente a holguras en los ejes de los brazos oscilantes o deformaciones de los mismos, en cuyo caso hay una gran influencia en el sistema de dirección, como se verá. También pueden ser debidas a defectos de los amortiguadores. Veamos la diagnosis de los amortiguadores:

DEFECTOS EN LOS AMORTIGUADORES	
	<p style="text-align: center;">Amortiguador con pérdida de líquido.</p> <p>Notaremos una pérdida de eficacia importante.</p> <p>Debido a: Retén del vástago desgastado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fin de vida útil. - Condiciones de utilización extremas. - Arena o suciedad. - Falta de guardapolvos. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustituir los amortiguadores del eje afectado.
	<p style="text-align: center;">Capa cromada del vástago desgastada por roce.</p> <p>Notaremos una pérdida de eficacia importante y pérdidas de aceite del amortiguador.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excesivo esfuerzo mecánico del amortiguador ya montado. - Los puntos de fijación no coinciden (trabajan forzados). - Desgaste del retén y la guía del vástago. <p>¡Ojo! Apretar los amortiguadores sólo cuando el vehículo esté apoyado en el suelo.</p> <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustituir los amortiguadores del eje afectado.



Vástago dañado por mala manipulación.

Notaremos una pérdida de eficacia importante y pérdidas de aceite del amortiguador al haber roto el vástago dañado el retén.

Debido a:

- Al montar el amortiguador se sujetó el vástago con herramientas no adecuadas (mordazas, alicates, etc.) y se ha deteriorado el vástago.

Sujetar los vástago sólo con la herramienta adecuada y en la parte final del vástago.

Solución:

- Sustituir los amortiguadores del eje afectado.



Rotura del vástago de anclaje.

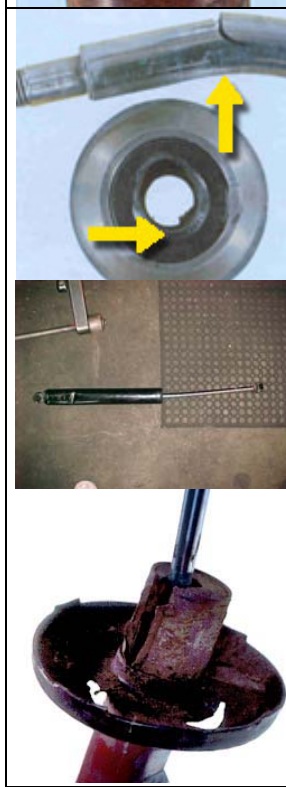
Notaremos un ruido importante al bachear el vehículo e incluso se puede quedar trabado el amortiguador.

Debido a:

- Amortiguador montado con excesivo par de apriete.
- Amortiguador montado con poco par de apriete.
- Amortiguador montado sin tuerca de freno o frenillo.

Solución:

- Sustituir los amortiguadores del eje afectado.



Amortiguador doblado o vástago trabado.






Notaremos que el amortiguador no permite la extensión y/o compresión, además de ruido.



Debido a:

- Accidente.
- Fuerzas tensionales grandes.
- Extensión máxima sin limitar o limitadores de extensión dañados, incluso se puede llegar a salir el pistón de la botella (en todoterrenos).

Solución:

- Sustituir los amortiguadores del eje afectado.

	<p style="text-align: center;">Silentblock defectuosos, destruidos o desaparecidos.</p> <p>Notaremos pérdida de eficacia importante y bastante ruido al bachear el vehículo.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desgaste normal debido al uso. - Daños provocados por combustibles o sustancias químicas que deterioran la goma. - Incorrecta fijación. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustituir los siletblock que sean necesario y volver a montar los mismos amortiguadores si éstos no han sufrido daños. Los silentblocks de poliuretano son de muy alta calidad.
	<p style="text-align: center;">Holgura en los anclajes.</p> <p>Notaremos ruidos al bachear el vehículo.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Par de apriete insuficiente. - Diámetro exterior del bulón menor al diámetro interior del buje de anclaje. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apretar bien las fijaciones o aumentar el diámetro del buje del anclaje.
	<p style="text-align: center;">Cápsula interiores arañadas o dañadas.</p> <p>Notaremos ruidos en el vehículo al bachear éste. Existe movimiento de la cápsula o botella en el interior de la McPherson.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Par de apriete insuficiente. - Se usaron uniones roscadas usadas. - No se han montado piezas accesorias (anillo de suplemento) - Amortiguador inadecuado. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si los daños no son grandes usar suplemento y unión roscada nueva y aplicar su par. - Si el amortiguador no es el adecuado cambiarlo.
	<p style="text-align: center;">Aplicación de pintura de bajos en el amortiguador</p> <p>Notaremos ruido suave y ligera pérdida de eficacia por excesiva temperatura del aceite al no refrigerar bien la botella.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicación en el taller de chapa al reparar algún golpe. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpiar y volver a comprobar.
	<p style="text-align: center;">Abrasión o golpes en la botella.</p> <p>Notaremos que el amortiguador se traba en su recorrido o ruido al bachear.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Golpes antes de montarse o por piedras montados (todoterreno). <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sustituir los amortiguadores del eje afectado

	<p style="text-align: center;">Tope de compresión averiado.</p> <p>Podemos dañar el amortiguador por este motivo.</p> <p>Debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Fugas de aceite en el amortiguador. – Sobreesfuerzo por muelles cedidos o topes de los brazos de suspensión en mal estado. – Envejecimiento. <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sustituir estos topes por otros nuevos.
	<p style="text-align: center;">Cobertura de anclaje quitada.</p> <p>Notaremos ligeros ruidos al bachear.</p> <p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Volver a tapar la parte superior del amortiguador con su cobertura.

5. BIBLIOGRAFÍA

GONZÁLEZ T. Y OTROS: *Circuitos de fluidos, suspensión y dirección*. Editorial Edites. Madrid, 2004.

ALONSO, J. M.: *Técnicas del automóvil. Chasis*. Editorial Paraninfo. Madrid, 1990

ALONSO, J. M.: *Circuitos de fluidos, suspensión y dirección*. Editorial Paraninfo. Madrid, 2000.

Sanz GONZÁLEZ, ÁNGEL: *Tecnología automoción 5*. Editorial EDEBÉ. Barcelona, 1981.

RÍOS, ORLANDO: *La suspensión de automóviles de competición*. Editorial CEAC. Barcelona, 1993.

DE LA RICA, JUAN ANTONIO: "100 años de las suspensiones". Revista *Automecánica*. Núm. 184. Enero de 1986.

Manual de la Técnica del Automóvil. 2.^a Edición. Editorial Reverté S. A. Barcelona, 1995.

Monografías didácticas del Alfa 156 y Fiat Tipo. Fiat Auto España S.A.

Documentación técnica de Monroe, Sach, Bilstein, Koni, etc.

Documentación técnica de Volkswagen-Audi, Citroën, etc.

Documentación y fotografías encontradas en Internet en distintas páginas web.