

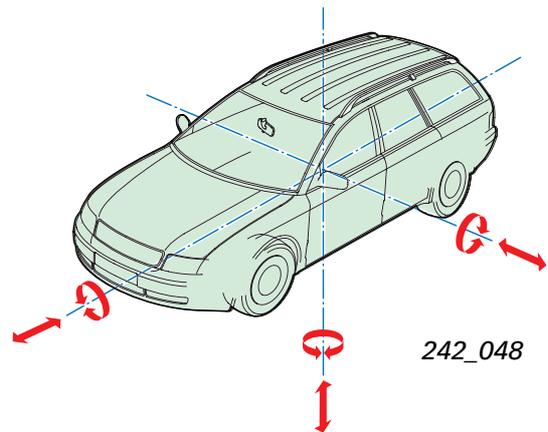
Sistemas de suspensiones
neumáticas, Parte 1
Regulación de nivel en el Audi A6
Diseño y funcionamiento

Programa autodidáctico 242

Sistema de suspensión neumática con regulación de nivel

Este Programa autodidáctico se divide en dos partes:

Fundamentos relativos a suspensión, amortiguación y suspensión neumática



Regulación de nivel A6

Aquí se describe el sistema de suspensión neumática para el eje trasero en el Audi A6 Avant.



La suspensión neumática de 4 niveles para el Audi allroad quattro se describe en el Programa autodidáctico 243.

Más información relacionada con el Audi allroad quattro figura en el Programa autodidáctico 241.



Fundamentos

Suspensión del vehículo	4
Sistema de muelles	6
Oscilación	8
Magnitudes características de los muelles	12
Tren de rodaje convencional sin regulación de nivel	14

Fundamentos de la suspensión neumática

Suspensión neumática con regulación de nivel	16
Magnitudes características del muelle neumático	21
Amortiguación de oscilaciones	23
Amortiguador (amortiguador de oscilaciones)	25
Amortiguador PDC	33

Regulación de nivel A6

Estructura del sistema	38
Muelles neumáticos	40
Grupo de alimentación de aire	42
Esquema hidráulico	43
Compresor	44
Deshidratador	47
Válvula de descarga N111	48
Válvula para brazo telescópico N150 y N151.....	51
Transmisor para regulación de nivel G84	52
Unidad de control para regulación de nivel J197	54
Testigo luminoso para regulación de nivel K134	55
Esquema de funciones	56
Interfaces	57
Concepto de regulación	58
Demás particularidades del concepto de regulación	60



El Programa autodidáctico informa sobre diseños y modos de funcionamiento.

El Programa autodidáctico no es manual de reparaciones.

Para trabajos de mantenimiento y reparación hay que consultar en todo caso la documentación técnica de actualidad.

**Nuevo
Nota**



**Atención
Nota**



Fundamentos



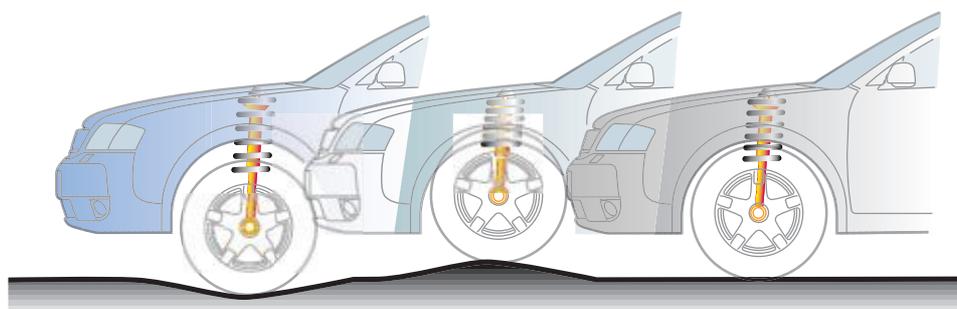
Suspensión del vehículo

Cuando un vehículo circula sobre irregularidades del pavimento se producen fuerzas pulsátiles en las ruedas. Estas fuerzas se transmiten a la carrocería a través del sistema de muelles y las suspensiones de las ruedas.

La suspensión del vehículo asume la función de absorber y degradar estas fuerzas.

En el caso de la suspensión de un vehículo se tiene que diferenciar básicamente entre el **sistema de muelles** y el **sistema de amortiguación a oscilaciones**.

Con la acción conjunta de ambos sistemas se consigue lo siguiente:



242_003

Seguridad de conducción

Se mantiene en vigor el contacto de las ruedas con el pavimento, que tan importante es para el frenado y direccionamiento del vehículo.

Confort de conducción

Se reducen de forma importante las solicitaciones desagradables y nocivas para la salud de los ocupantes y se evitan daños en los objetos depositados a bordo.

Seguridad de funcionamiento

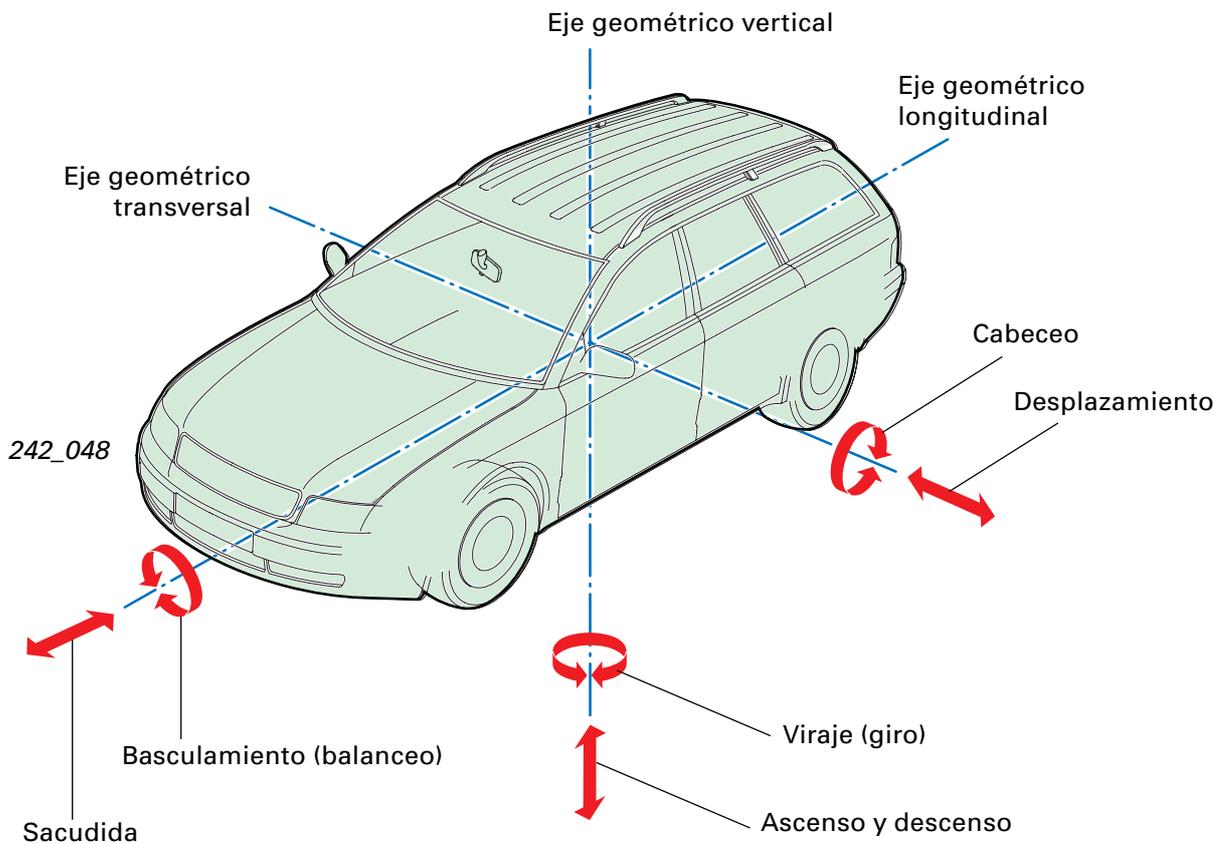
Los componentes del vehículo van protegidos contra solicitaciones intensas.



Estando el vehículo en circulación, aparte de las fuerzas que causan los movimientos de ascenso y descenso en la carrocería, también intervienen fuerzas que ejercen movimientos y oscilaciones en dirección de los tres ejes espaciales.

De ahí que corresponda una gran importancia al tarado correcto de los sistemas de muelles y amortiguadores.

Aparte de las características cinemáticas de los ejes, la suspensión del vehículo ejerce una influencia decisiva en estos movimientos y oscilaciones.



Fundamentos



Sistema de muelles

En su condición de componentes «portantes» del sistema, los elementos de muelle establecen la unión entre la suspensión de las ruedas y la carrocería. Este sistema halla su complemento en el efecto elástico de los neumáticos y de los asientos en el vehículo.

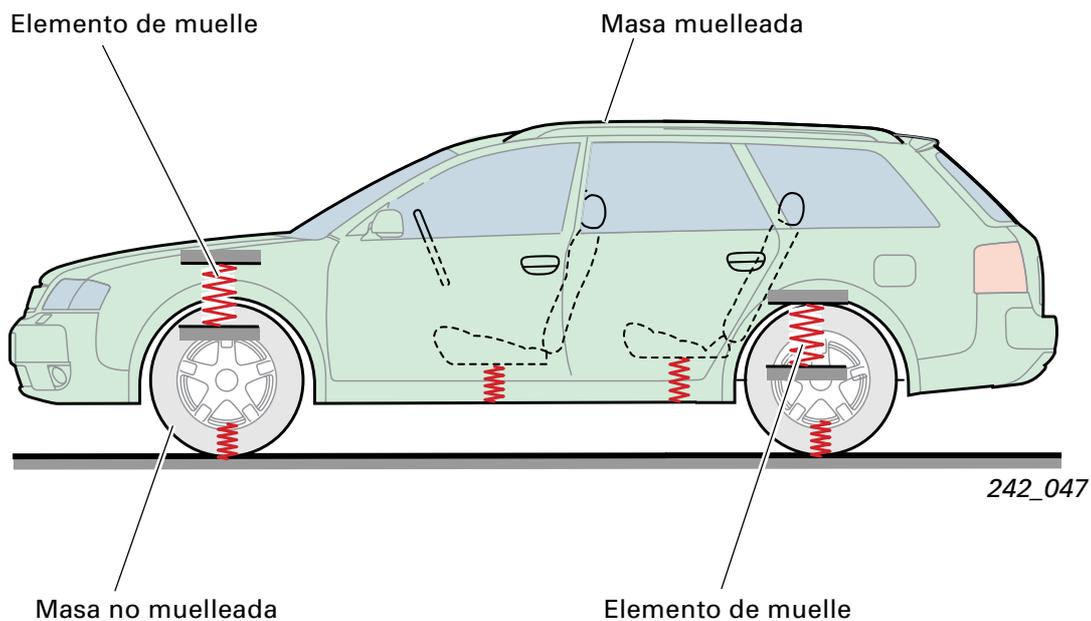
Los elementos que se utilizan son muelles de acero, gas/aire y goma/elastómeros o combinaciones de estos elementos.

En el sector de los turismos se han arraigado los sistemas con muelles de acero. Hay muelles de acero en múltiples diseños, entre los cuales las versiones helicoidales son las que más proliferación han alcanzado.

Las suspensiones neumáticas, que desde hace muchos años han hallado una extensa propagación en el sector de los camiones, se viene implantando cada vez más en el sector de los turismos, debido a las ventajas inherentes a estos sistemas.

En el vehículo se diferencia entre las **masas muelleadas** (la carrocería con el grupo motopropulsor y partes del tren de rodaje) y las **masas no muelleadas** (las ruedas con los frenos, así como partes del tren de rodaje y de los palieres).

El sistema de muelles transforma al vehículo en un cuerpo capaz de oscilar a una frecuencia propia de la carrocería, que viene definida por las masas muelleadas y por el tarado del sistema de muelles (véase el capítulo «Oscilación»).



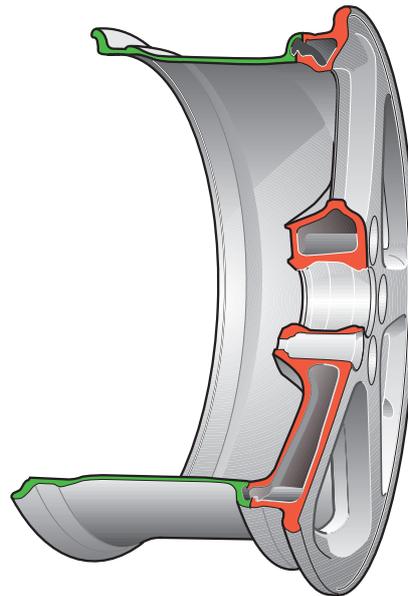


Masas no muelleadas

Básicamente se aspira a mantener lo más reducidas posibles las masas no muelleadas, para minimizar su influencia en el comportamiento a oscilaciones (frecuencia propia de la carrocería). Aparte de ello, mediante una menor inercia de las masas se reducen las sollicitaciones de golpes a que se someten los componentes no muelleados y mejora de forma importante el comportamiento de respuesta de la suspensión. Estos efectos se traducen en un claro aumento del confort de la conducción.

Ejemplos de reducción de las masas no muelleadas:

- ▶ Llanta de aleación con radios huecos
- ▶ Componentes del tren de rodaje en aluminio (mangueta delantera, mangueta trasera, brazos oscilantes, etc.)
- ▶ Pinzas de freno en aluminio
- ▶ Neumáticos optimizados en peso
- ▶ Optimizaciones en peso de componentes del tren de rodaje (p. ej. de los cubos de rueda)



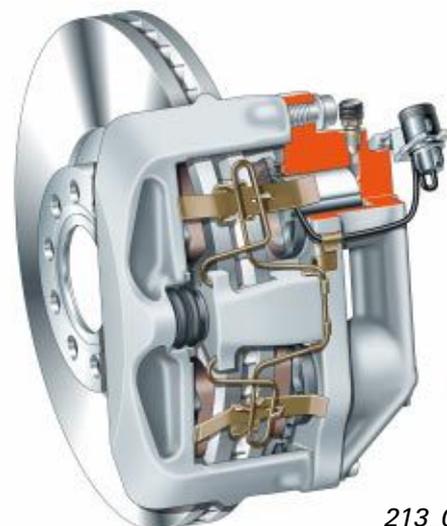
213_041



213_091



Consulte a este respecto también el SSP 213, capítulo «Tren de rodaje».



213_068



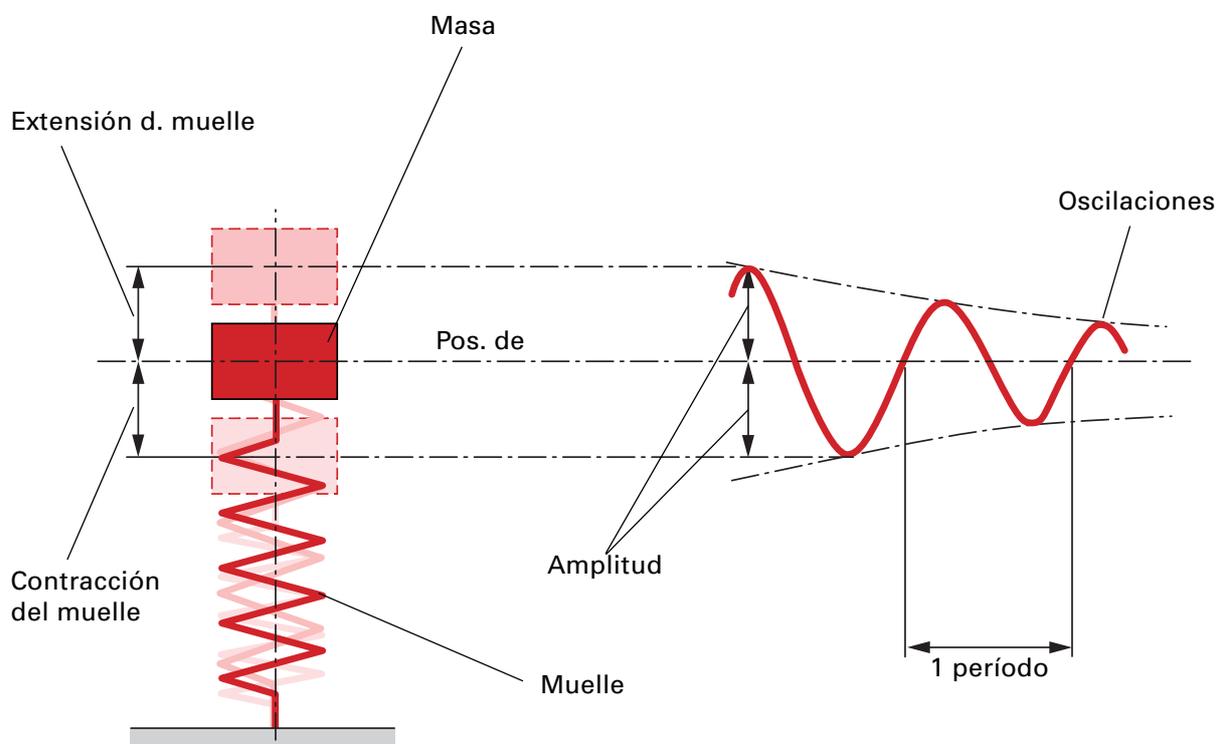
Oscilación

Si una masa sujeta a un muelle es extraída de su posición de reposo por el efecto de una fuerza, se genera en el muelle una fuerza de recuperación, que obliga a la masa a oscilar en retorno. La masa **oscila** durante esa operación, volviendo a sobrepasar su posición de reposo, lo cual engendra nuevamente una fuerza de recuperación. Esta operación se repite las veces que sean necesarias hasta que se neutralice la oscilación, debido a la resistencia del aire y a la fricción interna del muelle.

Frecuencia propia de la carrocería

Las oscilaciones se definen por su amplitud y frecuencia. Al determinar el tarado de las suspensiones se dedica una especial atención a la frecuencia propia de la carrocería.

La frecuencia propia de las masas no muelleadas en un vehículo de categoría media se halla entre los 10 Hz y 16 Hz. Mediante un tarado correspondiente del sistema de la suspensión, la frecuencia propia de la carrocería (masa muelleada) se halla entre 1 Hz y 1,5 Hz.



242_021



La frecuencia propia de la carrocería viene definida, en esencia, por los datos característicos de los muelles (coeficiente de rigidez) y por la masa muelleada.

Una mayor masa o un muelle más blando se traduce en una baja frecuencia de la carrocería y un mayor recorrido del muelle (amplitud).

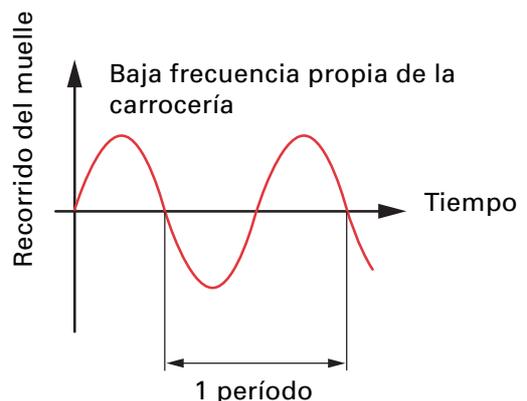
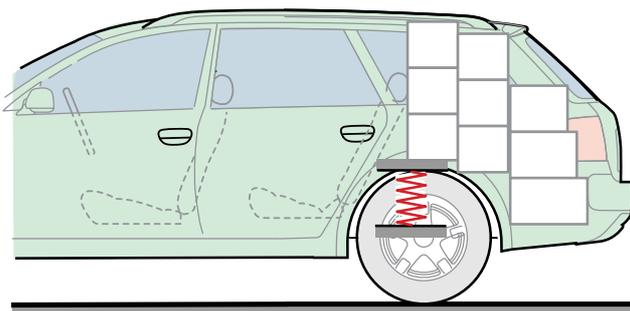
Una masa más pequeña o un muelle más duro da por resultado una mayor frecuencia propia de la carrocería y un menor recorrido del muelle.

Según la sensibilidad de la persona, una frecuencia propia de la carrocería por debajo de 1 Hz provoca náuseas. Las frecuencias superiores a 1,5 Hz afectan el confort y, a partir de unos 5 Hz se perciben como sacudidas o agitaciones.

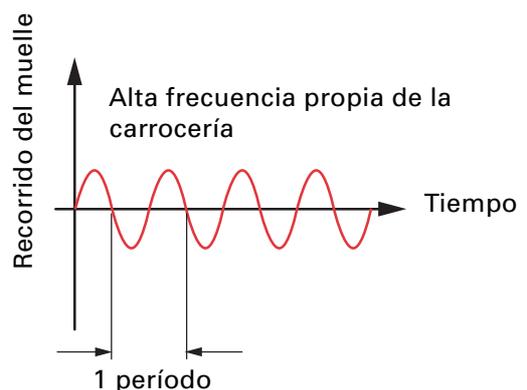
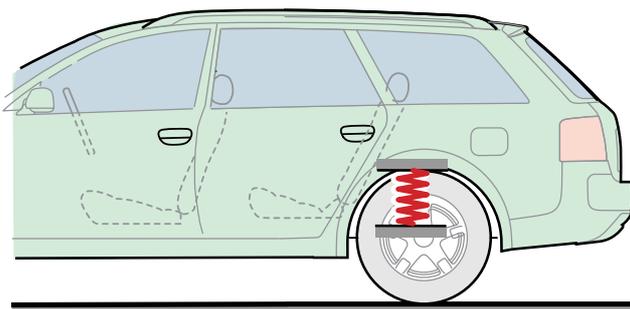
Definiciones

Oscilación	Movimiento de la masa en ascenso y descenso (carrocería)
Amplitud	Distancia máxima de la masa oscilante con respecto a la posición de reposo (desvío provocado por la oscilación, recorrido del muelle)
Período	Tiempo que tarda una oscilación completa
Frecuencia	Número de oscilaciones (períodos) por segundo
Frecuencia propia de la carrocería	Número de oscilaciones de la masa muelleada (carrocería) por segundo
Resonancia	Una fuerza impulsa a la masa en el ritmo de su oscilación, con lo cual hace aumentar la amplitud (oscilaciones progresivas).

Masa mayor o muelle más blando



Masa menor o muelle más duro



Fundamentos



Tarado de la frecuencia propia de la carrocería

Según la motorización y el equipamiento del vehículo, las cargas sobre los ejes (masas muelleadas) difieren en parte muy intensamente de un tipo de vehículo a otro. Para mantener en todas las versiones variantes la mayor igualdad posible en cuanto a altura de la carrocería (aspecto visual) y frecuencia propia de la carrocería, la cual viene a determinar el dinamismo de la conducción, se procede a montar diferentes combinaciones de muelles y amortiguadores, en función de los pesos que descansan sobre los ejes delantero y trasero.

Así por ejemplo, la frecuencia propia de la carrocería en un Audi A6 viene tarada a 1,13 Hz en el eje delantero y 1,33 Hz en el eje trasero (posición de diseño).

El coeficiente de rigidez del muelle es así el factor determinante para la frecuencia propia de la carrocería.

Para distinguir entre los diferentes coeficientes de rigidez, se procede a identificar los muelles con marcas de colores correspondientes (véase la tabla).

El índice de amortiguación que caracteriza al amortiguador no posee una influencia digna de mención en lo que respecta a la frecuencia propia de la carrocería. Únicamente influye en la rapidez con que se degradan las oscilaciones (intensidad de la amortiguación). Para más detalles consulte el capítulo sobre amortiguación de oscilaciones.



En los trenes de rodaje standard sin regulación de nivel se suele tarar el eje trasero a una mayor frecuencia propia de la carrocería, porque al depositar cargas en el interior aumenta básicamente el peso que descansa sobre el eje trasero, reduciéndose así la frecuencia propia de la carrocería.

Escalonamiento de coeficientes de rigidez de los muelles en eje delantero A6

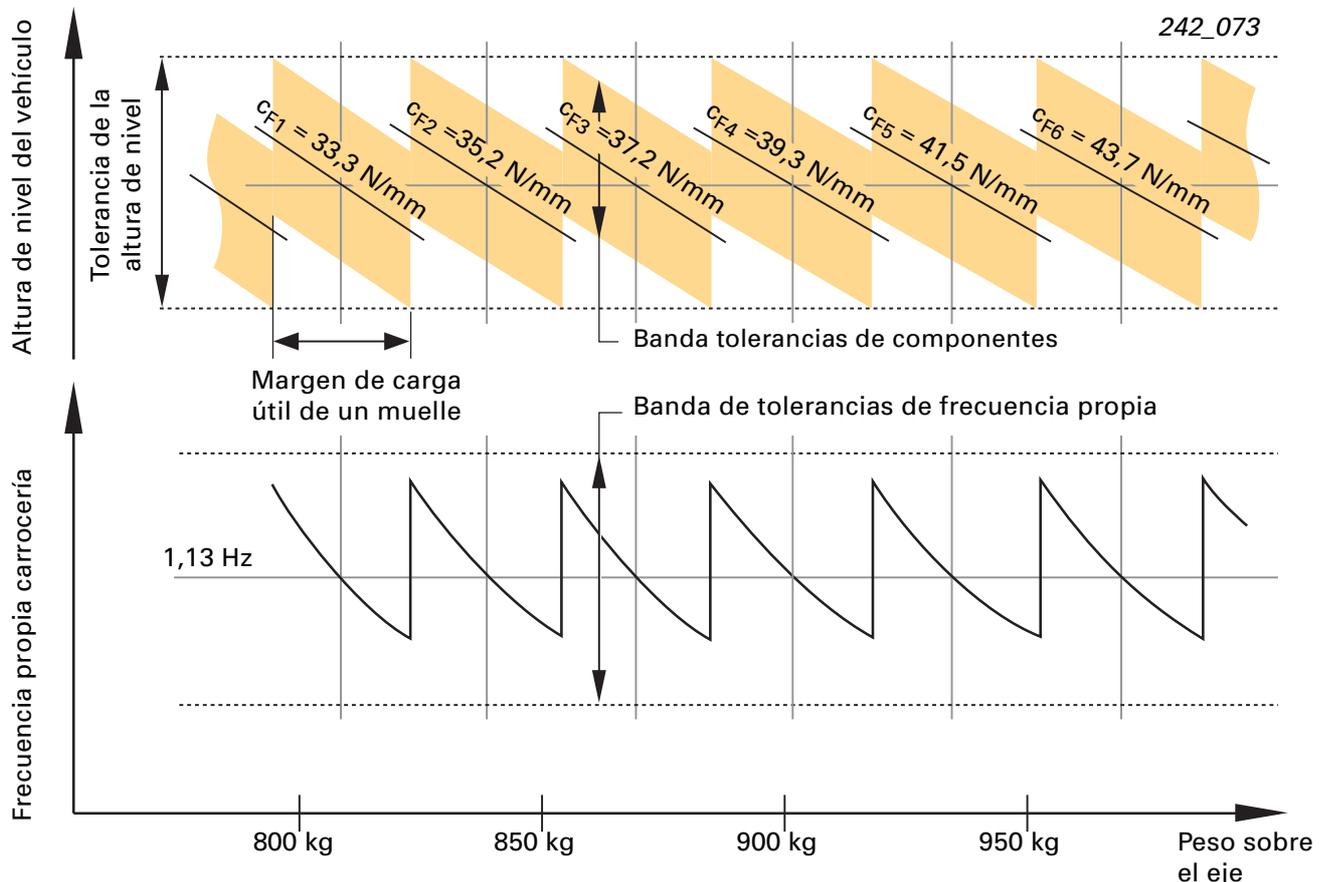




Tabla de asignación de los muelles (ejemplo A6, eje delantero 1BA)

Núm. PR de categoría de peso eje delantero	Peso sobre el eje (kg)	Muelles izquierdo y derecho respectivamente (coeficiente de rigidez)	Marcas de color	
Tren de rodaje standard, p. ej. 1BA	OJD	739 - 766	800 411 105 AN (29,6 N/mm)	1 violeta, 3 marrón
	OJE	767 - 794	800 411 105 AP (31,4 N/mm)	1 blanco, 1 marrón
	OJF	795 - 823	800 411 105 AQ (33,3 N/mm)	1 blanco, 2 marrón
	OJG	824 - 853	800 411 105 AR (35,2 N/mm)	1 blanco, 3 marrón
	OJH	854 - 885	800 411 105 AS (37,2 N/mm)	1 amarillo, 1 marrón
	OJJ	886 - 918	800 411 105 AT (39,3 N/mm)	1 amarillo, 2 marrón
	OJK	919 - 952	800 411 105 BA (41,5 N/mm)	1 amarillo, 3 marrón
	OJL	953 - 986	800 411 105 BM (43,7 N/mm)	1 verde, 1 marrón
OJM	987 - 1023	800 411 105 BN (46,1 N/mm)	1 verde, 2 marrón	
Tren de rodaje deportivo, p. ej. 1BE	OJD	753 - 787	800 411 105 P (40,1 N/mm)	1 gris, 3 violeta
	OJE	788 - 823	800 411 105 Q (43,2 N/mm)	1 verde, 1 violeta
	OJF	824 - 860	800 411 105 R (46,3 N/mm)	1 verde, 2 violeta
	OJG	861 - 899	800 411 105 S (49,5 N/mm)	1 verde, 3 violeta
	OJH	900 - 940	800 411 105 T (53,0 N/mm)	1 amarillo, 1 violeta
	OJJ	941 - 982	800 411 105 AA (56,6 N/mm)	1 amarillo, 2 violeta
	OJK	983 - 1027	800 411 105 AB (60,4 N/mm)	1 amarillo, 3 violeta

Constancia de garantía

Datos del vehículo

Núm. de bastidor Especificación del modelo Potencia del motor / cambio / fabricación mes/año Letras distintivas del motor / letras distintivas del cambio Núm. referencia pintura / núm. referencia equipamiento interior Núm. referencia equipo opcional	WAUZZZ4B2YNO24779 4B2 OQH 5262273 A6 Lincousine 2.8 142KW A6M 08/99 ----- LZ6X/LZ6X N5A/ BR EOA 4UE 6XK 1KD JOL 1LT 1AT 1BA 3FA 5MZ 7X0 FOA OLW BGL 0G7 OYF OJL T7F 3NZ BJC 0IC X9X 1N1 1MU 3H1 BQ2 9G2 B25 MT4 C&P 7K0 4X4 2K1 6RO 3L5 4KV 3V0 4K4 5D1 1SA Q1D 4GK	Fecha de la entrega <input type="text"/>
		Tren de rodaje <input type="text"/>
Clase de peso eje delantero <input type="text"/>	Sello del Concesionario Audi que hizo la entrega <input type="text"/>	Clase de peso eje trasero <input type="text"/>
Peso en vacío / datos de consumo / emisiones de CO ₂	1594 14.4 7.2 9.8 235	

242_108



Magnitudes características de los muelles

Curva característica / coeficiente de rigidez de los muelles

Si se dibuja el diagrama de fuerzas y recorridos se obtiene la curva característica del muelle.

El coeficiente de rigidez del muelle es la relación de la fuerza que actúa, con respecto al recorrido del muelle. La unidad de medida para el coeficiente de rigidez de los muelles se expresa en N/mm. Informa sobre si un muelle es blando o duro.

Si el coeficiente de rigidez del muelle tiene una magnitud invariable sobre todo el recorrido, se dice que el muelle tiene una característica lineal.

Un muelle blando posee una característica plana; un muelle duro se manifiesta por tener una característica pronunciada.

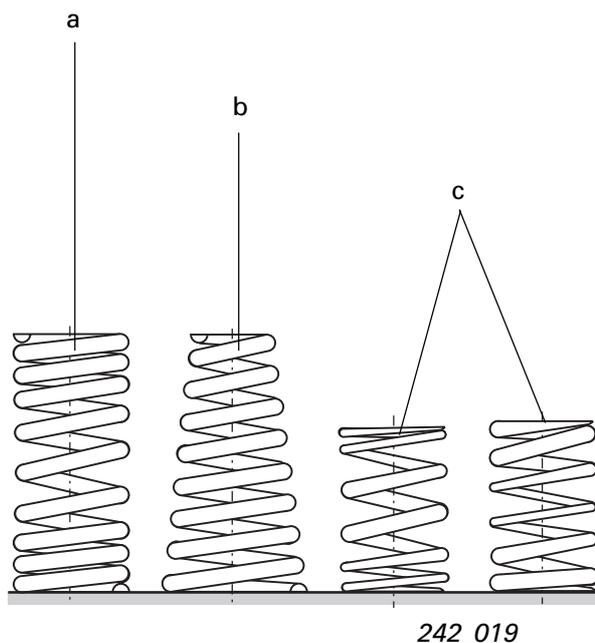
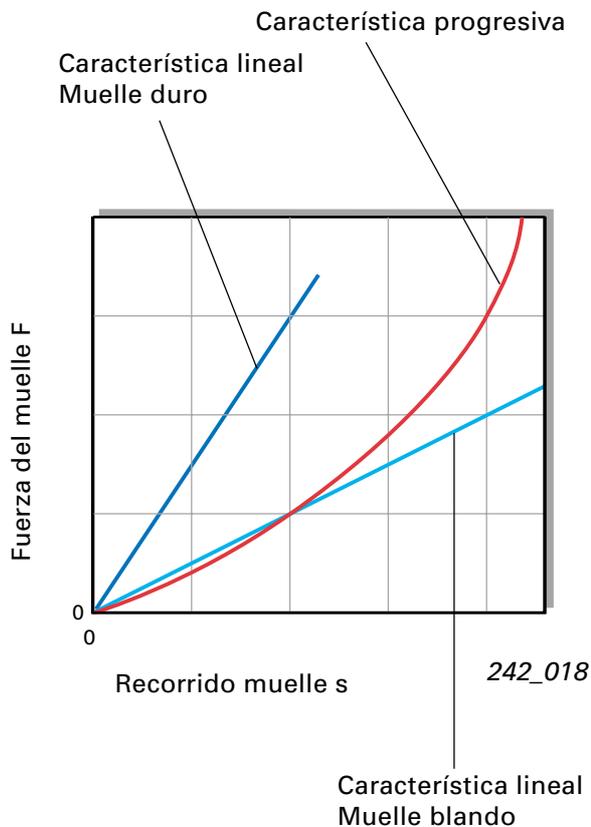
La dureza de un muelle helicoidal aumenta:

- ▶ con un diámetro mayor del alambre
- ▶ con un diámetro menor del muelle
- ▶ con una menor cantidad de las espiras.

Si el coeficiente de rigidez del muelle aumenta a medida que crece el recorrido, significa que el muelle tiene una característica progresiva.

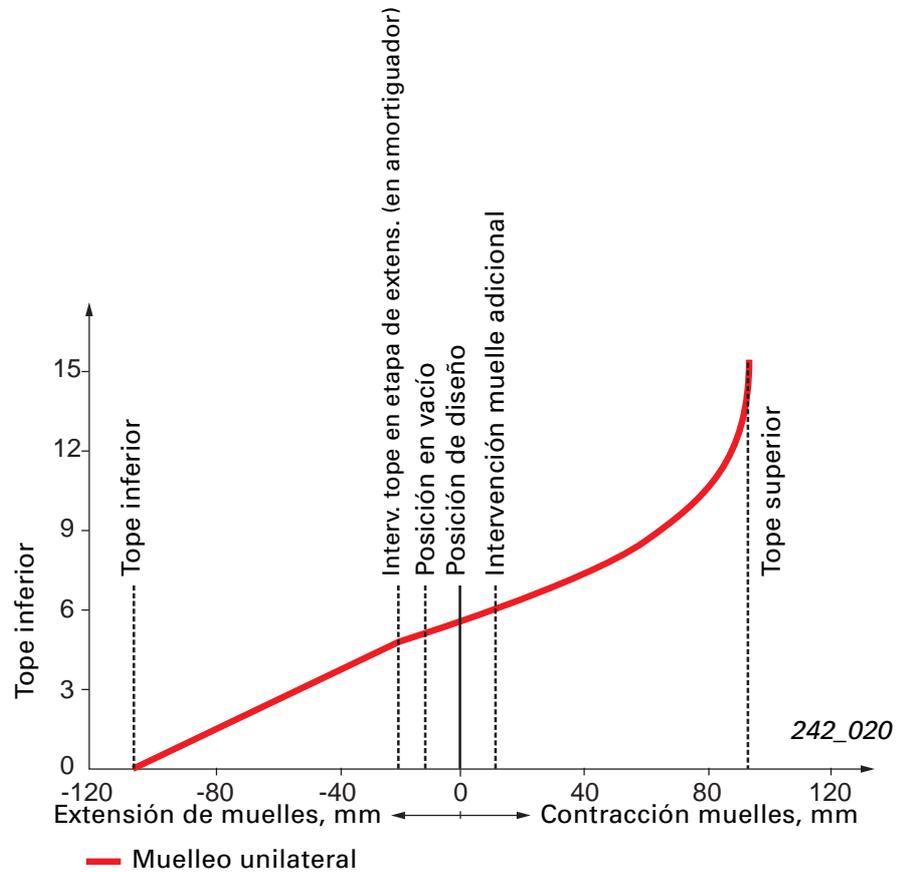
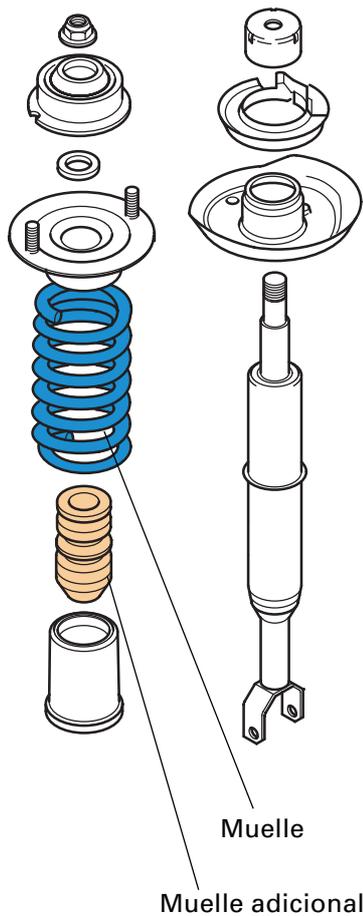
Los muelles helicoidales con característica progresiva se reconocen por:

- un paso desigual de las espiras
- una geometría cónica de las espiras
- un diámetro cónico del alambre
- combinación de dos elementos de muelle (ver el ejemplo en la página siguiente)





(Ejemplo: brazo telescópico con muelles adicionales de poliuretano)



Ventajas de la característica progresiva de los muelles:

- ▶ Un mejor tarado del sistema de la suspensión desde carga útil normal hasta carga útil máxima.
- ▶ La frecuencia propia de la carrocería se mantiene casi constante al circular con carga.
- ▶ El sistema de suspensión no llega tan pronto a tope al causar el pavimento golpes intensos.
- ▶ Una mejor utilización del recorrido de muelle disponible.

Fundamentos



Tren de rodaje convencional (muelle de acero) sin regulación de nivel

Recorridos de los muelles

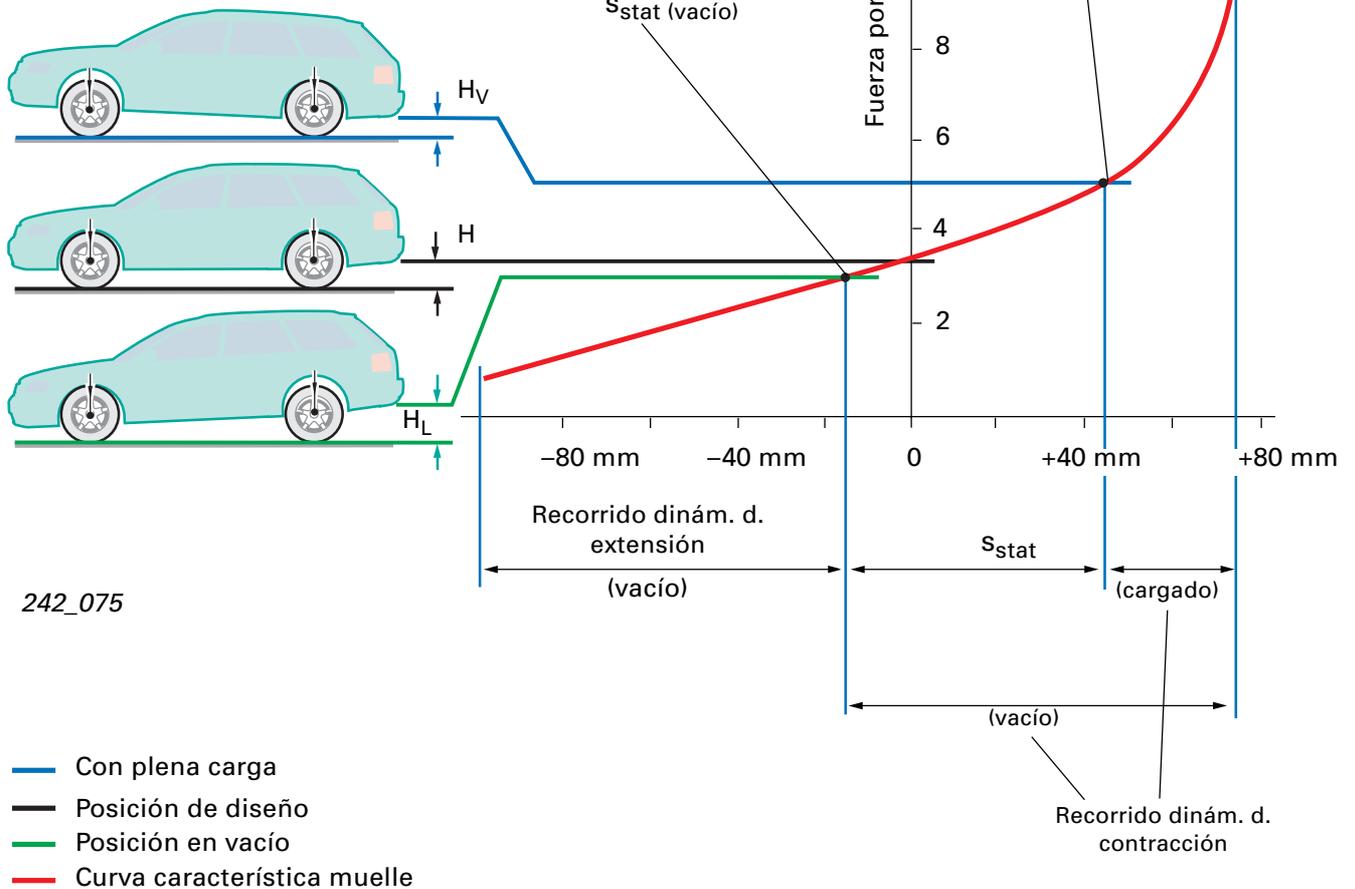
El recorrido total de los muelles s_{ges} para un tren de rodaje sin regulación de nivel se compone de la contracción estática s_{stat} y de los recorridos de muelle dinámicos s_{dyn} , causados por las oscilaciones del vehículo vacío y con plena carga.

$$s_{ges} = s_{stat} + s_{dyn}(\text{vacío}) + s_{dyn}(\text{cargado})$$

Estando el vehículo parado, la carrocería efectúa un cierto recorrido de contracción de los muelles, en función de las condiciones de la carga depositada. Se habla de una contracción estática de los muelles s_{stat} .

Una desventaja en el tren de rodaje convencional sin regulación de nivel resulta sobre todo de la reducida carrera de contracción de los muelles en condiciones de plena carga.

Muelles de acero



H_V = Altura con plena carga

H = Altura en posición de diseño

H_L = Altura en posición en vacío



La contracción estática de los muelles ...

... representa la posición de partida (cero) para los movimientos dinámicos de la suspensión, recorrido de contracción (positivo) y recorrido de extensión (negativo).

... depende del coeficiente de rigidez del muelle y de la carga depositada (masas muelleadas).

... resulta de la diferencia entre la contracción estática en vacío $s_{stat} (vacío)$ y la contracción estática para el vehículo cargado $s_{stat} (cargado)$.

$$s_{stat} = s_{stat} (cargado) - s_{stat} (vacío)$$

En el caso de una curva característica plana del muelle (muelle blando), es bastante grande la diferencia entre la contracción estática del muelle en vacío con respecto a la del vehículo cargado.

Definiciones:

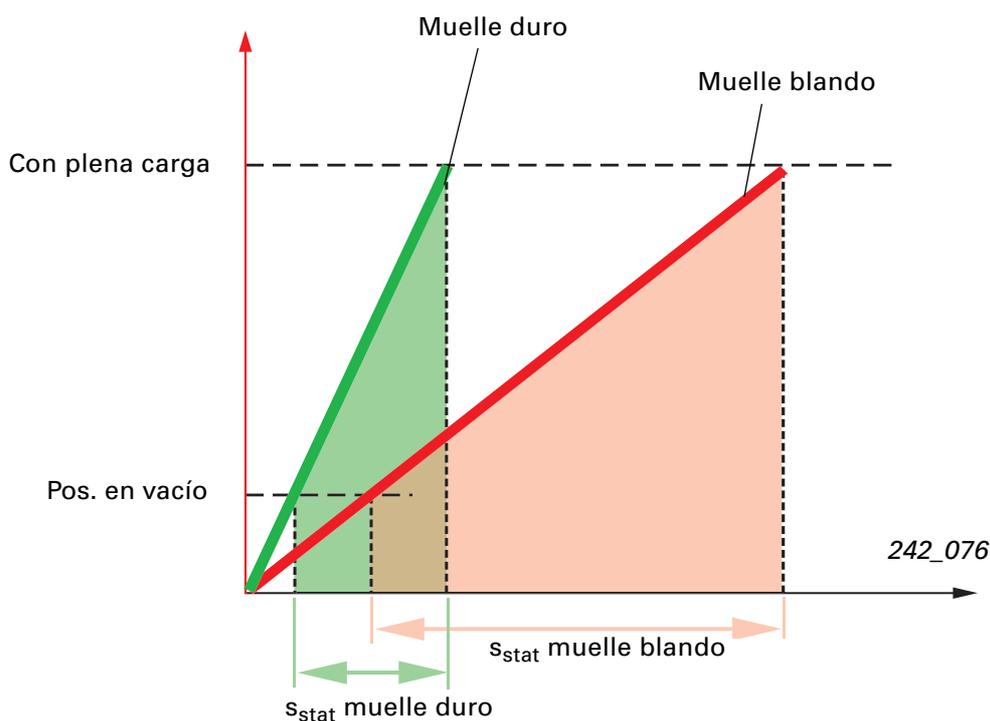
La posición en vacío ...

... es el muelleo de contracción que resulta cuando está parado sobre sus ruedas el vehículo «en orden de marcha» (depósito de combustible lleno, rueda de repuesto y herramienta a bordo).

La posición de diseño ...

... queda definida por la posición en vacío más la carga adicional originada por tres personas de 68 kg cada una.

En el caso de una curva característica pronunciada del muelle, esto se comporta a la inversa, combinado con la desventaja de que la frecuencia propia de la carrocería aumenta de forma desproporcionada.



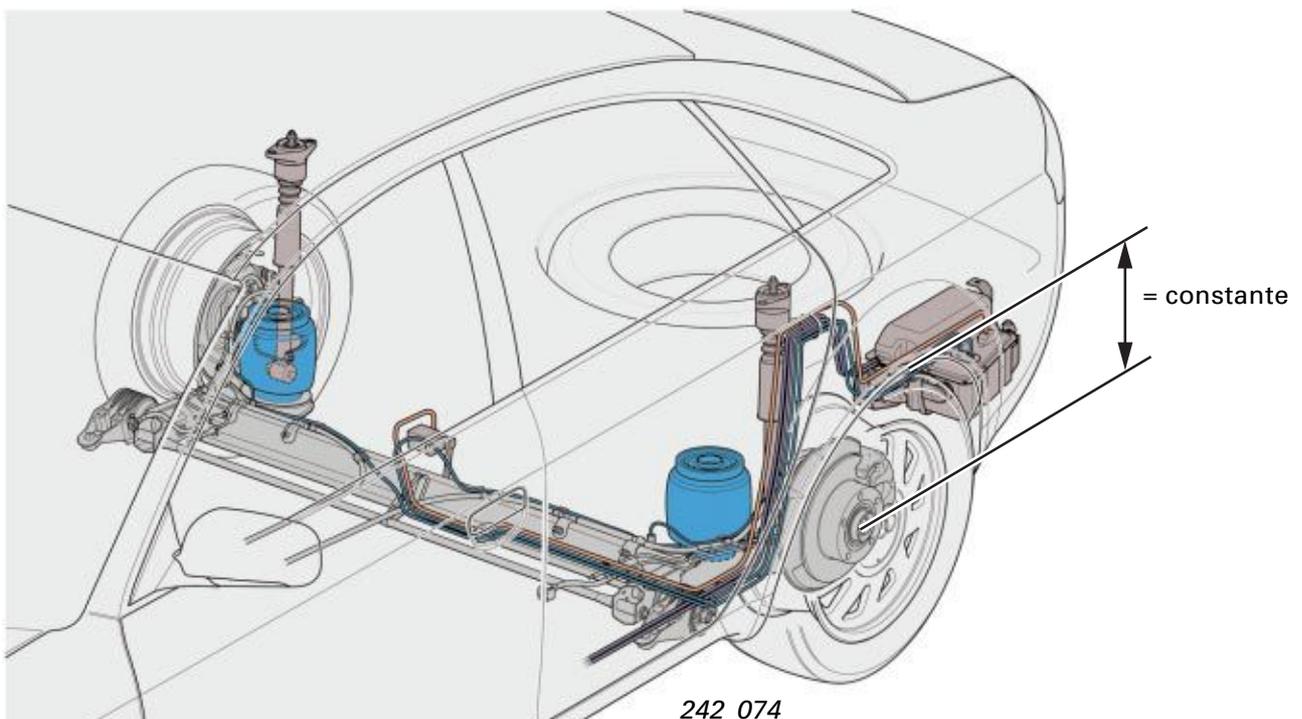
Suspensión neumática con regulación de nivel

La **suspensión neumática** es un sistema regulable en el vehículo.

Con la suspensión neumática es fácilmente realizable la regulación del nivel, en virtud de lo cual se la integra de forma generalizada en la composición del sistema.

Las ventajas fundamentales de una regulación del nivel son las siguientes:

- ▶ La contracción estática de los muelles es siempre la misma, independientemente del estado de la carga (véase la siguiente página). Requiere poco espacio en los pasos de rueda, lo cual viene a favorecer en general la utilización del espacio disponible en el interior del vehículo.
- ▶ La carrocería puede ser suspendida de un modo más blando, aumentando el confort de la conducción.
- ▶ Conserva los plenos recorridos de contracción y extensión en todas las condiciones de peso cargado.
- ▶ Conserva la plena altura libre sobre el suelo en todas las condiciones de peso cargado.
- ▶ No existen alteraciones de convergencia y caída de las ruedas bajo carga.
- ▶ No existen declinaciones en el valor C_x ni en el aspecto visual del vehículo.
- ▶ Menos desgaste en las articulaciones del eje, gracias a un menor ángulo de fricción.
- ▶ En caso dado puede posibilitarse una mayor carga útil.



Con ayuda de la regulación del nivel se mantiene la carrocería (masas muelleadas) siempre al mismo nivel (posición de diseño), a base de adaptar la presión en los muelles neumáticos.

La contracción estática de los muelles es mantenida siempre constante por parte de la regulación de nivel y no se tiene que tener en cuenta al diseñar las libertades de paso de las ruedas.

$$s_{\text{stat}} = 0$$

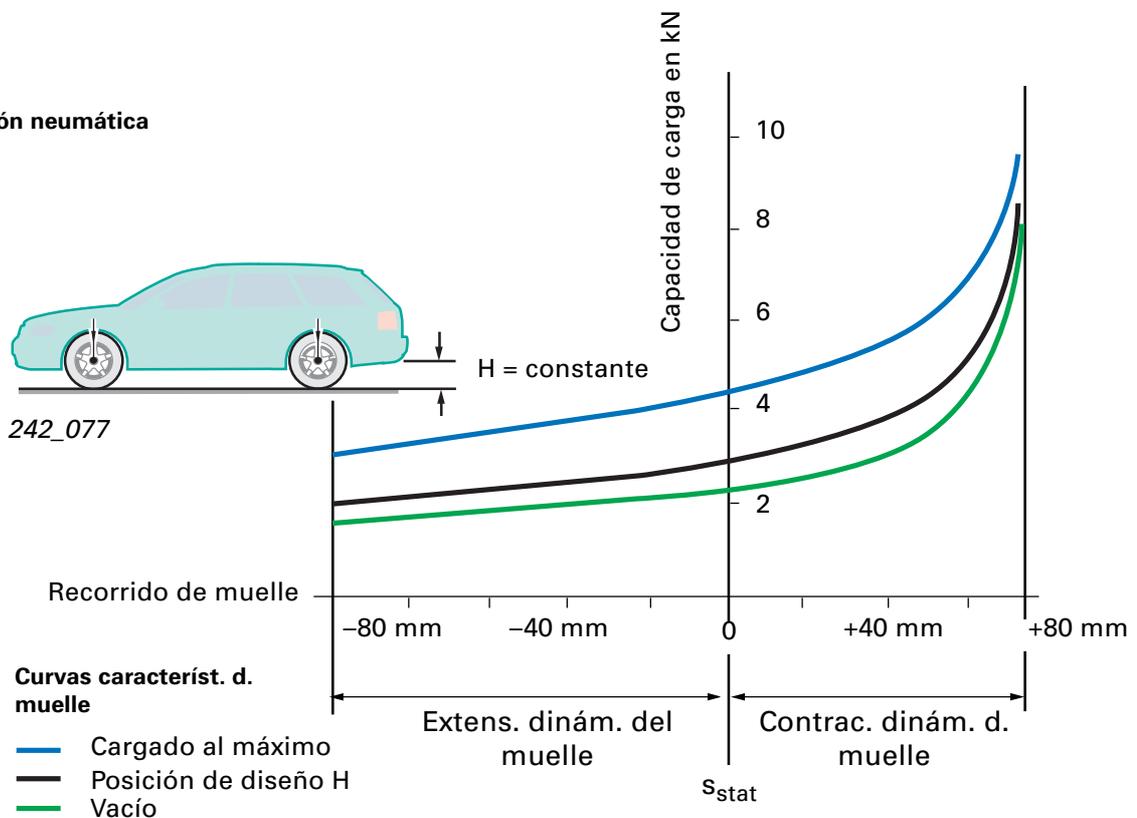
Otra particularidad de la suspensión neumática con regulación de nivel reside en que la frecuencia propia de la carrocería se mantiene casi constante entre los estados de carga vacío y cargado (véase el capítulo «Magnitudes características del muelle neumático», página 21).

Aparte de las ventajas fundamentales que caracterizan a una regulación del nivel, su realización a través de una suspensión neumática (Audi A6) presenta una virtud esencial.

Debido a que se procede a adaptar la presión del aire en las balonas según el estado de la carga, cualquier modificación en el coeficiente de rigidez de los muelles resulta proporcional a la masa muelleada. El efecto positivo consiste en que la frecuencia propia de la carrocería se mantiene prácticamente constante, y con ello el confort de la conducción, independientemente del estado de carga del vehículo.



Suspensión neumática



Fundamentos de la suspensión neumática

Otra ventaja es la curva característica progresiva de un muelle neumático.

Con ayuda de la suspensión neumática, en forma de una suspensión **completamente portante** en ambos ejes (Audi allroad quattro) se pueden establecer diferentes niveles para el vehículo, p. ej.:

- ▶ Nivel normal para circulación en ciudad.
- ▶ Nivel bajo para altas velocidades, mejorando así las condiciones dinámicas y la penetración aerodinámica.
- ▶ Nivel alto para circular por el campo a través y por carreteras en malas condiciones.

Para más detalles al respecto consulte el SSP 243 «Suspensión neumática de 4 niveles en el Audi allroad quattro».

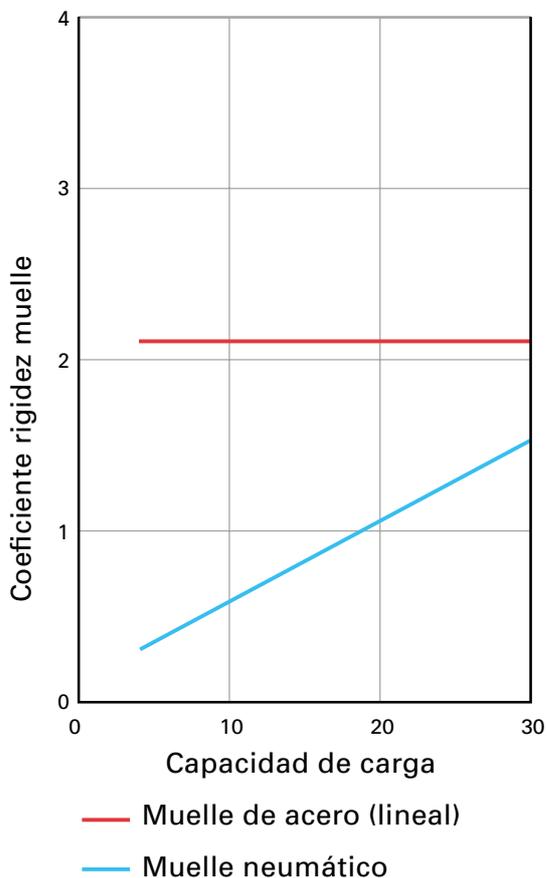


Completamente portante significa:

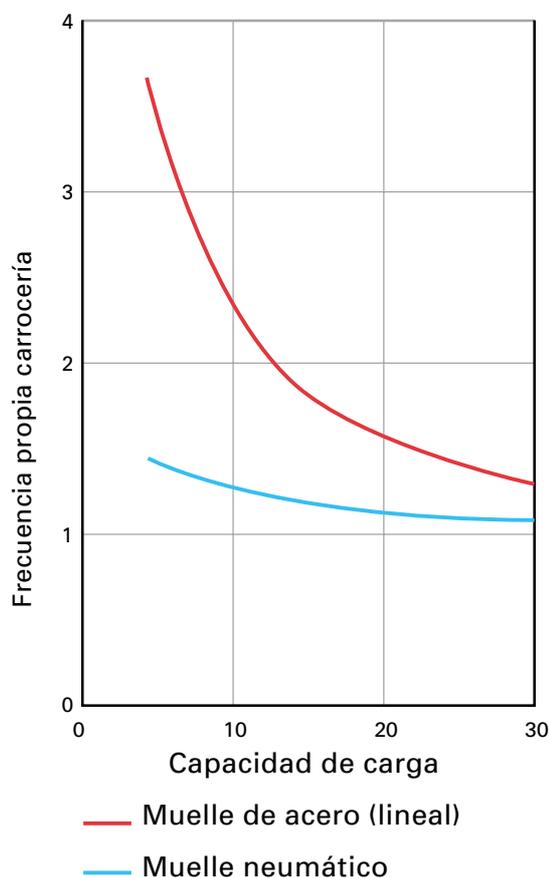
Los sistemas de regulación del nivel suelen ser una combinación de muelles de acero o de gas presurizado con una regulación hidráulica o neumática. La capacidad portante de estos sistemas de suspensión resulta de la suma de ambos sistemas. Por ello se les llama «parcialmente portantes» (Audi 100 / Audi A8).

Los sistemas de suspensión en el Audi A6 con regulación de nivel (en el eje trasero) y en el Audi allroad quattro (ejes delantero y trasero) sólo montan muelles netamente neumáticos, en virtud de lo cual se les llama «completamente portantes».

242_030



242_031



Estructura del muelle neumático

En los turismos se implantan los muelles neumáticos con balonas tubulares arrollables. Permiten establecer largos recorridos de la suspensión y requieren poco espacio.

El muelle neumático consta de:

- ▶ cierre superior de carcasa
- ▶ balona tubular arrollable
- ▶ émbolo de desarrollo (bajo el cierre de carcasa)
- ▶ anillos de apriete

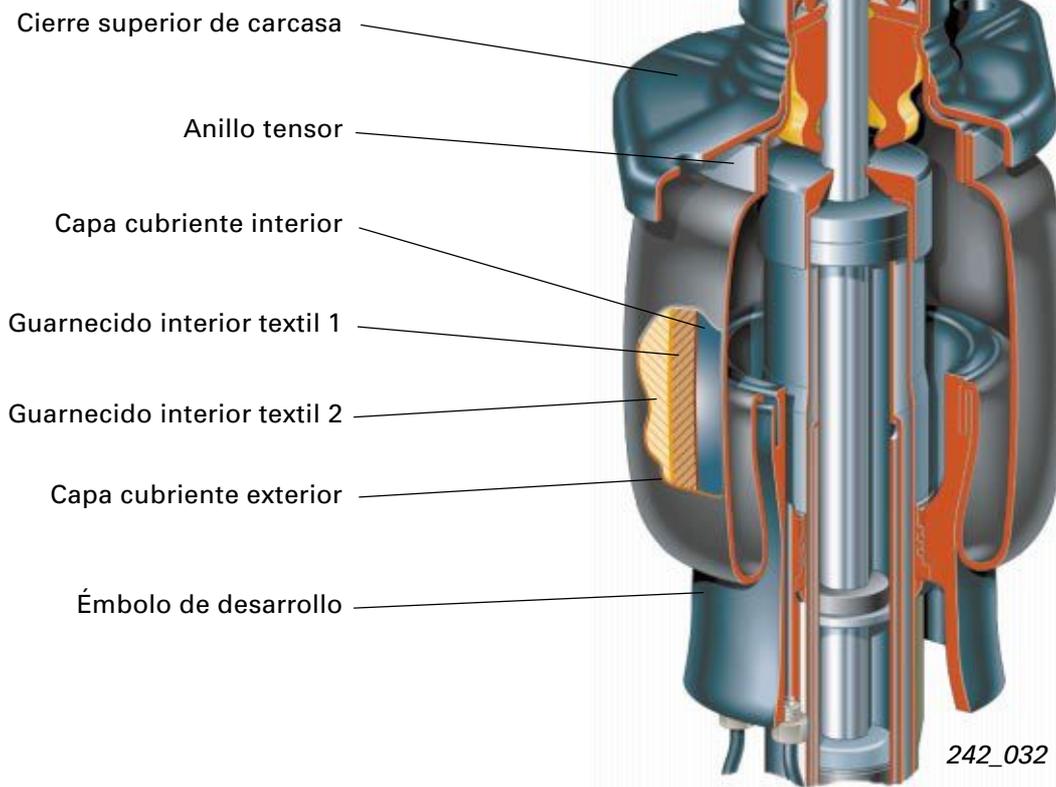
La estructura de la balona tubular arrollable se presenta en la figura 242_032.

Las capas cubrientes exterior e interior están fabricadas con un material elastómero de alta calidad. El material es resistente a todas las influencias climatológicas y resistente en gran escala a efectos del aceite. La capa cubriente interior es una versión particularmente estanca al aire.

El sustrato que da la resistencia a la balona intercepta las fuerzas originadas por la presión interior en los muelles neumáticos.



Configuración coaxial del muelle neumático



Fundamentos de la suspensión neumática

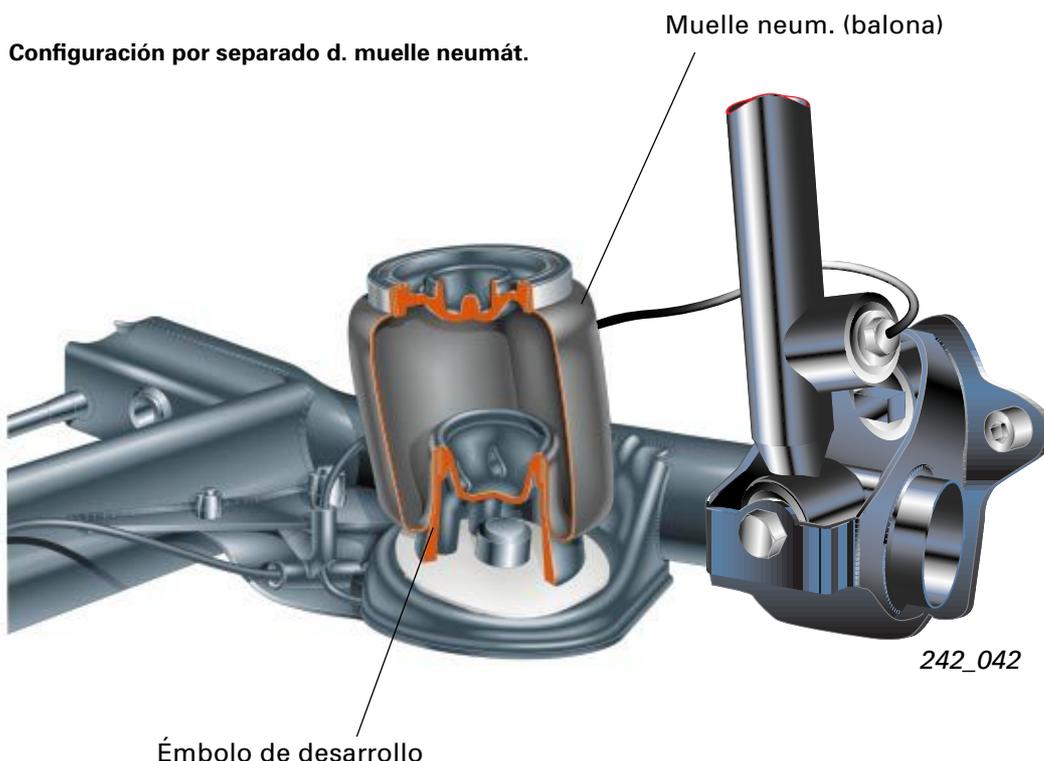
Unos materiales elastómeros de alta calidad con guarnecidos textiles interiores (los sustratos que dan la resistencia) compuestos por cuerdas de poliamida, confieren a la balona un buen comportamiento de desarrollo y una respuesta sensitiva del sistema de suspensión (muelleo inicial). Las propiedades exigidas se cumplen sobre una extensa gama de temperaturas, entre los $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La sujeción de la balona tubular entre el cierre superior de carcasa y el émbolo se realiza por medio de anillos tensores de metal. Los anillos tensores los monta el fabricante con intervención de maquinaria.

La balona tubular arrollable se desarrolla sobre el émbolo.

En función del diseño del eje, los muelles neumáticos pueden ir separados del amortiguador o bien pueden estar combinados con éste, en forma de brazo telescópico (configuración coaxial).

! Los muelles neumáticos no deben ser movidos sin presión, porque la balona tubular no se puede desarrollar en ese caso en el émbolo y sufre daños. Antes de elevar o descender un vehículo con la suspensión neumática sin presión (p. ej. con un elevador o un gato) es preciso llenar el muelle neumático en cuestión con ayuda del tester para diagnósticos (ver Manual de Reparaciones).



Magnitudes características del muelle neumático

Fuerza de muelle / coeficiente de rigidez del muelle

La fuerza de muelle (capacidad de carga) F de un muelle neumático viene definida por la superficie eficaz A_w y la sobrepresión en el muelle neumático p_i .

$$F = p_i \times A_w$$

La superficie eficaz A_w se define por el diámetro eficaz d_w .

En un sistema rígido, p. ej. de émbolo y cilindro, el diámetro eficaz equivale al diámetro del émbolo.

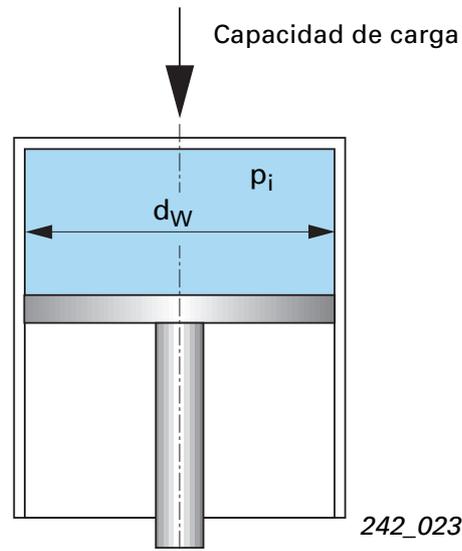
En el caso del muelle neumático con balona tubular arrollable, el diámetro eficaz viene determinado por el punto más bajo del pliegue de desarrollo.

Según expresa la fórmula, la capacidad de carga de un muelle neumático se halla en relación directa con su presión interior y la superficie eficaz. En términos estáticos (sin movimiento de la carrocería) es bastante simple modificar la capacidad de carga (fuerza del muelle), variando la presión del aire en su interior.

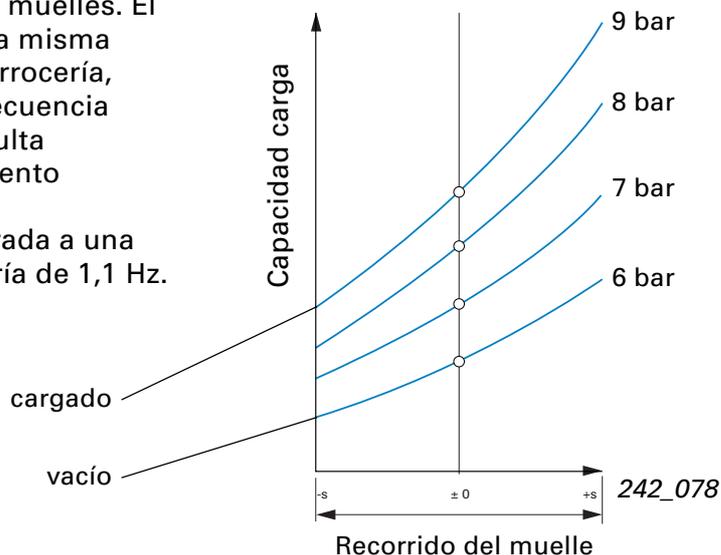
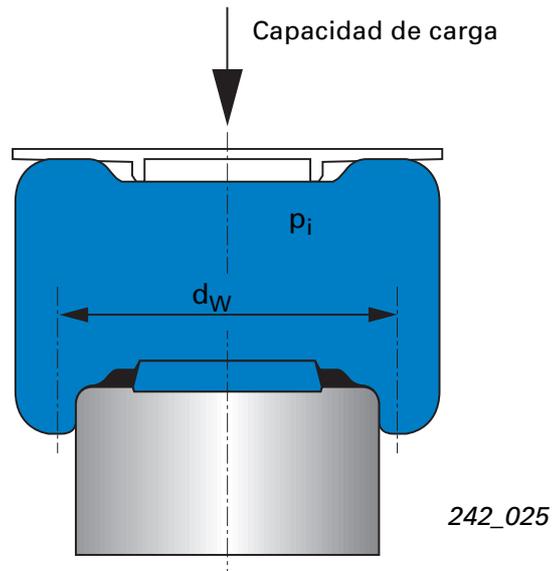
En función de las diferentes presiones, según el estado de carga, resultan a su vez las curvas características o los coeficientes de rigidez correspondientes de los muelles. El coeficiente de rigidez varía en la misma proporción que el peso de la carrocería, manteniéndose constante la frecuencia propia de la carrocería, que resulta importante para el comportamiento dinámico.

La suspensión neumática va tarada a una frecuencia propia de la carrocería de 1,1 Hz.

Émbolo y cilindro



Balona tubular arrollable



Fundamentos de la suspensión neumática

Característica del muelle

Debido al principio técnico en que se basa, la característica de un muelle neumático es progresiva (siendo el émbolo cilíndrico).

El desarrollo de la curva característica del muelle (inclinación plana/pronunciada) se determina por el volumen del muelle.

Un gran volumen se traduce en un desarrollo plano de la característica (muelle blando), mientras que un pequeño volumen del muelle da por resultado un desarrollo pronunciado de la curva característica (muelle duro).

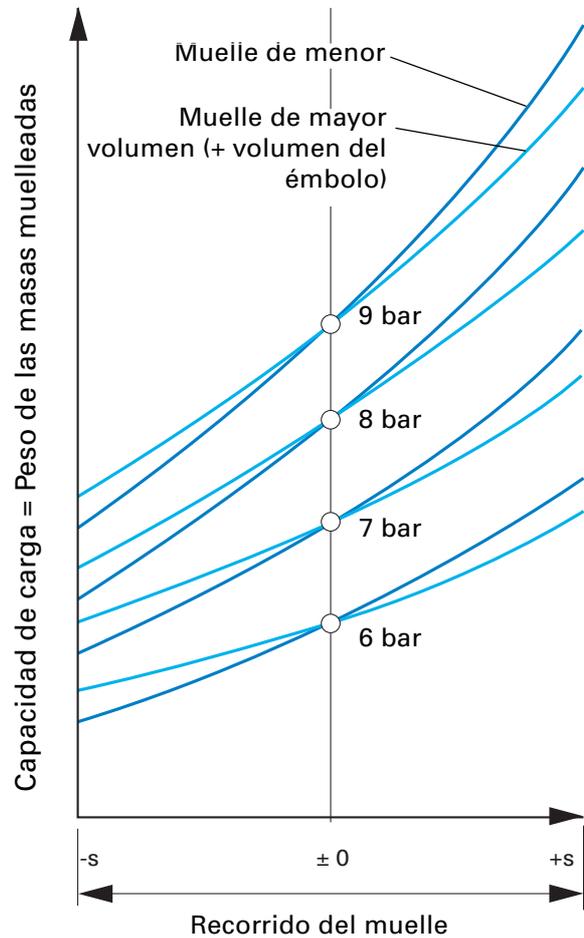
Es posible influir sobre la progresión de la curva característica del muelle, mediante una geometría específica en el contorno del émbolo sobre el que se desarrolla la balona.

Una modificación en el contorno del émbolo de desarrollo da por resultado una modificación en el diámetro eficaz y, por tanto, en la fuerza del muelle.

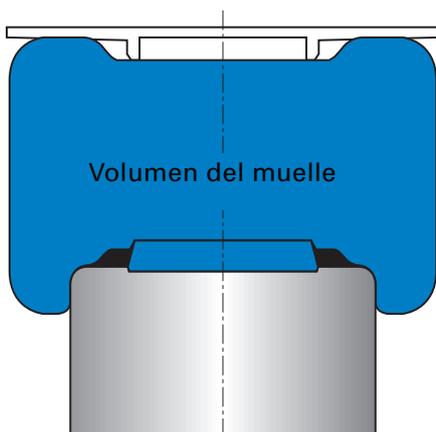
Conclusión

Para el tarado del muelle neumático con balona tubular arrollable se dispone, por lo tanto, de las siguientes posibilidades:

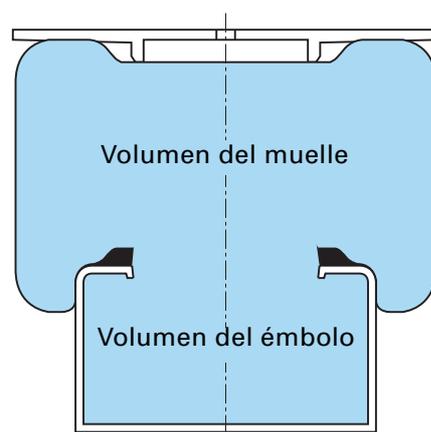
- ▶ Magnitud de la superficie eficaz
- ▶ Magnitud del volumen del muelle
- ▶ Contorno del émbolo de desarrollo



242_027

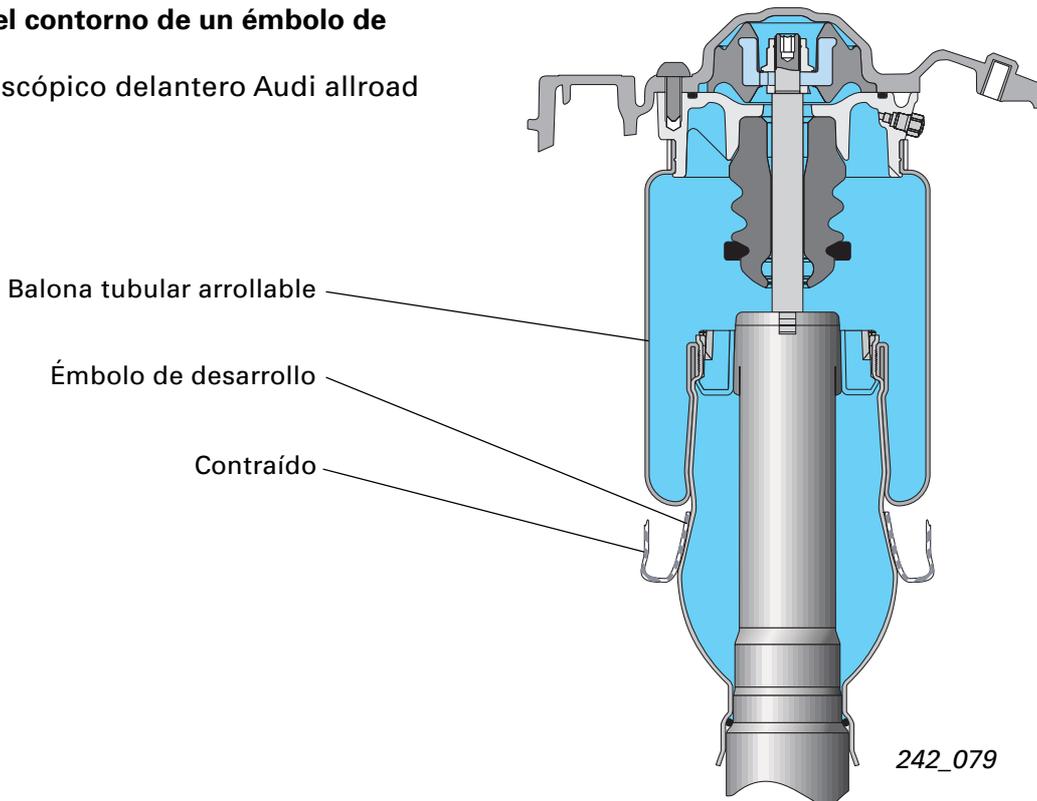


242_084



242_026

Ejemplo del contorno de un émbolo de desarrollo
(Brazo telescópico delantero Audi allroad quattro)



Amortiguación de oscilaciones

Sin una amortiguación durante la marcha del vehículo, las oscilaciones de las masas se intensificarían a raíz de irregularidades sucesivas del suelo, al grado que la carrocería empezaría a producir oscilaciones progresivas, debidas a efectos de resonancia, y las ruedas perderían el contacto con el pavimento.

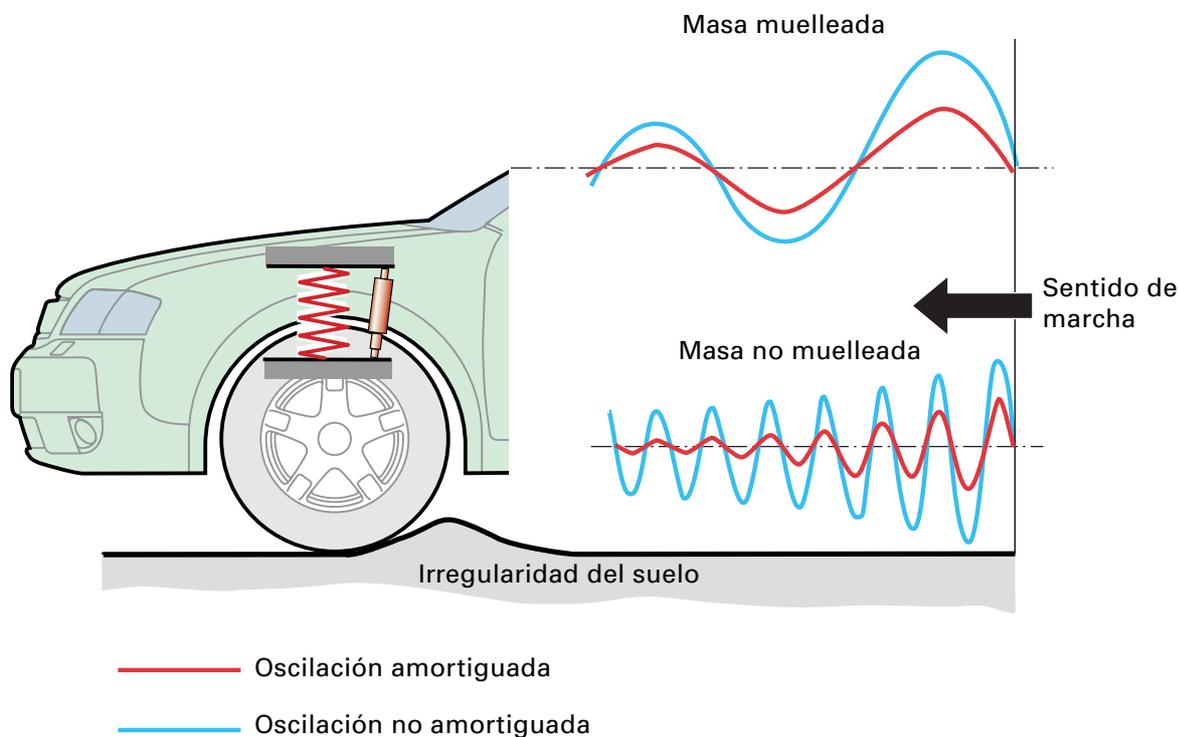
La amortiguación de las oscilaciones persigue el propósito de neutralizar lo más rápidamente posible las oscilaciones (energía) que se han engendrado en la suspensión.

A esos efectos, paralelamente a los muelles se instalan amortiguadores hidráulicos para oscilaciones (amortiguadores).

Existen diferentes tipos de amortiguadores, pero su misión y su modo de funcionamiento vienen a ser básicamente iguales.

En automoción se ha implantado la amortiguación hidráulico-mecánica. Sobre todo se han generalizado los amortiguadores en versión telescópica, porque representan el resultado óptimo en virtud de sus dimensiones compactas, los bajos índices de fricción, la amortiguación precisa y el diseño sin complicaciones.

Fundamentos de la suspensión neumática



242_022

Según ya se mencionó, la amortiguación de las oscilaciones tiene una influencia elemental en la seguridad y el confort de la conducción.

Sin embargo, los requisitos planteados a la seguridad de la conducción (comportamiento dinámico) contrastan con los planteados por el confort de la conducción.

Dentro de ciertos límites rige lo siguiente:

- ▶ Un alto grado de amortiguación mejora el comportamiento dinámico y reduce el confort de la conducción.
- ▶ Un bajo grado de amortiguación mejora el confort de la conducción y declina el comportamiento dinámico.



Para simplificar la terminología, en lugar de hablar del «amortiguador de oscilaciones» se hablará de aquí en adelante solamente del «amortiguador».

Amortiguador (amortiguador de oscilaciones)

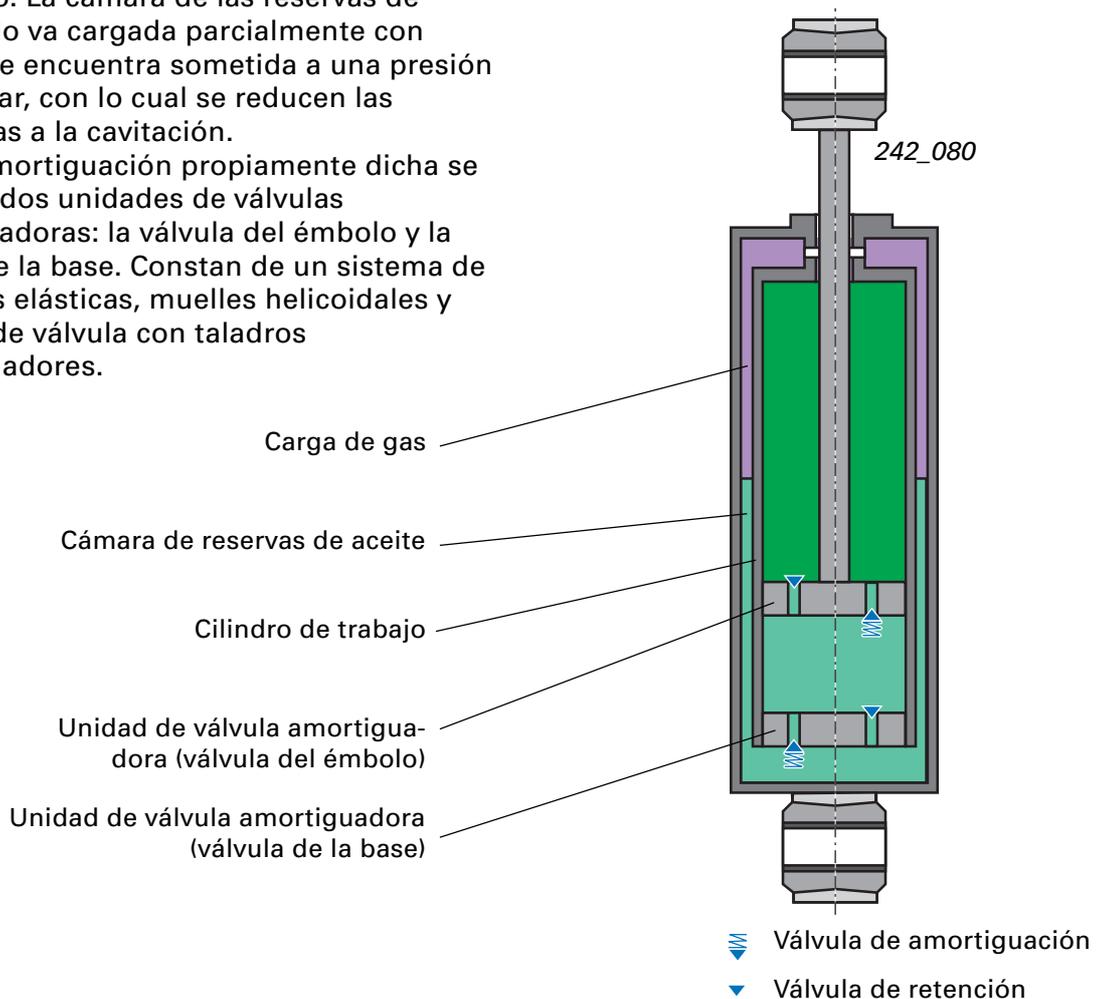
Amortiguador bitubo de gas presurizado

El amortiguador bitubo de gas presurizado se ha generalizado como amortiguador standard. En un amortiguador bitubo de gas presurizado, el cilindro de trabajo y la carcasa configuran dos cámaras. La cámara de trabajo, en la que se mueven el émbolo y la varilla de émbolo, va cargada con aceite hidráulico. La cámara anular de las reservas de aceite entre el cilindro de trabajo y la carcasa se utiliza para compensar las variaciones de volumen causadas por la varilla de émbolo y por las variaciones que experimenta la temperatura del aceite hidráulico. La cámara de las reservas de aceite sólo va cargada parcialmente con aceite y se encuentra sometida a una presión de 6 - 8 bar, con lo cual se reducen las tendencias a la cavitación.

Para la amortiguación propiamente dicha se emplean dos unidades de válvulas amortiguadoras: la válvula del émbolo y la válvula de la base. Constan de un sistema de arandelas elásticas, muelles helicoidales y cuerpos de válvula con taladros estranguladores.



Cavitación es la formación de cavidades, acompañada de la generación de un vacío en el flujo rápido de un líquido.



Fundamentos de la suspensión neumática

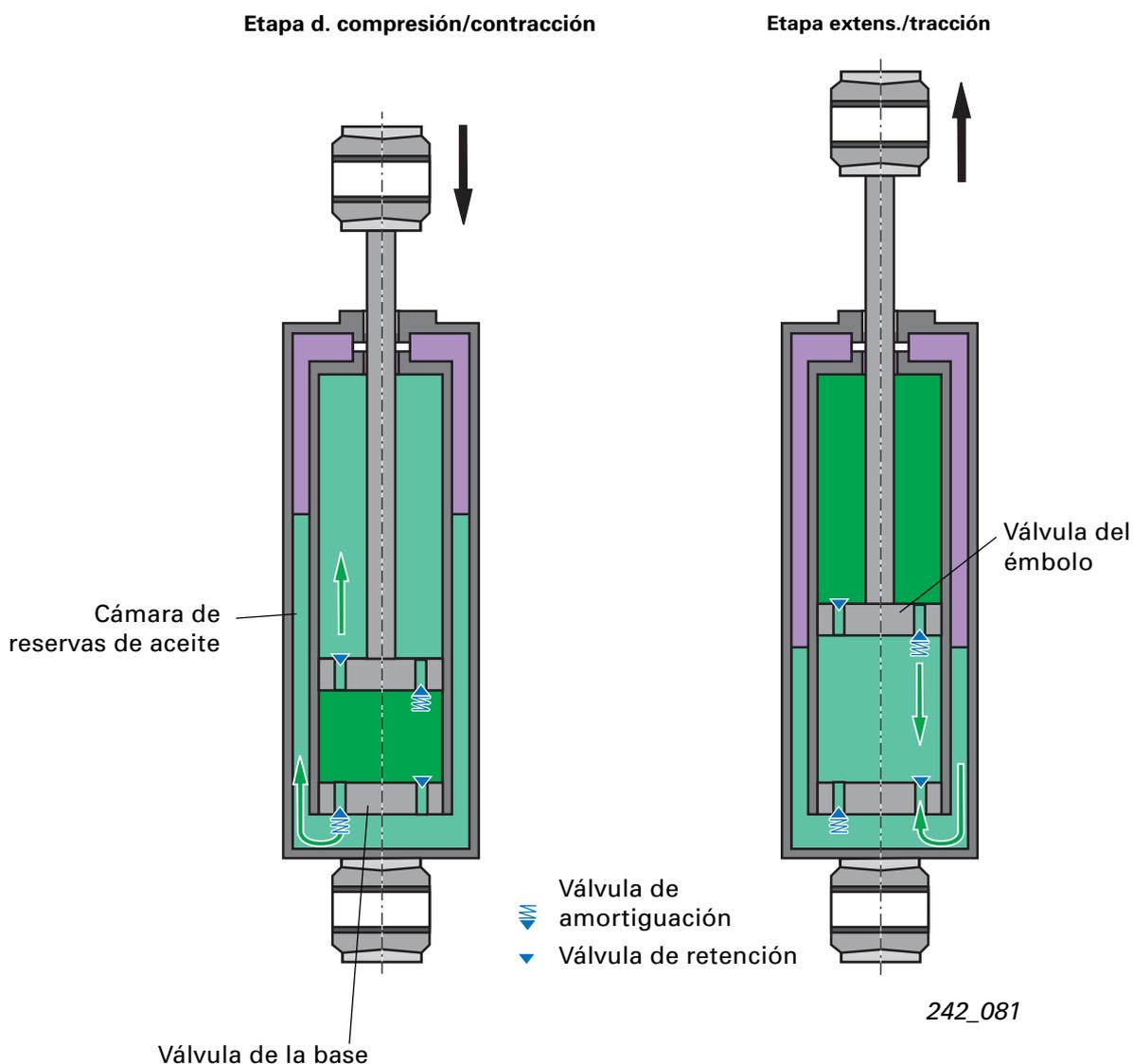
Funcionamiento

En la etapa de contracción (etapa de compresión), la magnitud de la amortiguación viene determinada por la válvula de la base y, hasta cierto punto, también por la resistencia que opone el émbolo al flujo.

El aceite despejado por la varilla de émbolo fluye hacia la cámara de las reservas. La válvula de la base opone una resistencia definida a este flujo, ejerciendo así un efecto de frenado al movimiento.

En la etapa de extensión (etapa de tracción), la válvula del émbolo se encarga sola de amortiguación y opone una resistencia definida al paso del aceite que fluye hacia abajo.

A través de la válvula de retención en la válvula de la base puede refluir sin impedimentos el aceite necesario hacia la cámara de trabajo.



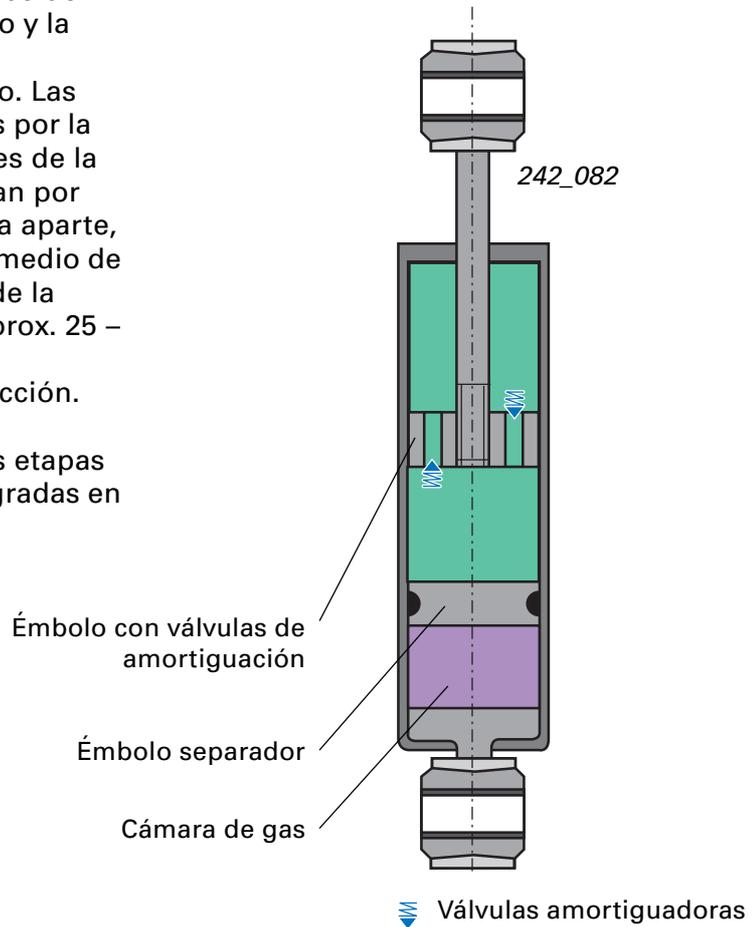
242_081



Amortiguador monotubo de gas presurizado

En el caso del amortiguador monotubo de gas presurizado, la cámara de trabajo y la cámara de las reservas de aceite se encuentran en un solo tubo cilíndrico. Las fluctuaciones del volumen, causadas por la varilla de émbolo y por las variaciones de la temperatura del aceite, se compensan por medio de una cámara de gas, situada aparte, separada del cilindro de trabajo por medio de un émbolo separador. La magnitud de la presión en la cámara de gas es de aprox. 25 – 30 bar y debe apoyar las fuerzas de amortiguación en la etapa de contracción.

Las válvulas amortiguadoras para las etapas de compresión y tracción están integradas en el émbolo.



Comparación entre un amortiguador monotubo de gas presurizado y una versión bitubo:

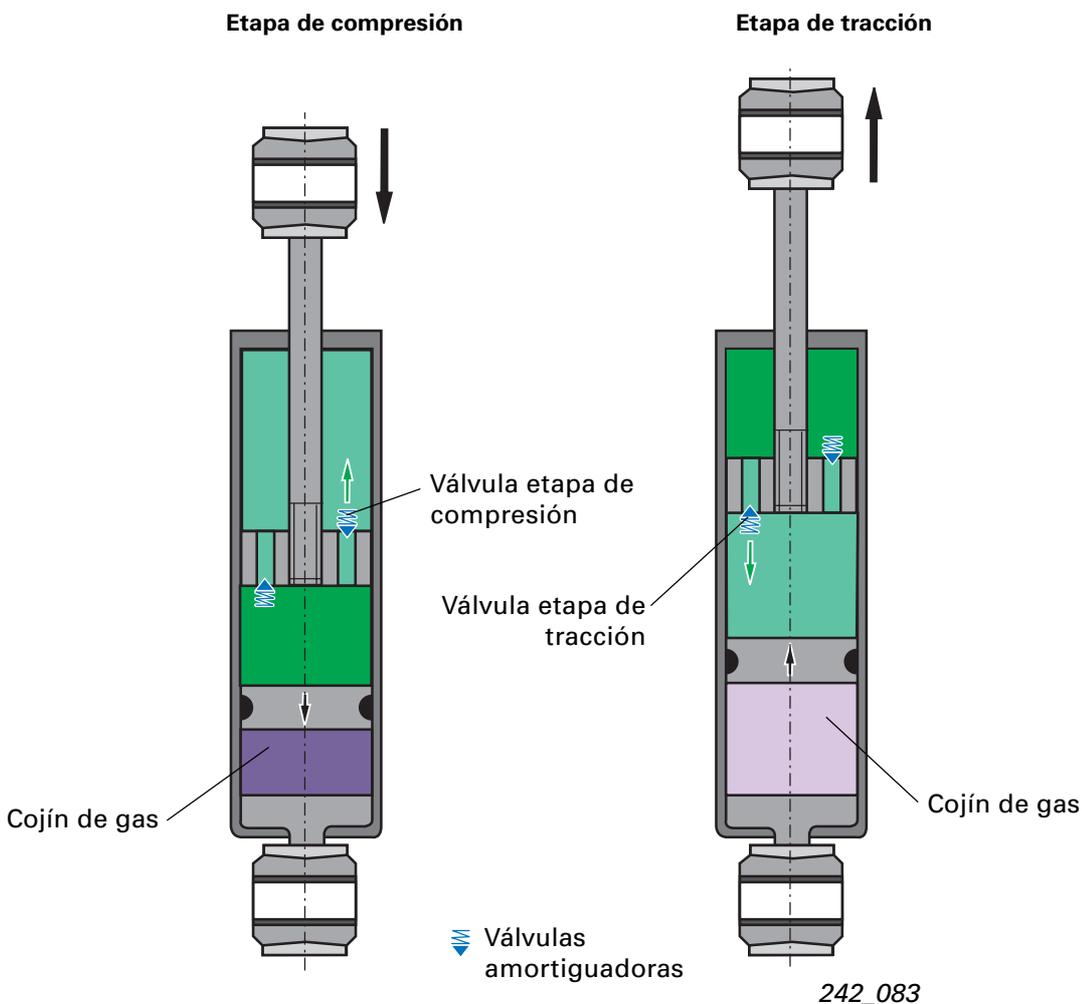
	Amortiguador bitubo de gas presurizado	Amortiguador monotubo de gas presurizado
Función de la válvula	Con la presión del gas en la cámara de las reservas de aceite se reducen las tendencias a la cavitación	Muy bajas tendencias a la cavitación, debido a la alta presión del gas y a la separación del aceite y el gas
Curvas características	A discreción, gracias a que existen válvulas por separado en las etapas de tracción y compresión	En la etapa de compresión dependen de la presión del gas
Amortiguación en carreras cortas	Buena	Mejor
Fricción	Baja	Superior, debido a la junta sometida a presión
Arquitectura	Mayor diámetro	Más largo, debido a la cámara de gas en el cilindro
Posición de montaje	Aproximadamente vertical	A discreción
Peso	Más pesado	Más ligero

Fundamentos de la suspensión neumática

Funcionamiento

En la etapa de contracción (etapa de compresión) se expulsa el aceite de la cámara inferior, a través de la válvula integrada en el émbolo para esa etapa, oponiendo al aceite una resistencia definida. El cojín de gas se comprime durante esa operación en la magnitud correspondiente al volumen de la varilla de émbolo que ingresa.

En la etapa de extensión (etapa de tracción) el aceite de la cámara superior es impulsado a través de la válvula específica integrada para ello en el émbolo, la cual opone una resistencia definida al aceite. El cojín de gas se relaja en la magnitud correspondiente al volumen de la varilla de émbolo que sale de la cámara.



Tarado de la amortiguación

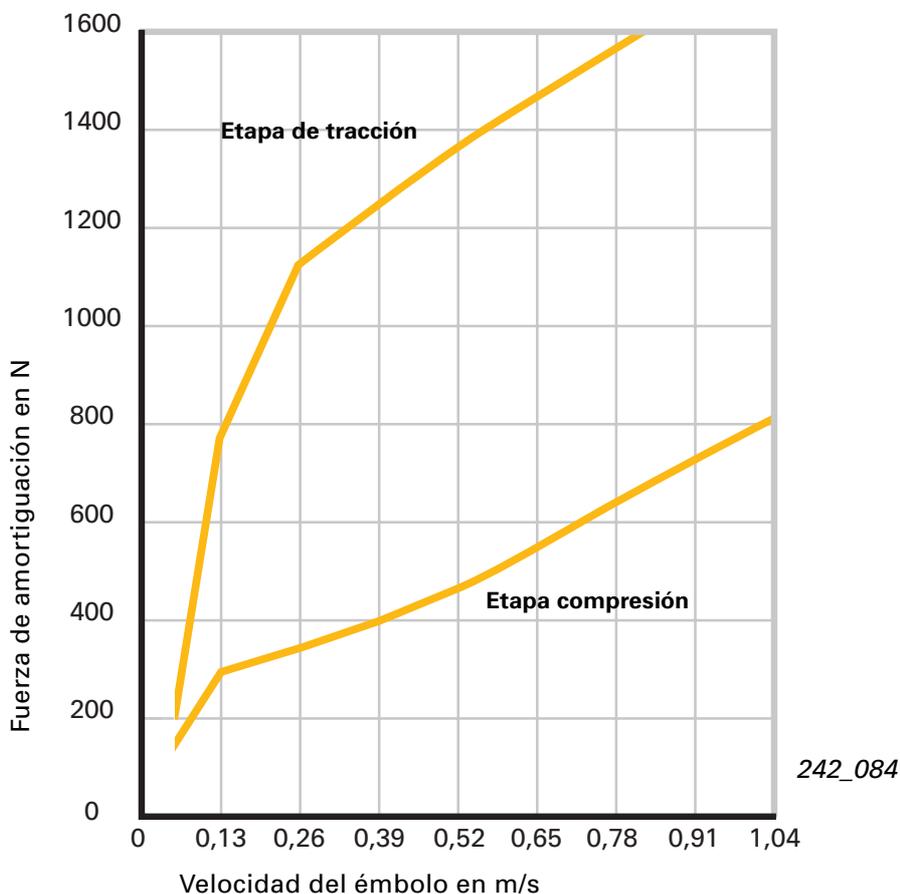
En el caso de la amortiguación se diferencia básicamente entre la etapa de compresión (contracción) y la de tracción (extensión).

La fuerza de la amortiguación en la etapa de compresión suele ser menos intensa que en la de tracción. Debido a ello, los golpes del pavimento se transmiten con una menor intensidad a la carrocería. El muelle absorbe la energía, degradándola rápidamente en la etapa de extensión, a través de la mayor intensidad de fuerza que caracteriza a la etapa de tracción.

Ventaja de este tarado:

Un buen comportamiento de respuesta de la suspensión, que se traduce en un alto nivel de confort en la conducción.

Este tarado presenta desventajas si las irregularidades del pavimento se suceden con rapidez. Si ya no queda suficiente tiempo para la extensión de los muelles entre los golpes, en un caso extremo sucede que la suspensión se «endurece» muy intensamente, lo cual afecta tanto al confort como a la seguridad de la conducción.



Fundamentos de la suspensión neumática

El índice de amortiguación ...

... es el factor de la rapidez con que se degradan las oscilaciones.

... de la carrocería depende de la fuerza de amortiguación que caracteriza al propio amortiguador y de las masas muelleadas.

Para una misma fuerza de amortiguación es válido lo siguiente:

Un aumento de las masas muelleadas reduce el índice de amortiguación. Eso significa, que las oscilaciones se degradan más lentamente.

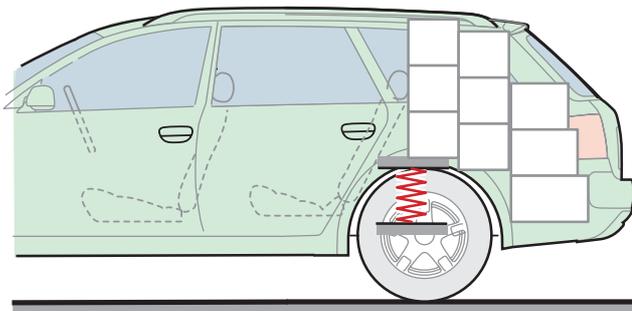
Una reducción de las masas muelleadas aumenta el índice de amortiguación. Eso significa, que las oscilaciones se degradan más rápidamente.



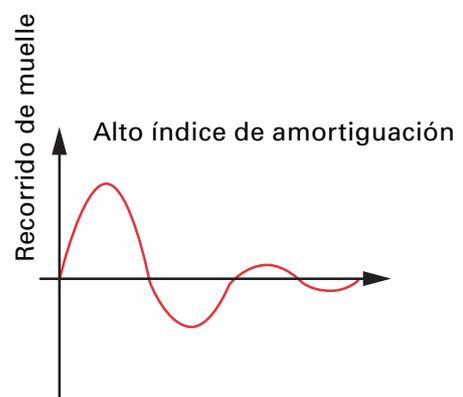
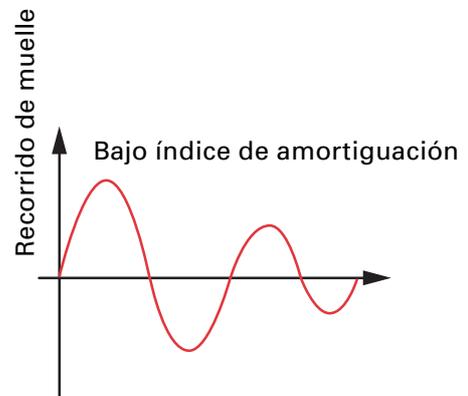
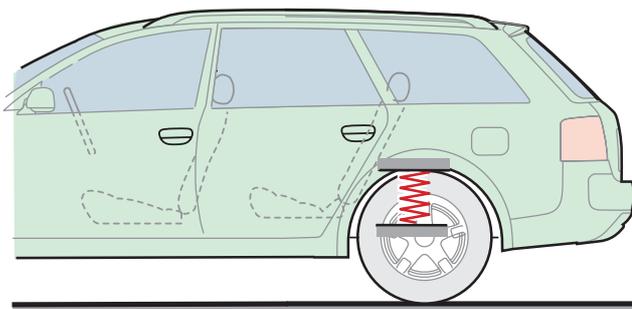
El **índice de amortiguación** describe la cantidad de energía cinética que se extrae con la amortiguación a un sistema de oscilaciones entre dos períodos.

La **intensidad de la amortiguación** es solamente un sinónimo del índice de amortiguación.

Una mayor masa muelleada



Una menor masa muelleada



242_068

Fuerza de amortiguación

La fuerza de amortiguación depende del volumen de aceite a despejar (superficie del émbolo amortiguador), de la resistencia que oponen las válvulas amortiguadoras al flujo del aceite, la velocidad del émbolo amortiguador y la viscosidad del aceite de amortiguación.

La fuerza de amortiguación se mide con ayuda de una máquina específica. Trabajando con un régimen constante, esta máquina genera carreras de diferente longitud en dirección de tracción y compresión, estableciendo así diferentes velocidades de contracción y extensión del amortiguador.

Los diagramas de fuerza-carrera obtenidos de esa forma pueden ser transformados en diagramas de fuerza-velocidad (diagramas F-v).

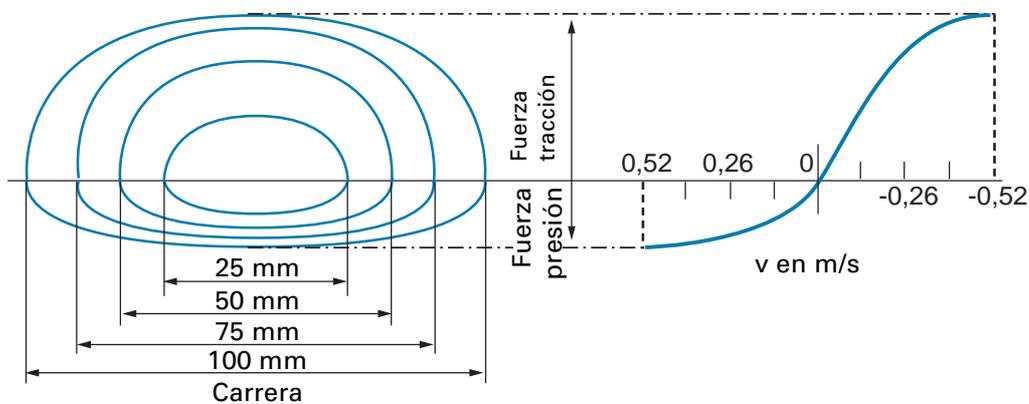
Estas curvas características expresan directamente los nexos que existen entre la fuerza de amortiguación y la velocidad del émbolo, expresando asimismo, por tanto, las características del amortiguador.

Se diferencia entre curvas características lineales, progresivas y degresivas.

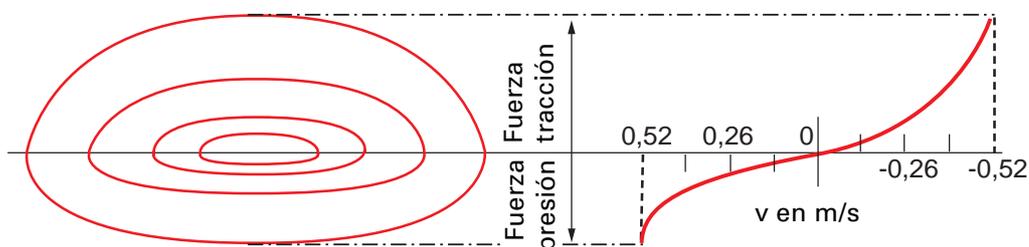


Diagrama F-v con los desarrollos de las curvas características (régimen constante para todas las carreras)

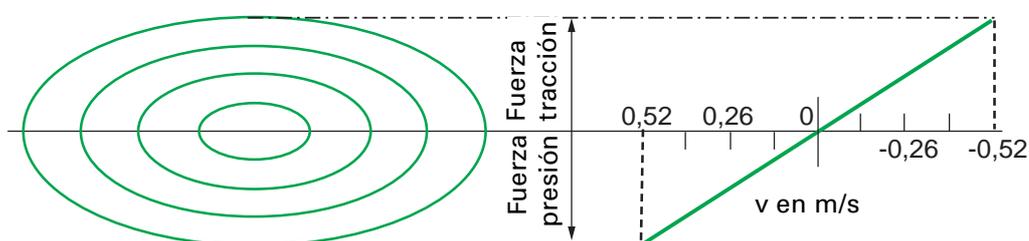
degresiva



progresiva



lineal



Fundamentos de la suspensión neumática



Aplicando las correspondientes medidas en el diseño se procede a adaptar las curvas características a las necesidades que plantea el tarado de la suspensión.

Generalmente se implantan amortiguadores con característica degresiva.

Los amortiguadores normales tienen características fijamente definidas. Van calibrados para el peso normal de la carrocería y cubren una extensa gama de situaciones de la conducción en un tren de rodaje tarado adecuadamente.

El tarado del tren de rodaje representa siempre una solución conciliante entre la seguridad (comportamiento dinámico) y el confort de la conducción.

El índice de amortiguación se reduce a medida que aumenta el peso de la carga a bordo (se reduce el efecto de amortiguación de las masas muelleadas), lo cual influye negativamente en el comportamiento dinámico.

En contraste con ello, el índice de amortiguación es superior con el vehículo vacío, lo cual influye negativamente en las condiciones de confort.



Nota:

En el SSP 213, página 28 «Amortiguador de características en función de la carga y el recorrido» se explica una particularidad del tarado de la suspensión.

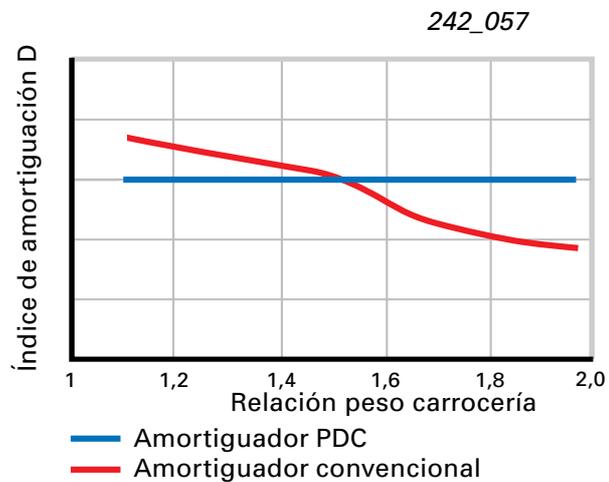
Amortiguador PDC

Para mantener constante el índice de amortiguación y, con éste, el comportamiento dinámico entre los estados de vehículo cargado parcialmente y cargado totalmente, en el eje trasero del sistema de suspensión neumática del Audi A6 con regulación de nivel, así como en la suspensión neumática de 4 niveles del Audi allroad quattro se montan amortiguadores con características en función de la carga, sin escalonamientos.

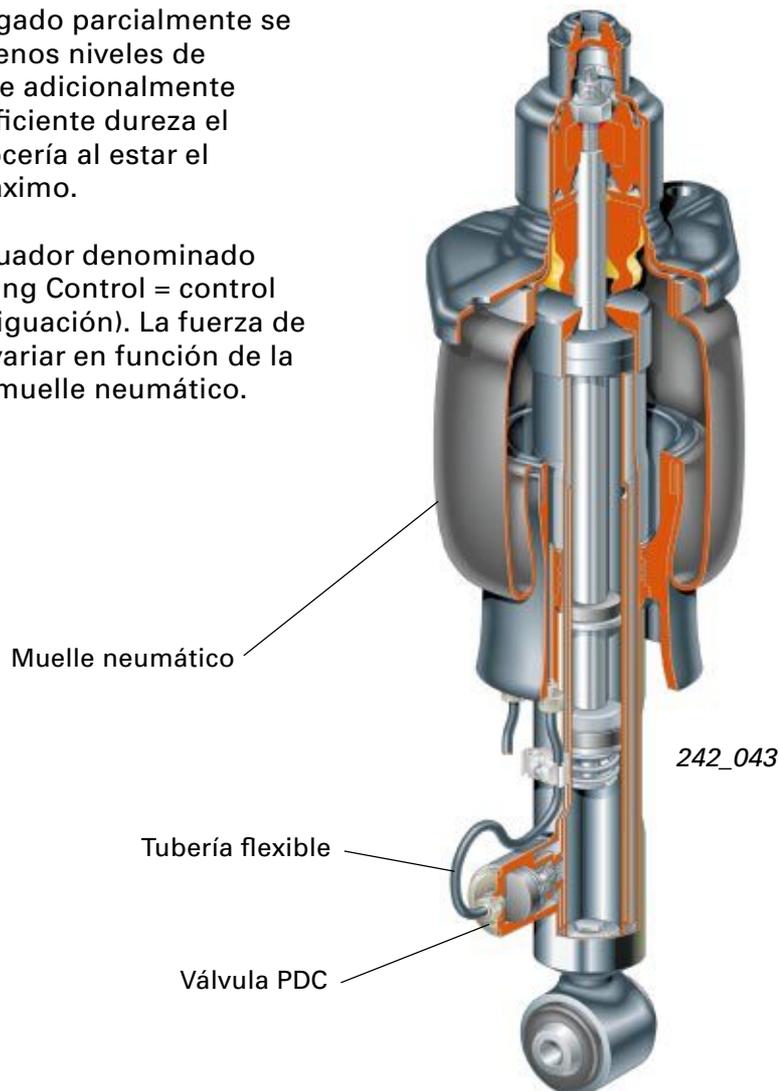
En combinación con la frecuencia propia invariable de la carrocería, debida a los muelles neumáticos, se obtiene así un comportamiento a oscilaciones de la carrocería prácticamente invariable, o sea, independiente de la carga.

Al estar el vehículo cargado parcialmente se consiguen así unos buenos niveles de confort, manteniéndose adicionalmente amortiguado con la suficiente dureza el movimiento de la carrocería al estar el vehículo cargado al máximo.

Se trata de un amortiguador denominado PDC (Pneumatic Damping Control = control neumático de la amortiguación). La fuerza de amortiguación puede variar en función de la presión reinante en el muelle neumático.



Configuración coaxial muelle neum. / amortiguador PDC



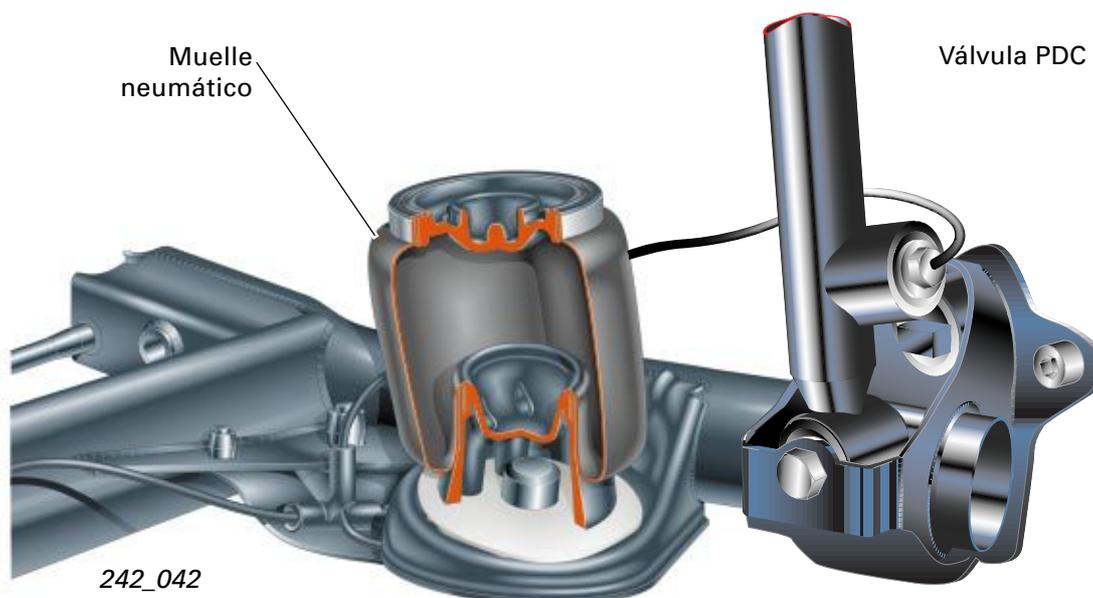
Fundamentos de la suspensión neumática

La modificación de la fuerza de amortiguación se realiza por medio de una válvula PDC integrada por separado en el amortiguador. Va comunicada con el muelle neumático a través de una tubería flexible.

Utilizando la presión del muelle neumático como magnitud de control proporcional al estado de carga del vehículo, se procede a excitar un estrangulador variable en la válvula PDC, que influye sobre la resistencia de flujo y, por tanto, sobre la fuerza de amortiguación en las etapas de tracción y compresión.

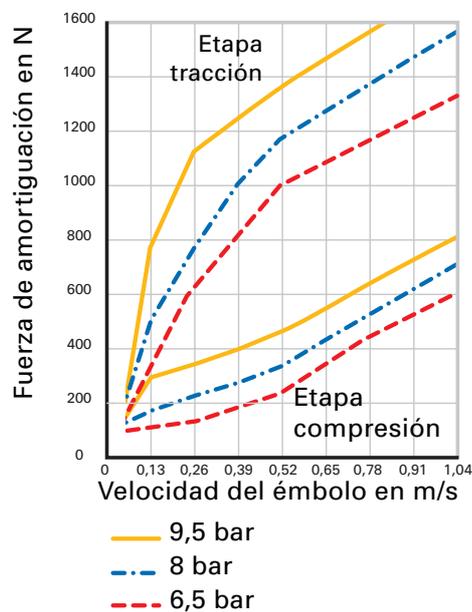
Para actuar en contra de la influencia indeseable que ejercerían las variaciones dinámicas de la presión en el muelle neumático (etapas de contracción y extensión), se ha instalado un estrangulador en el empalme de aire de la válvula PDC.

Config. por separado d. muelle neum. / amortiguador PDC



242_042

242_087





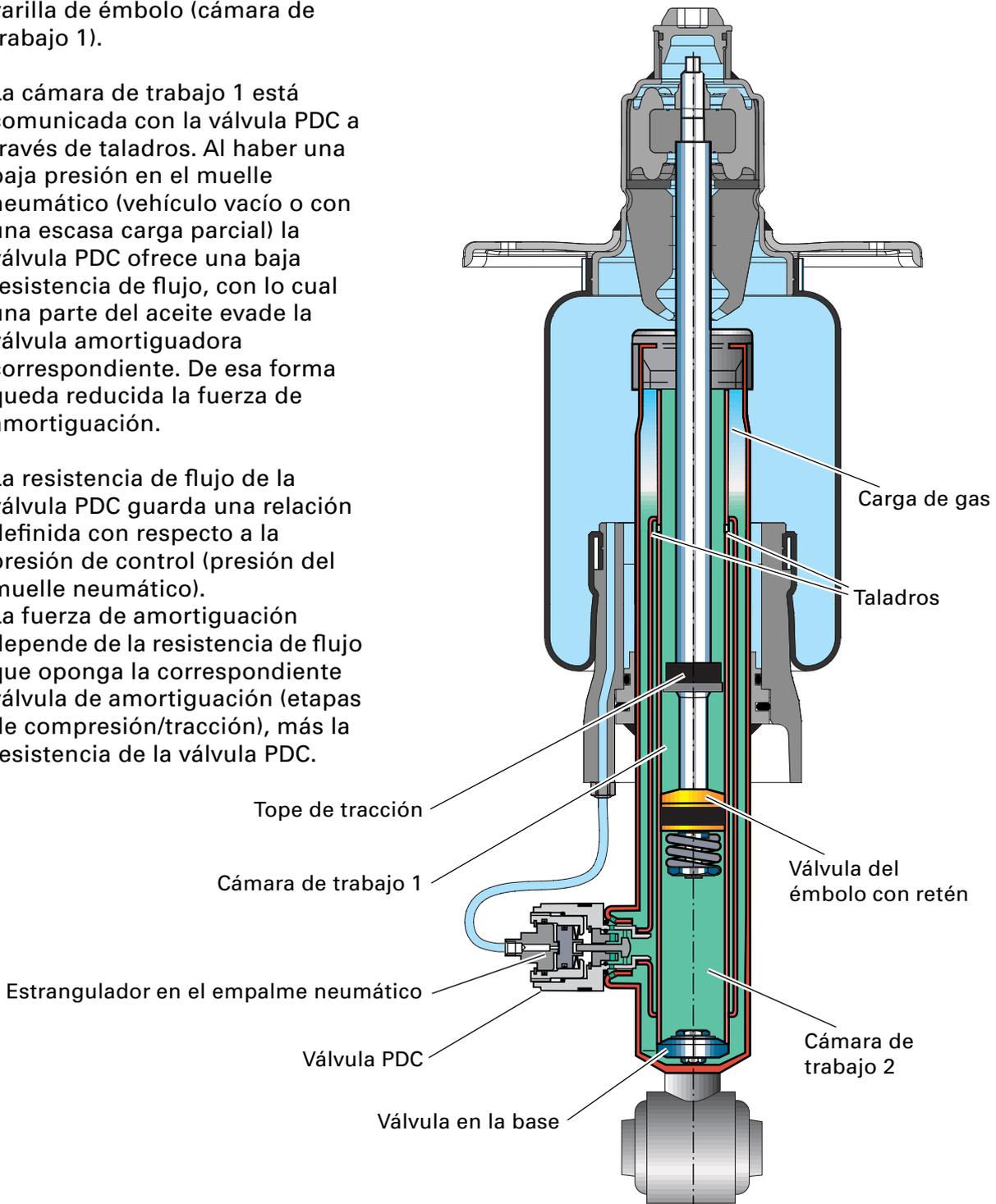
Diseño y funcionamiento

La válvula PDC ejerce influencia sobre la resistencia de flujo del líquido en la cámara de trabajo que se encuentra por el lado de la varilla de émbolo (cámara de trabajo 1).

La cámara de trabajo 1 está comunicada con la válvula PDC a través de taladros. Al haber una baja presión en el muelle neumático (vehículo vacío o con una escasa carga parcial) la válvula PDC ofrece una baja resistencia de flujo, con lo cual una parte del aceite evade la válvula amortiguadora correspondiente. De esa forma queda reducida la fuerza de amortiguación.

La resistencia de flujo de la válvula PDC guarda una relación definida con respecto a la presión de control (presión del muelle neumático).

La fuerza de amortiguación depende de la resistencia de flujo que oponga la correspondiente válvula de amortiguación (etapas de compresión/tracción), más la resistencia de la válvula PDC.

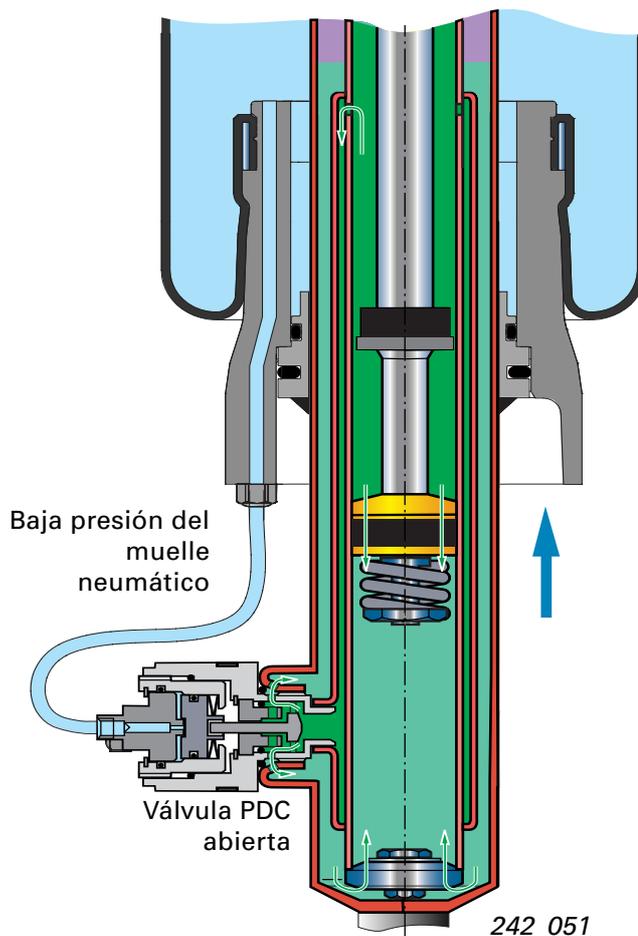


242_033

Fundamentos de la suspensión neumática

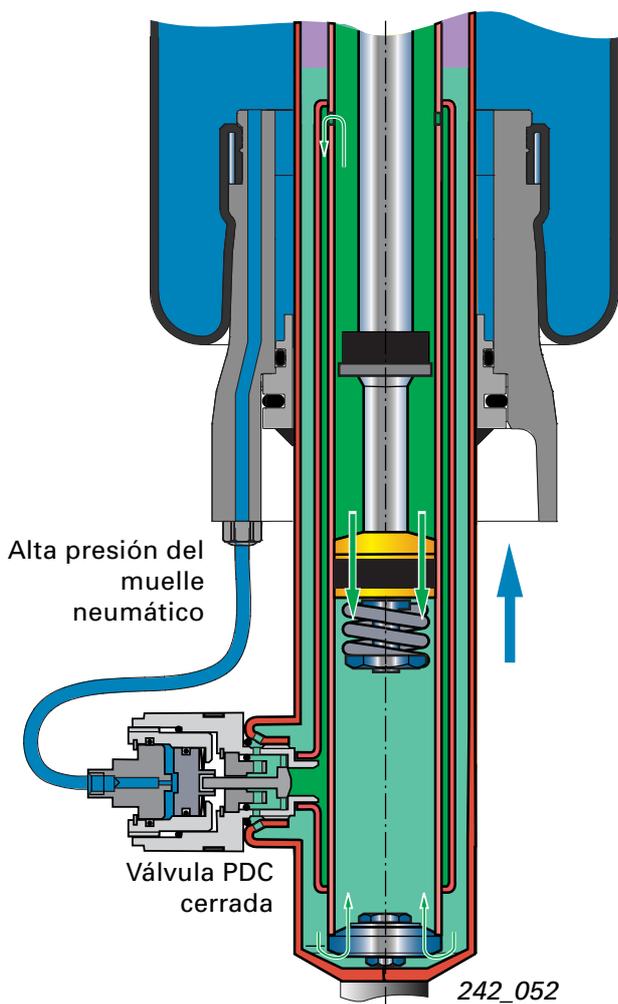
Funcionamiento en etapa de tracción con baja presión del muelle neumático

El émbolo es tirado hacia arriba; una parte del aceite fluye a través de la válvula en el émbolo y la otra parte fluye a través de los taladros en la cámara de trabajo 1 hacia la válvula PDC. Debido a la baja presión de control (presión del muelle neumático) es baja también la resistencia de flujo de la válvula PDC y se reduce la fuerza de amortiguación.



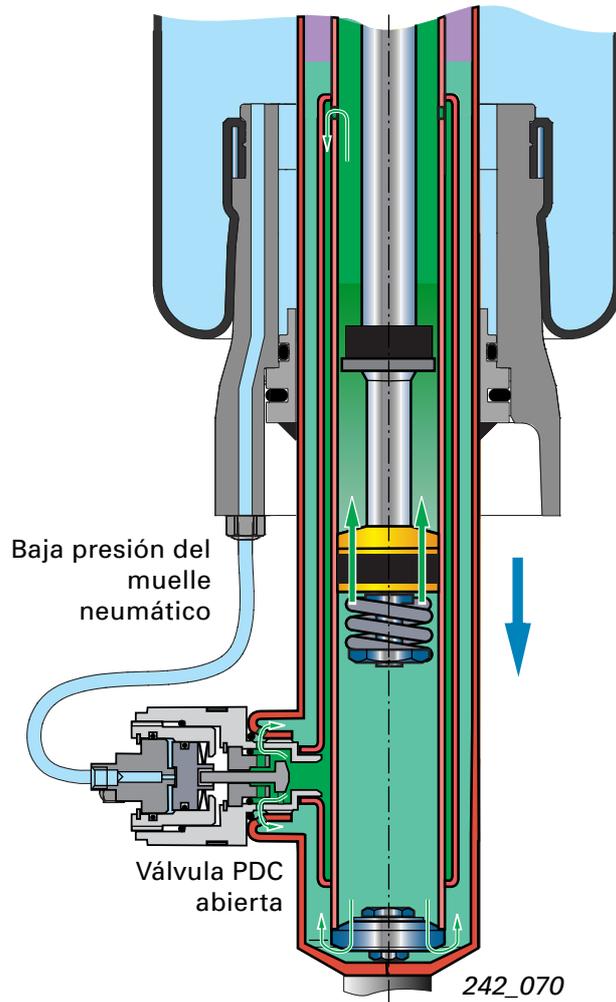
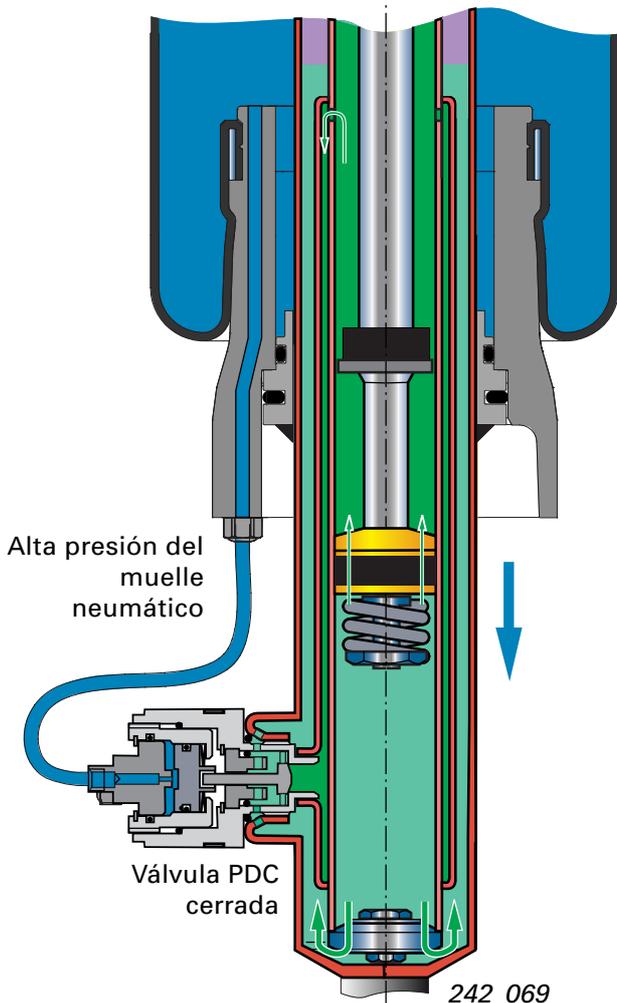
Funcionamiento en etapa de tracción con alta presión del muelle neumático

La presión de control y consiguientemente la resistencia de flujo de la válvula PDC tienen una magnitud alta. La mayor parte (según la presión de control) tiene que pasar por la válvula del émbolo, en virtud de lo cual aumenta la fuerza de amortiguación.



Funcionamiento en etapa de compresión con baja presión del muelle neumático

El émbolo es oprimido hacia abajo; la amortiguación viene siendo definida por la válvula de la base y, hasta cierto punto, también por la resistencia de flujo del émbolo. El aceite despejado por la varilla de émbolo fluye, por una parte, a través de la válvula de la base hacia la cámara de las reservas. La otra parte fluye a través de los taladros en la cámara de trabajo 1 hacia la válvula PDC. Siendo bajas la presión de control (presión del muelle neumático) y la resistencia de flujo de la válvula PDC, se reduce la fuerza de amortiguación.



Funcionamiento en etapa de compresión con alta presión del muelle neumático

Existe una alta presión de control y consiguientemente también una alta resistencia de flujo por parte de la válvula PDC. La mayor parte (según la presión de control) tiene que pasar por la válvula de la base, en virtud de lo cual aumenta la fuerza de amortiguación.



Regulación de nivel A6

El siguiente capítulo trata el sistema de suspensión neumática en el Audi A6 1998 con regulación de nivel. En el capítulo «Fundamentos» se abordan los conocimientos fundamentales acerca de la suspensión neumática / regulación de nivel. En virtud de que esta información y esos conocimientos constituyen la base para el siguiente capítulo, es conveniente conocer preliminarmente los fundamentos en cuestión.

Estructura del sistema

Para el Audi A6 se ofrece como opción un sistema de regulación de nivel basado en una suspensión neumática. La suspensión neumática está diseñada aquí exclusivamente para el eje trasero, porque en el delantero sólo intervienen cargas mínimas, con reducidas variaciones del nivel debidas a las cargas a bordo.

La suspensión neumática del Audi A6 consta de los siguientes componentes principales:

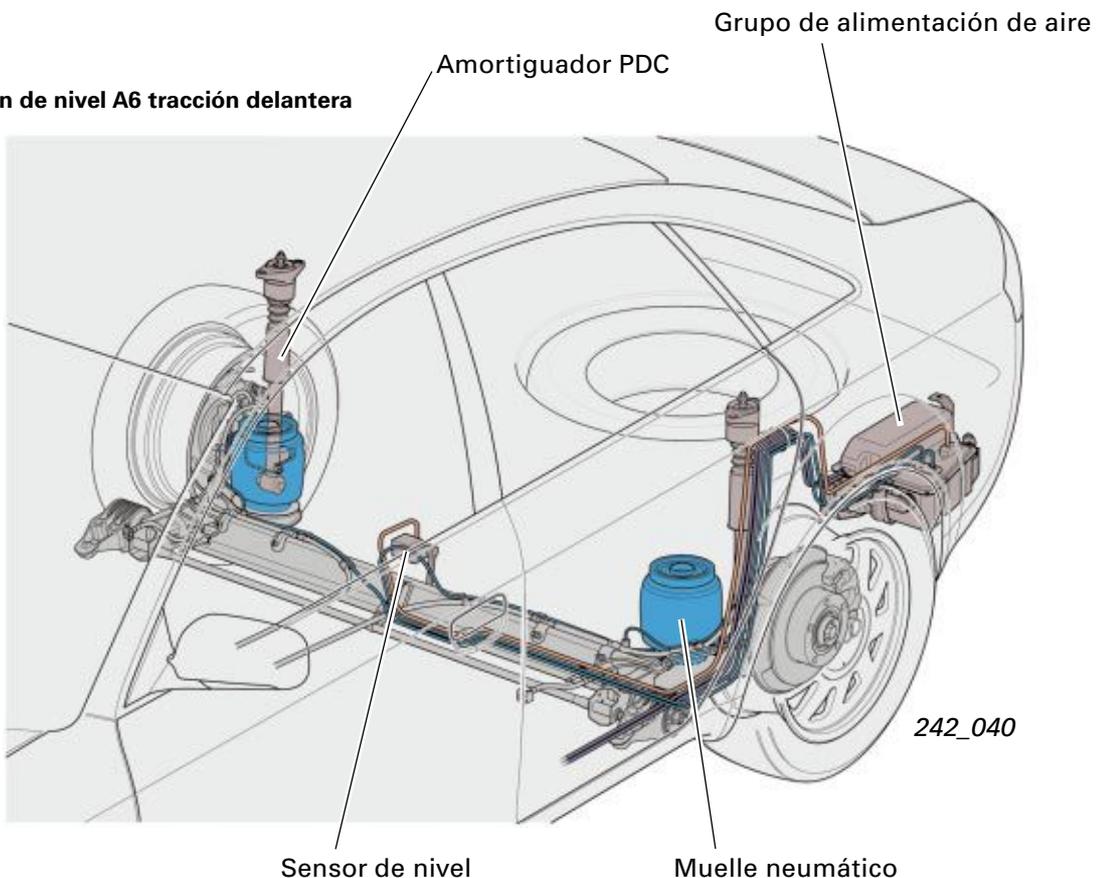
Los elementos de muelle son balonas tubulares arrollables.

Los amortiguadores que se emplean son versiones PDC (ver página 33).

El grupo de alimentación de aire tiene reunidos, en una caja de metal, el compresor con el deshidratador integrado para el aire, las válvulas reguladoras y la unidad de control.

Un sensor de nivel detecta el nivel momentáneo del vehículo.

Regulación de nivel A6 tracción delantera

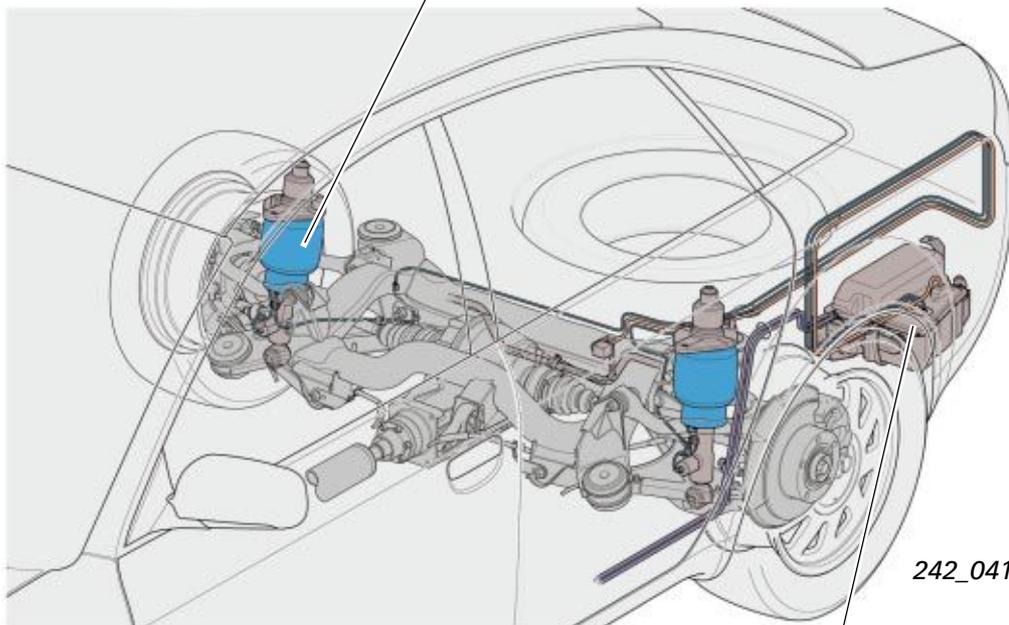


Además de las ventajas inherentes al principio en que se basa una regulación de nivel (ver «Fundamentos»), el sistema realizado en el A6 presenta las siguientes ventajas:

- ▶ Un comportamiento a muelle y oscilaciones casi independiente de las condiciones de carga
- ▶ Mínimas necesidades de espacio, gracias a su diseño compacto, especialmente en la zona del eje
- ▶ La regulación de nivel también está disponible con el motor parado
- ▶ Breves tiempos de regulación en ascenso y descenso
- ▶ Reducidas necesidades energéticas
- ▶ Ecológica, por utilizarse el aire como medio
- ▶ Alta fiabilidad de funcionamiento gracias a una alta resistencia mecánica
- ▶ Regulación electrónica con extensas funciones de autodiagnóstico
- ▶ Sin mantenimiento



Regulación de nivel A6 quattro



Grupo de alimentación de aire

Regulación de nivel A6

Muelles neumáticos

El montaje de los muelles neumáticos en las versiones de tracción delantera y quattro es parecido al de los vehículos con muelles de acero. Debido a ello se han podido adoptar en gran escala los diseños de los ejes correspondientes a los trenes de rodaje standard.

Para los vehículos de tracción delantera, el émbolo de desarrollo es una versión cónica, para establecer la suficiente libertad de movimiento entre la balona y el émbolo, teniendo en cuenta los movimientos espaciales del muelle.

En el caso de la tracción quattro, las balonas van combinadas en un conjunto coaxial con los amortiguadores, formando así el brazo telescópico.



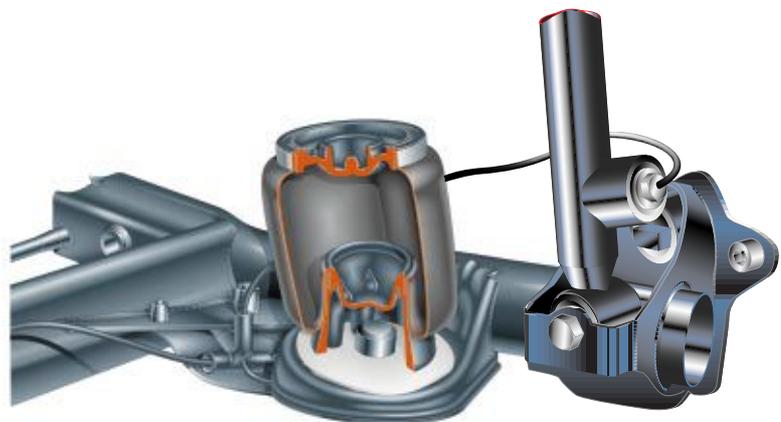
Los muelles neumáticos no deben ser movidos sin presión, porque la balona tubular no se puede desarrollar en ese caso en el émbolo y sufre daños. Antes de elevar o descender un vehículo con la suspensión neumática sin presión (p. ej. con un elevador o un gato) es preciso llenar el muelle neumático en cuestión con ayuda del tester para diagnósticos (ver Manual de Reparaciones).

Tracción quattro: configuración coaxial del muelle neumático / amortiguador PDC



242_043

Tracción delantera: configuración por separado del muelle neumático / amortiguador PDC



242_042

Diseño del brazo telescópico neumático

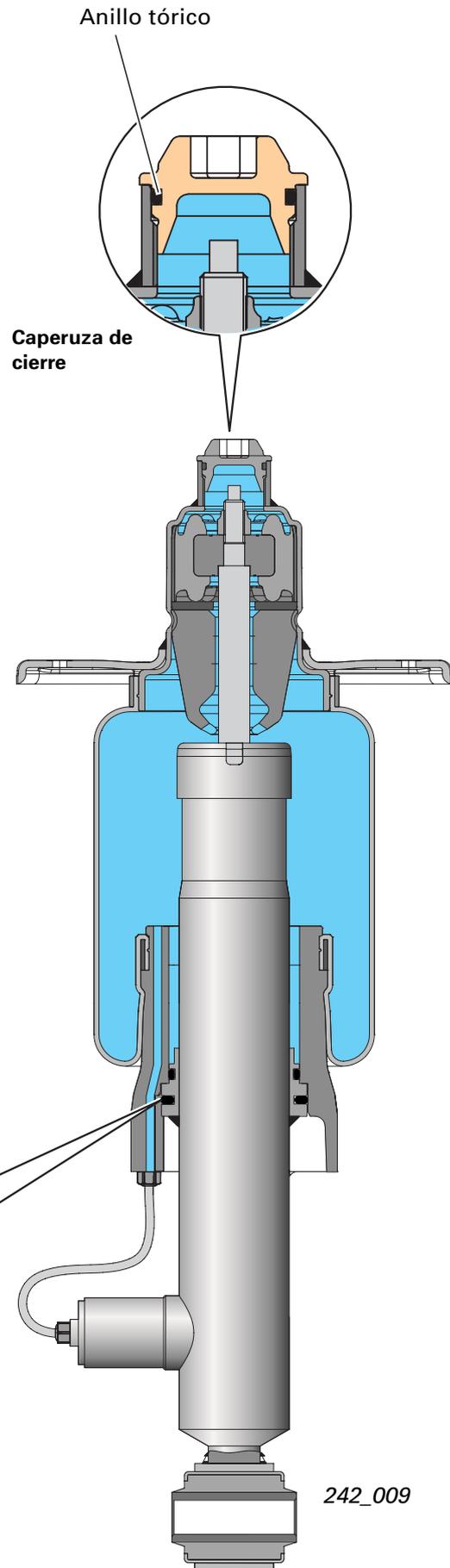
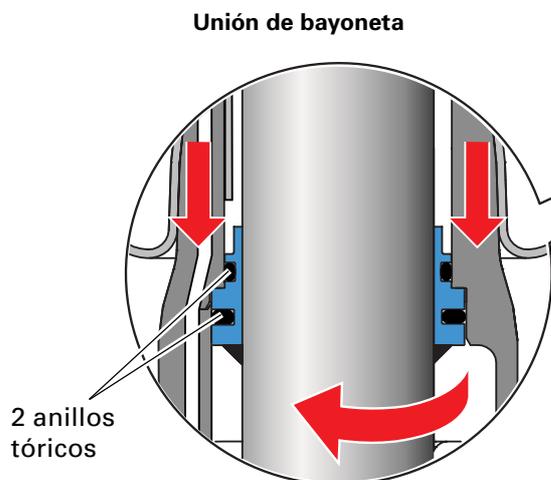
En el brazo telescópico para la tracción quattro se ha realizado la unión / el sellado de la balona (émbolo de desarrollo) hacia el amortiguador por medio de una doble junta con cierre de bayoneta.

La unión de bayoneta debe estar absolutamente limpia. Antes del ensamblaje se la engrasa con un lubricante especial (ver Manual de Reparaciones).

El ensamblaje se realiza ensartando y girando a continuación el muelle neumático.



Si existen fugas visibles hay que fijarse sobre todo en la estanqueidad de los anillos tóricos en los sitios que se muestran aquí en los detalles. Las superficies de estanqueidad deben estar limpias, exentas de corrosión y porosidad (piezas de aluminio), siendo necesario engrasarlas en parte (ver Manual de Reparaciones).



Regulación de nivel A6

Grupo de alimentación de aire

En una caja metálica del grupo de alimentación de aire están agrupados:

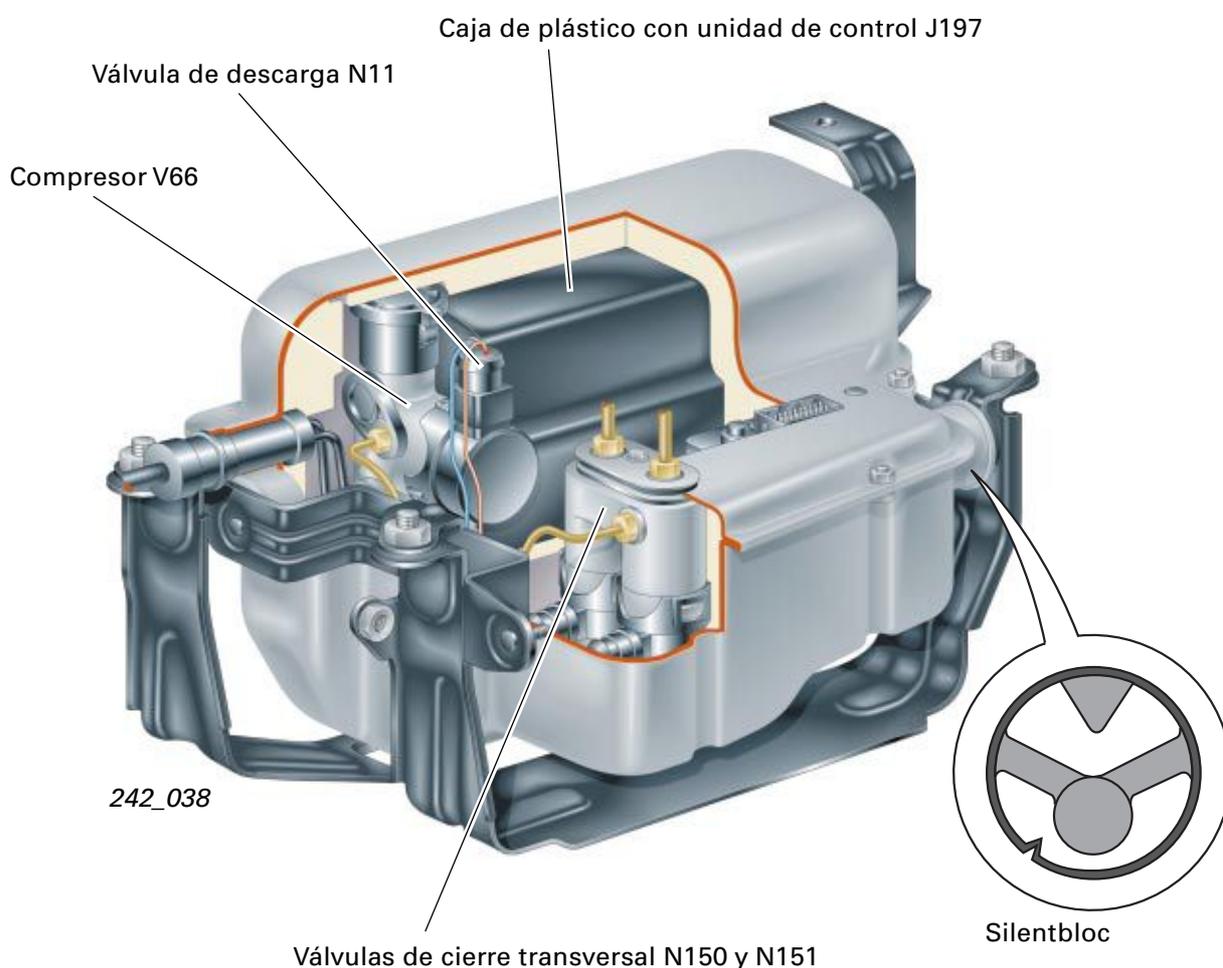
- el compresor V66 con deshidratador integrado y válvula de descarga N111,
- las válvulas de cierre transversal N150 y N151,
- la unidad de control J197
- y el relé para compresor J403.

Para la amortiguación acústica y de vibraciones, los componentes que anteceden van alojados en una estera insonorizante especial en espuma de poliuretano (espuma PUR). La estera insonorizante está diseñada de modo que inmovilice los componentes en la caja metálica.

Unos silentblocs de configuración específica impiden que las vibraciones sean transmitidas de forma perceptible a la carrocería.

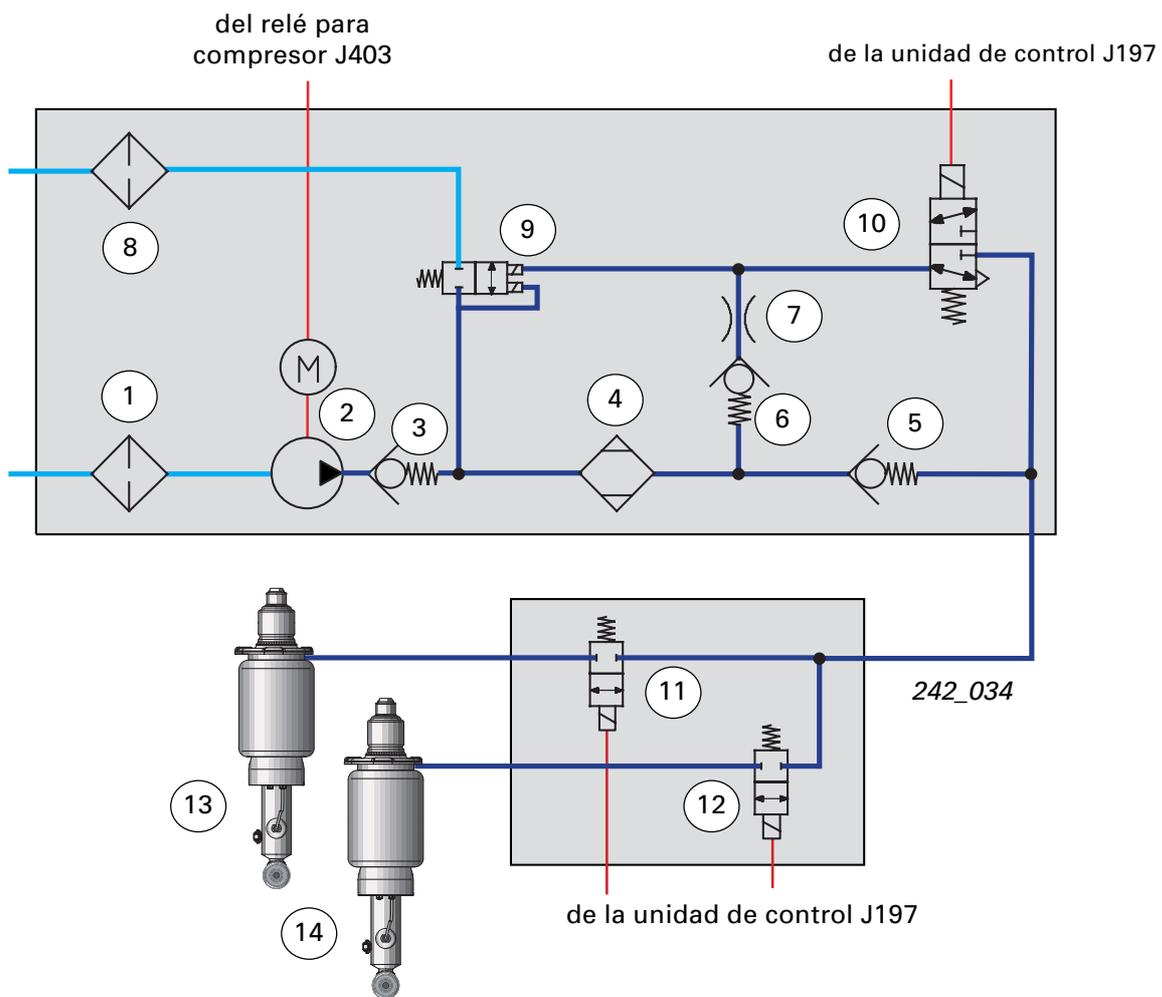
Obsérvese la correcta posición de montaje de los silentblocs.

Las dos medias carcasas de la caja de metal están ensambladas con una junta intermedia. Esta junta sirve solamente para efectos de insonorización. Debido a que el compresor aspira y descarga aire en la caja metálica, está prevista una cierta inestabilidad en el diseño del conjunto.



Esquema hidráulico

- | | | | |
|---|-------------------------------|----|--|
| 1 | Filtro de aspiración | 10 | Válvula de descarga N111 |
| 2 | Compresor con motor V66 | 11 | Válvula para brazo telescópico tra. i zq. N150 |
| 3 | Válvula de retención 1 | 12 | Válvula para brazo telescópico tra. der. N151 |
| 4 | Deshidratador | 13 | Muelle neumático trasero izquierdo |
| 5 | Válvula de retención 2 | 14 | Muelle neumático trasero derecho |
| 6 | Válvula de retención 3 | | |
| 7 | Estrangulador | | |
| 8 | Filtro de descarga | | |
| 9 | Válvula de descarga neumática | | |



Regulación de nivel A6

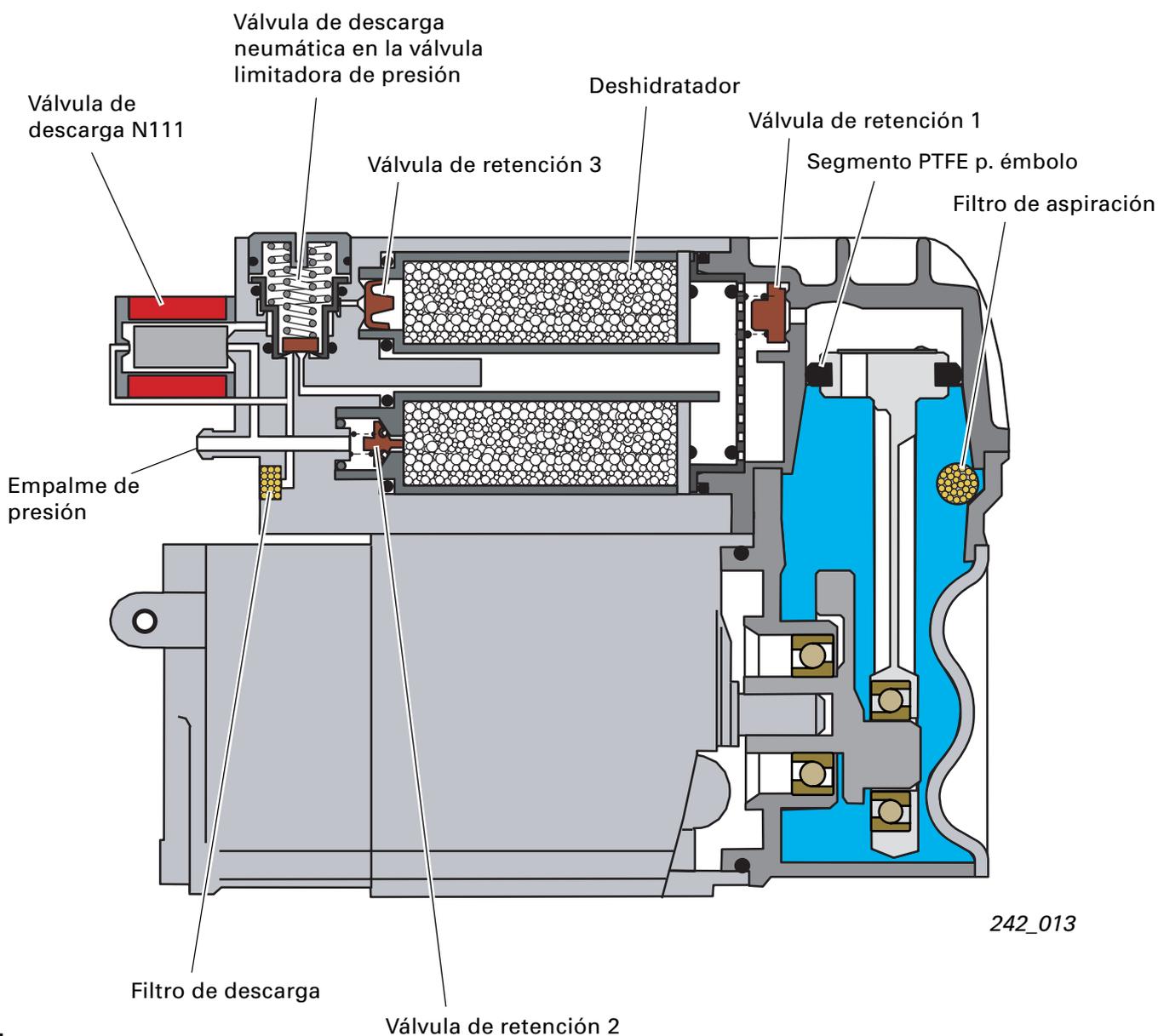
Compresor

Para la generación del aire comprimido se emplea un compresor monoescalonado de émbolo alternativo con deshidratador integrado. Para evitar suciedad de aceite en las balonas y en el cartucho del deshidratador, se ha ejecutado el compresor en una versión de funcionamiento sin engrase.

Los cojinetes con lubricación permanente y un segmento de PTFE para el émbolo (politetrafluoretileno) se encargan de conferirle una larga vida útil.

En la carcasa del cartucho para el deshidratador está integrada la válvula de descarga N111 y la válvula de descarga neumática.

Para proteger el compresor contra un posible sobrecalentamiento se lo desactiva si tiene una temperatura excesiva (ver capítulo «Protección de sobrecalentamiento», página 61).



242_013

Aspiración/compresión

Durante el movimiento ascendente del émbolo se aspira aire hacia el cárter del cigüeñal a través de un filtro sinterizado. En la zona superior al émbolo se comprime el aire, el cual pasa a través de la válvula de retención 1 hacia el deshidratador.

A través de la válvula de retención 2, el aire comprimido y deshidratado pasa al empalme de presión, el cual conduce hacia las válvulas de cierre transversal N150 y N151.

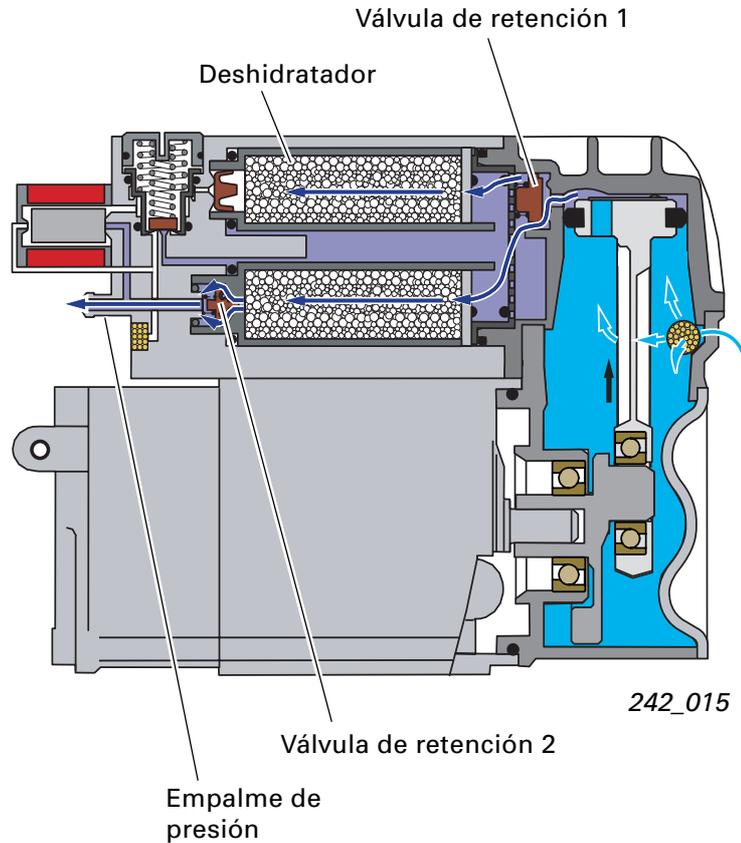
Sobreflujo

Durante el movimiento descendente del émbolo, el aire aspirado hacia el cárter del cigüeñal fluye a través de la válvula de diafragma hacia el cilindro.

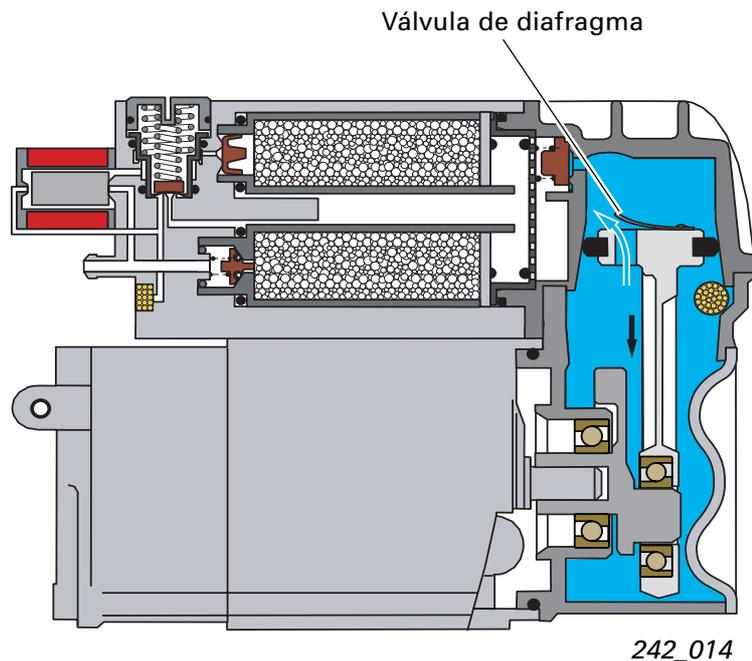
Llenado/elevación

Para el llenado (elevación), la unidad de control excita simultáneamente el relé para el compresor y las válvulas de muelles neumáticos (ver aspiración/compresión).

Aspiración/compresión



Sobreflujo



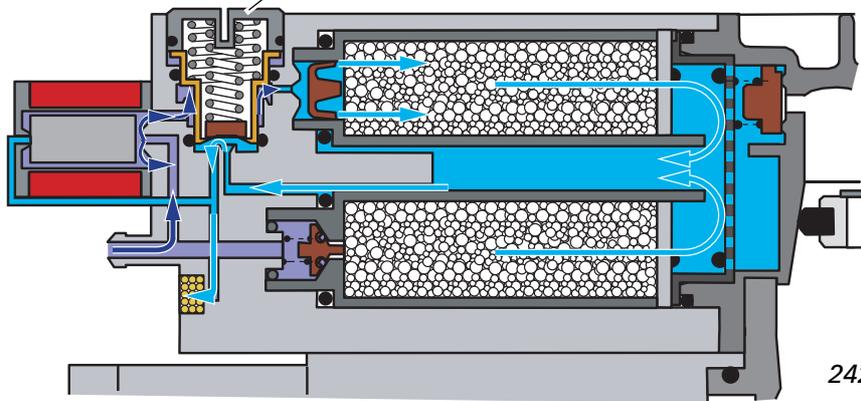
Regulación de nivel A6

Descarga/descenso

Durante el ciclo de descarga están excitadas (abiertas) las válvulas de muelles neumáticos N150 y N151 y la válvula de descarga N111. La presión del muelle pasa a la válvula de descarga neumática y sigue desde ahí a través del deshidratador y la válvula limitadora de presión hacia la intemperie (ver descripción válvula de descarga neumática).



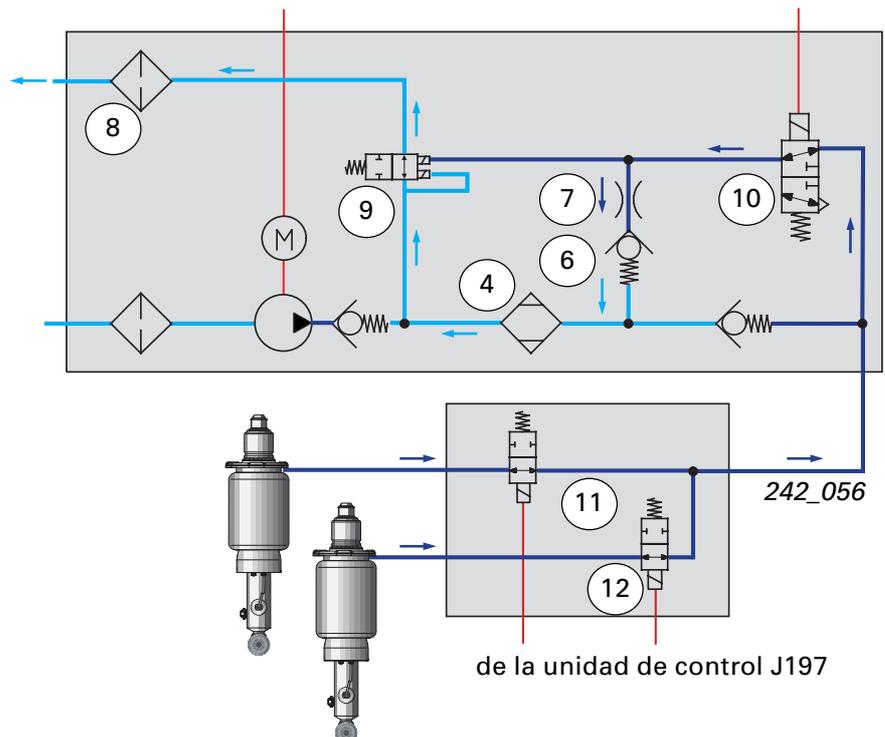
Válvula de descarga neumática con válvula limitadora de presión



Esquema neumático descarga

de la unidad de control J197

- 4 Deshidratador
- 6 Válvula de retención 3
- 7 Estrangulador
- 8 Filtro de descarga
- 9 Válvula de descarga neumática
- 10 N111
- 11 N150
- 12 N151



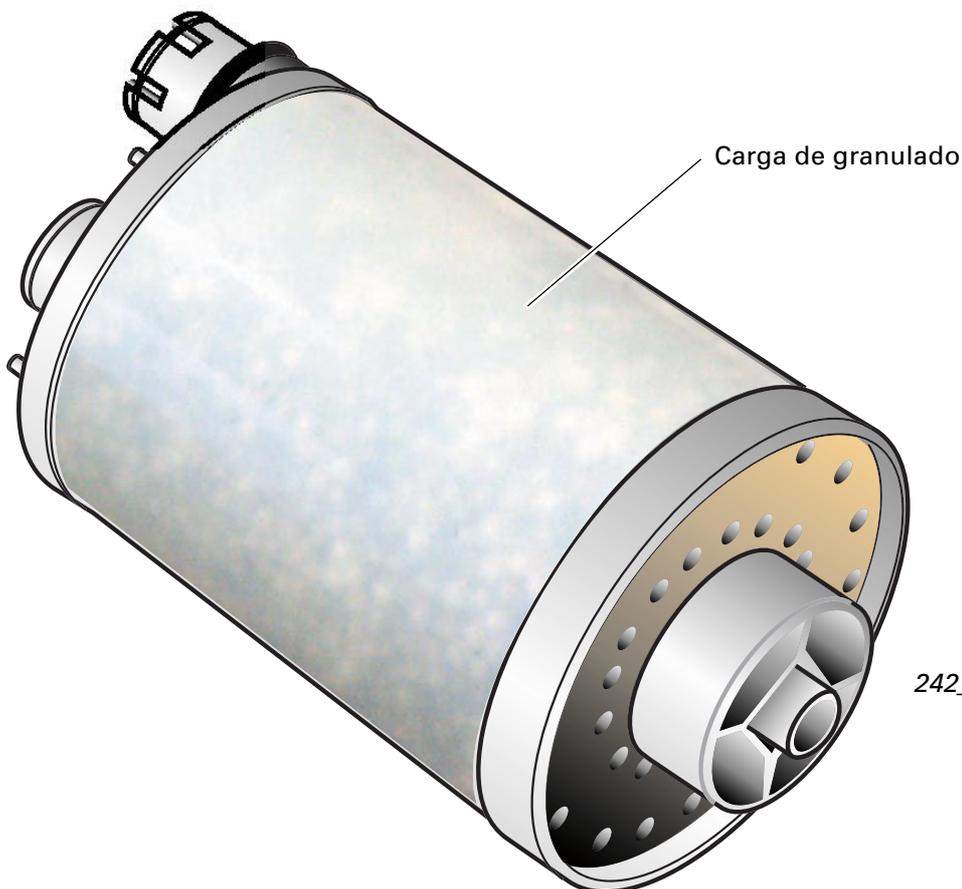
Deshidratador

Para evitar agua condensada y los problemas de corrosión y congelación que de ahí resultan, es preciso deshidratar el aire correspondientemente. En el sistema empleado aquí se trata de un deshidratador regenerativo. El secante es un granulado de silicato sintético. Este granulado está en condiciones de almacenar una cantidad de agua equivalente hasta un 20% de su peso propio, según la temperatura reinante. Debido a que el deshidratador es una versión regenerativa y sólo se hace funcionar con aire filtrado, exento de aceite, no está sujeto a ningún intervalo de sustitución y funciona, por tanto, exento de mantenimiento.



Debido a que el deshidratador únicamente se regenera a través del aire residual, el compresor no debe ser utilizado para inflar cualesquiera otros objetos. En virtud de que ese aire comprimido no volvería a través del deshidratador, no se podría producir su regeneración. Por tal motivo, el fabricante no ha instalado en el compresor ningún empalme de presión para el llenado de objetos externos.

Si existe agua/humedad en el sistema, es un indicio de que existe un fallo en el funcionamiento del deshidratador o del propio sistema.



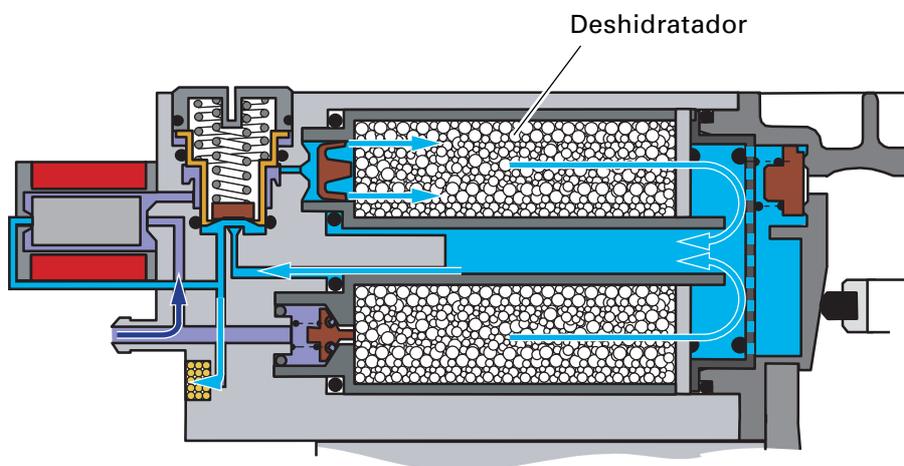
242_056

Regulación de nivel A6

Regeneración

En una primera fase, según se ha descrito ya, el aire comprimido pasa a través del deshidratador y se deshumecta. La humedad se almacena interinamente en el deshidratador y el aire pasa en estado seco hacia el sistema.

La regeneración del deshidratador se realiza en el ciclo de descarga (descenso). Durante la descarga, el aire comprimido seco («aire residual») se realimenta al deshidratador, en el cual absorbe de nuevo la humedad que se encuentra almacenada interinamente, para entregarla a continuación al aire del ambiente.

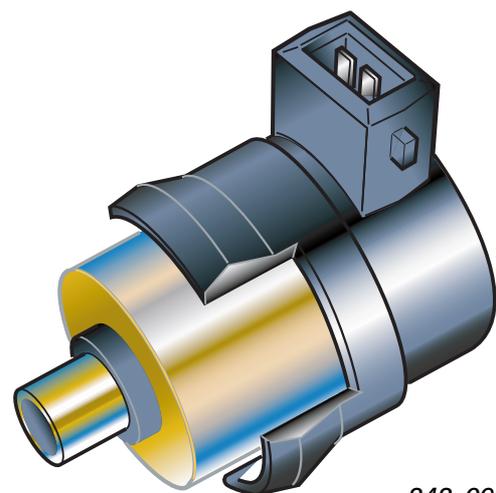


242_016

Válvula de descarga N111

La válvula de descarga N111 es una versión de 3/2 vías (tres empalmes y dos posiciones). Se encuentra cerrada sin corriente. La N111 se emplea únicamente para la descarga (descenso).

Para el descenso, la unidad de control J197 excita la válvula de descarga, conjuntamente con ambas válvulas N150 y 151 (ver descripción de la válvula de descarga neumática y consultar bajo descarga).



242_097

Válvula de descarga neumática

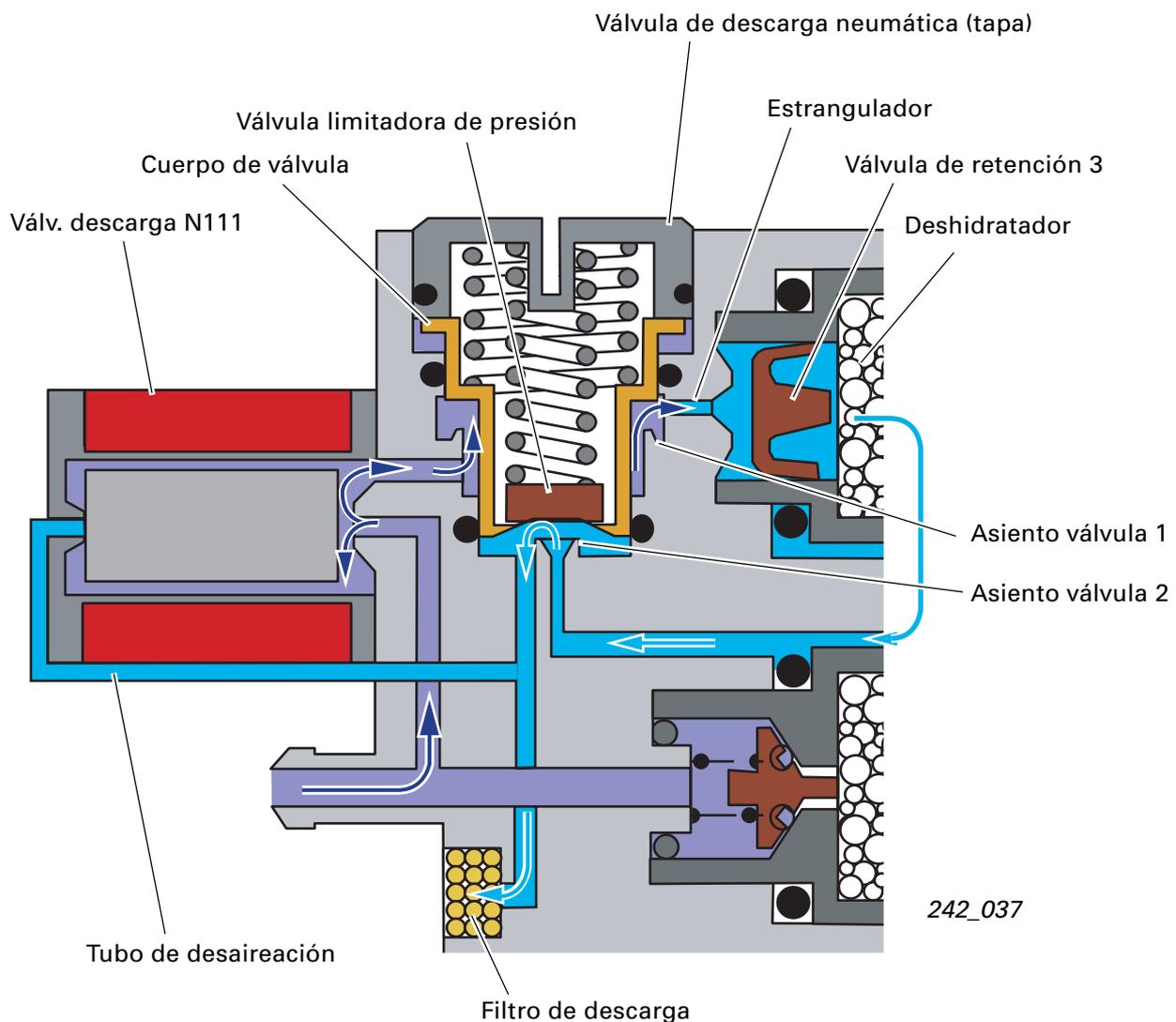
La válvula de descarga neumática asume dos funciones:

- ▶ la del subsistema de mantenimiento de la presión residual
- ▶ la de limitar la presión

Para evitar daños en los muelles neumáticos (balona tubular arrollable) se requiere una cierta presión mínima en el sistema ($>3,5$ bar). El **subsistema de mantenimiento de la presión residual** se encarga de que al descargar la presión en el sistema de la suspensión neumática, no se produzcan presiones inferiores a 3,5 bar (excepto al existir fugas ante la válvula de descarga neumática).

Si la presión del muelle neumático es $> 3,5$ bar, el cuerpo de la válvula emerge superando la fuerza de ambos muelles de válvula y abre los asientos de válvula 1 y 2. La presión del muelle neumático pasa ahora a través del estrangulador y la válvula de retención 3 hacia el deshidratador. Después de pasar por el deshidratador, el aire fluye a través del asiento de la válvula limitadora de presión y del filtro de descarga hacia la intemperie.

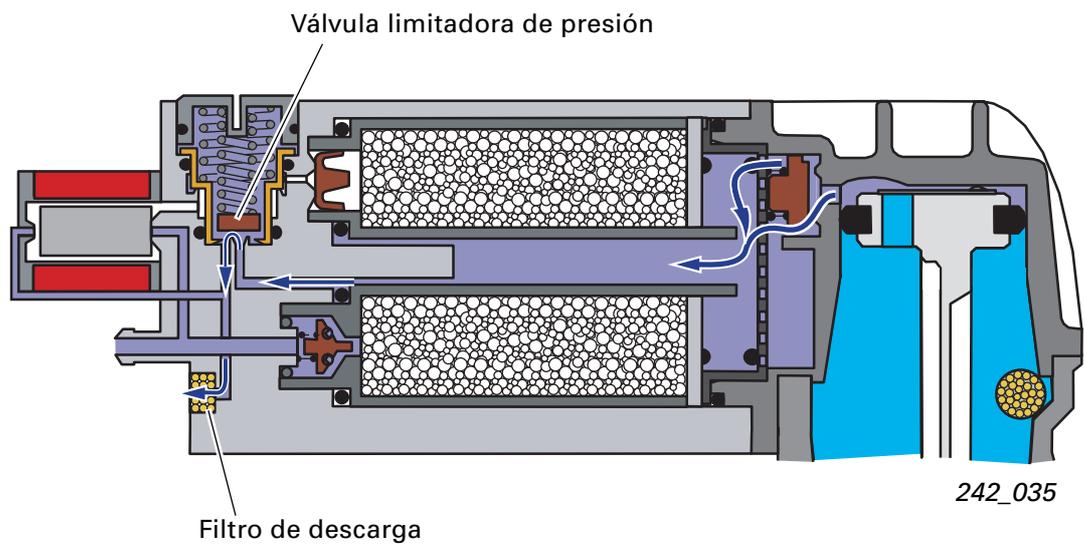
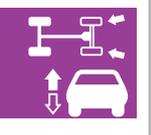
La intensa caída de la presión después del estrangulador hace que se reduzca la humedad relativa del aire, aumentando por ello la absorción de humedad por parte del «aire residual» .



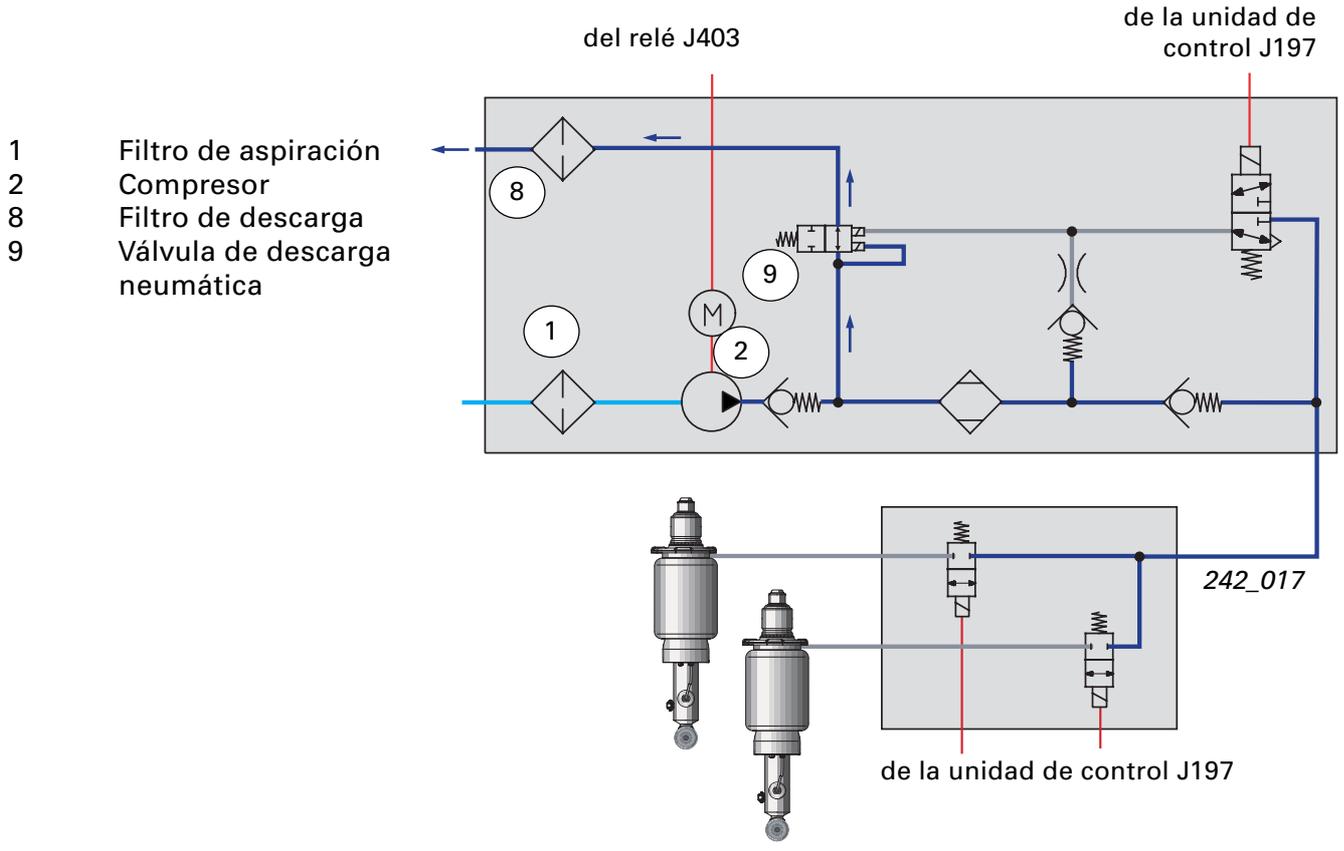
Regulación de nivel A6

La **función de imitación de la presión** protege el sistema contra una presión inadmisiblemente alta, p. ej. si el compresor no se desactiva, debido a un contacto defectuoso en el relé o a una avería en la unidad de control.

Siendo éste el caso, la válvula limitadora de presión abre a partir de aprox. 13,5 bar, superando la fuerza del muelle, y deja escapar la presión a través del filtro de descarga.



Esquema neumático función limitadora de la presión



Válvula para brazo telescópico trasero izquierdo N150 y trasero derecho N151

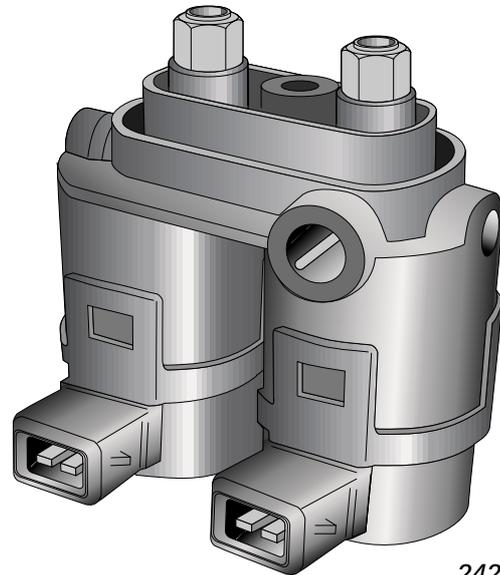
A las válvulas N150 y N151 también se les da el nombre de válvulas de cierre transversal y van agrupadas en una carcasa compartida.

En el caso de ambas válvulas de cierre transversal se trata de versiones de 2/2 vías (dos empalmes y dos posiciones). Las válvulas de cierre transversal se utilizan para cargar y descargar los muelles neumáticos. Son válvulas cerradas sin corriente y evitan una compensación indeseable de la presión entre los muelles neumáticos izquierdo y derecho. De ese modo se impide que, al circular en curvas, la presión del muelle correspondiente a la rueda exterior (mayor presión) escape hacia la rueda interior de la curva (menor presión de aire en el muelle). La consecuencia sería una oblicuidad pasajera del vehículo.

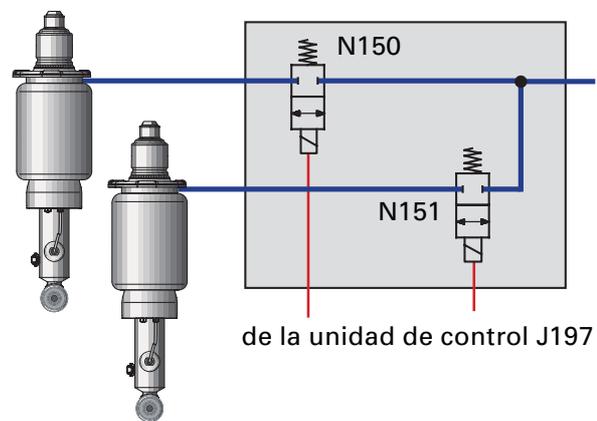
Las válvulas de cierre transversal se excitan siempre conjuntamente para los ciclos de ascenso y descenso, porque estos ciclos sólo se pueden regular para el eje completo (ver sensor de nivel).

Después de un ciclo de regulación durante la marcha ($v > 10$ km/h) las válvulas de cierre transversal son abiertas tres veces durante aprox. 3 segundos, en un intervalo de aprox. 12 segundos, para establecer una compensación de las presiones entre el muelle neumático izquierdo y derecho.

Si por ejemplo se realizara un ciclo de regulación al estar inscrito el vehículo en una curva, esto provocaría una inclinación del eje trasero. Con la apertura antes descrita de las válvulas de cierre transversal se compensa esta posible oblicuidad (excepto si se depositan cargas unilaterales).



242_036



242_012



La regulación del nivel en el Audi A6 no está en condiciones de compensar cargas unilaterales (diferencia de nivel de izquierda a derecha). Para evitar que surjan presiones diferentes en los muelles neumáticos se procede a abrir las válvulas de cierre transversal de acuerdo con un esquema de regulación, según lo descrito.



Regulación de nivel A6

Transmisor para regulación de nivel G84

El nivel del vehículo se detecta con ayuda del transmisor para regulación de nivel G84 (sensor de nivel).

Se emplea un sensor goniométrico sin contacto físico, que determina la carrera de contracción del eje trasero con respecto a la carrocería, con ayuda de un mecanismo de bieletas de acoplamiento.

La integración cinemática de las bieletas de acoplamiento (ver figuras 242_044 y 242_045) está configurada de modo que se compense lo más posible cualquier contracción unilateral. Con esta integración se ha podido realizar la regulación de nivel con ayuda de un solo sensor.

La regulación de nivel en el Audi A6 no está en condiciones de compensar diferencias de nivel entre izquierda y derecha (p. ej. debido a una carga unilateral).

Ocupación de pines en el sensor de nivel G84

Pin	
1	Masa (de J197)
2	Libre
3	Libre
4	Salida de señal analógica, señal de tensión
5	Alimentación de tensión de 5 voltios (de J197)
6	Libre

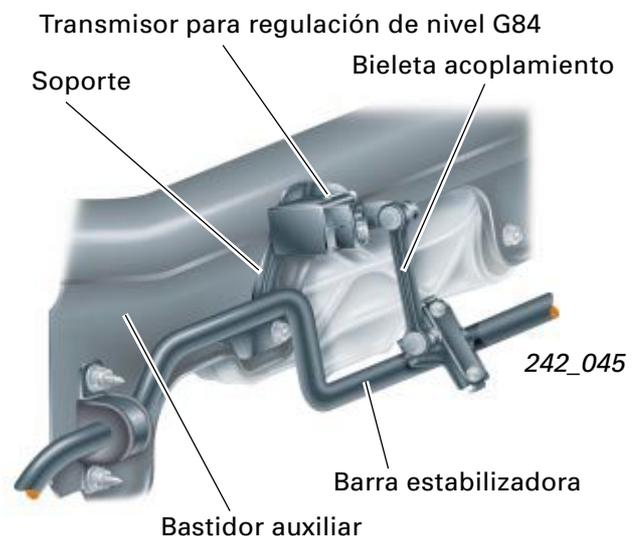
J197 Unidad de control para regulación de nivel

El sensor goniométrico empleado trabaja según el principio de Hall. Un analizador electrónico integrado en el sensor transforma las señales del circuito integral de Hall en una señal de tensión proporcional al ángulo (ver diagrama).

Integración en un eje de brazos interconectados



Integración en un tracción quattro con eje de doble brazo transversal



Funcionamiento

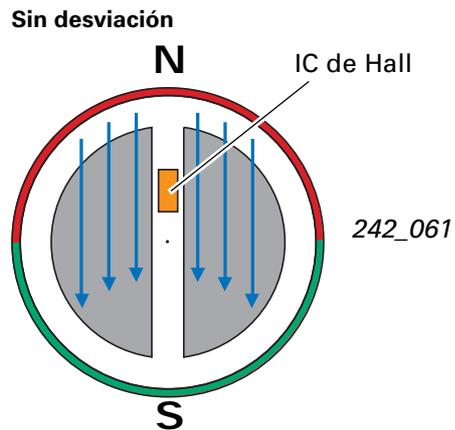
Hay un imán anular comunicado con el eje de la cigüeña del sensor (rotor).

Entre un núcleo férrico de dos piezas (estator) se encuentra un CI de Hall, situado en posición descentrada. Trabaja como unidad compartida con el analizador electrónico.

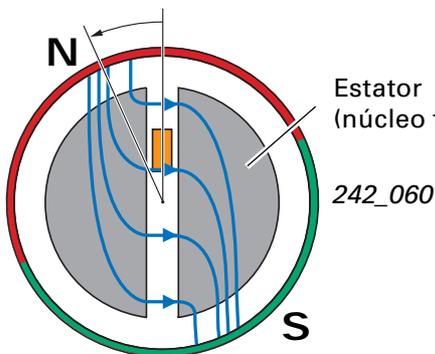
Según la posición del imán anular varía el campo magnético que pasa por el IC de Hall. La señal de Hall que de ahí resulta es transformada por el analizador electrónico en una señal de tensión proporcional al ángulo. Esta señal de tensión analógica se utiliza en la unidad de control J197 para determinar el nivel momentáneo del vehículo.



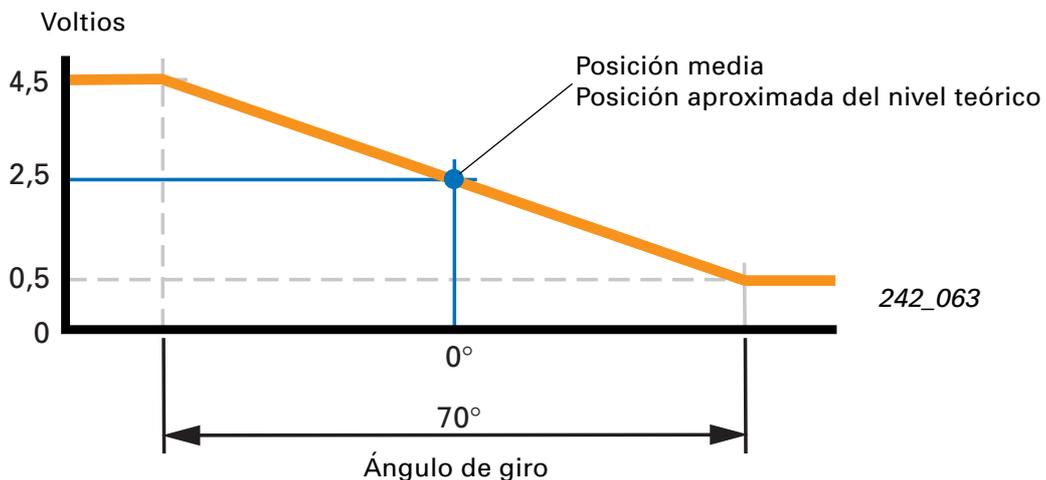
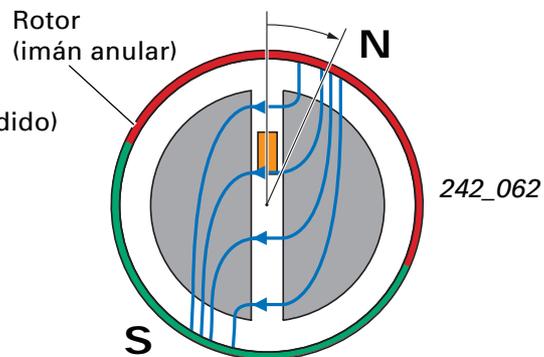
El sensor goniométrico aquí descrito también se utiliza en la regulación automática del alcance luminoso de los faros. En vehículos con regulación automática del alcance luminoso se montan 3 sensores en total.



Desvío 35° a la izquierda



Desvío 35° a la derecha



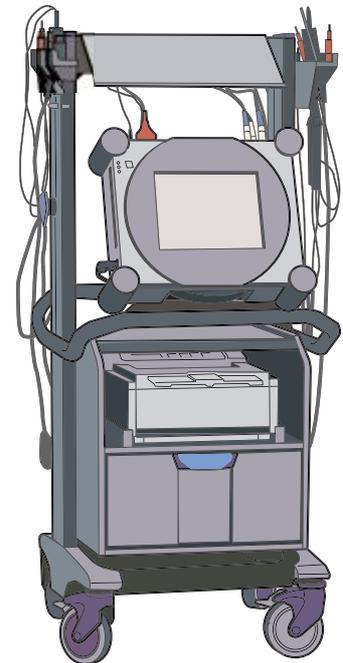
Regulación de nivel A6

Autodiagnóstico del G84

Si se avería el G84 no es posible la regulación del nivel. El sistema pone en vigor el correspondiente programa de emergencia. El ajuste del G84 se realiza mediante adaptación del nivel teórico, con ayuda del tester para diagnósticos y los calibres distanciadores T40002 (ver Manual de Reparaciones).



VAS 5051



T40002



242_055

198_039

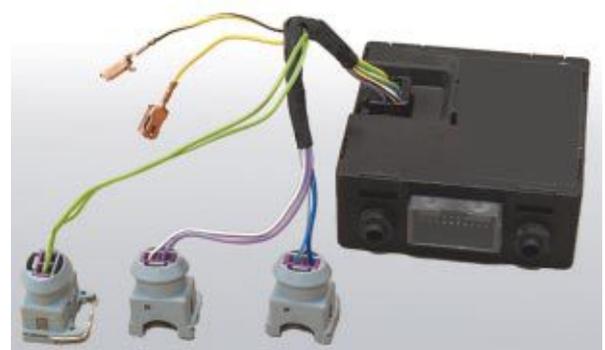
Unidad de control para regulación de nivel J197

El elemento central del sistema es la unidad de control, que, aparte de las funciones de regulación, permite vigilar y diagnosticar el sistema en su conjunto.

La unidad de control detecta la señal del transmisor de nivel y determina con su ayuda el nivel momentáneo del vehículo. Esto se compara y se corrige en caso dado, en función de otros parámetros de entrada (interfaces), así como de los parámetros internos de regulación (tiempos de filtrado y discrepancias del nivel).

Se distinguen diferentes situaciones de regulación, que se realizan según los conceptos correspondientes (ver concepto de regulación).

Unas extensas funciones de autodiagnóstico facilitan la comprobación y reparación del sistema (ver Manual de Reparaciones).



242_004

Código de dirección 34

Testigo luminoso para regulación de nivel K134

El testigo luminoso ...

... luce continuamente si existen fallos correspondientes en el sistema o al estar desactivado el sistema.

... parpadea al existir niveles extremadamente bajos o altos: $< -55 \text{ mm}$ / $> +30 \text{ mm}$.

... parpadea durante el diagnóstico de actuadores.

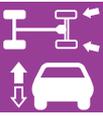
... parpadea si está desactivada la regulación (sólo posible con el tester para diagnósticos).

Después de conectar el encendido se enciende el K134 para atestiguar el funcionamiento y se apaga después de transcurrir el ciclo de verificación interno en la unidad de control (en caso de no existir ninguna avería).



No hay que iniciar la marcha mientras el testigo luminoso esté parpadeando, porque las partes bajas del vehículo podrían sufrir daños debidos a una muy escasa altura libre sobre el suelo.

Si el testigo se mantiene encendido continuamente, significa que el sistema ha sido desactivado por avería. Esto exhorta al conductor a que acuda al Servicio Postventa más próximo.



Testigo luminoso K134



242_050

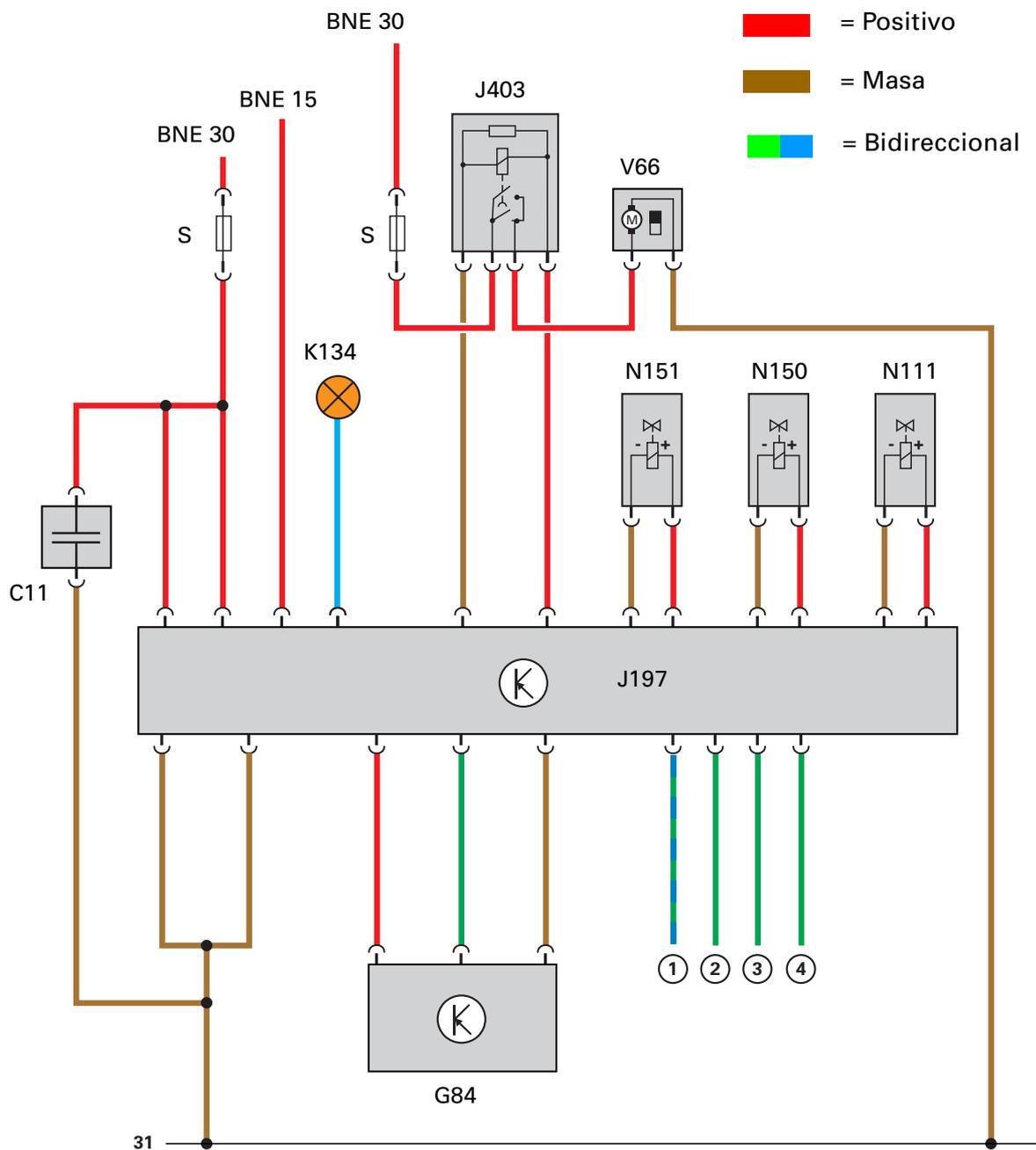
Regulación de nivel A6

Esquema de funciones

- C11 Condensador
- G84 Transmisor para regulación de nivel
- J197 Unidad de control para regulación de nivel
- J403 Relé para compresor de regulación de nivel
- K134 Testigo luminoso para regulación de nivel
- N11 Válvula de descarga
- N150 Válvula para brazo telescópico trasero izquierdo
- N151 Válvula para brazo telescópico trasero derecho
- S Fusible
- V66 Motor para compresor

- 1 Interfaz para diagnósticos
- 2 Señal para velocidad de marcha
- 3 Señal para contacto de puerta
- 4 Señal para borne 50

- = Señal de entrada
- = Señal de salida
- = Positivo
- = Masa
- = Bidireccional



242_001

Interfaces

La señal de velocidad de marcha ...

... es una señal rectangular acondicionada en el cuadro de instrumentos, cuya frecuencia varía análogamente a la velocidad.

... se utiliza para analizar el estado operativo del vehículo en circulación (modo en parado / en circulación) y se utiliza por ello también para la selección de los criterios de regulación (ver bajo «Concepto de regulación»).

La señal del BNE15 ...

... sirve para analizar los estados operativos del sistema: modos activo post-marcha, en parado, en circulación y desexcitado en espera («sleep»).

La señal para contacto de puerta ...

... es una señal de masa procedente de la unidad de control para el cierre centralizado. Señaliza la apertura de una puerta del vehículo o de la tapa del maletero.

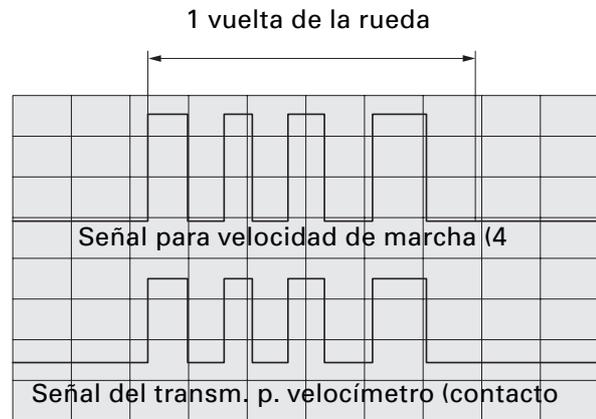
... sirve como «impulso de reexcitación» para pasar del modo desexcitado en espera al modo activo post-marcha (ver bajo «Concepto de regulación»).

La señal del BNE 50 ...

... señala la excitación del motor de arranque y se utiliza para desactivar el compresor durante el ciclo de la puesta en marcha.

Si después de un impulso de reexcitación se detecta un nivel bajo de la suspensión, se procede a excitar de inmediato el compresor, para que sea posible ponerse en circulación cuanto antes.

Para proteger la batería y asegurar la potencia necesaria para el arranque se procede a desactivar el compresor durante el ciclo de la puesta en marcha.

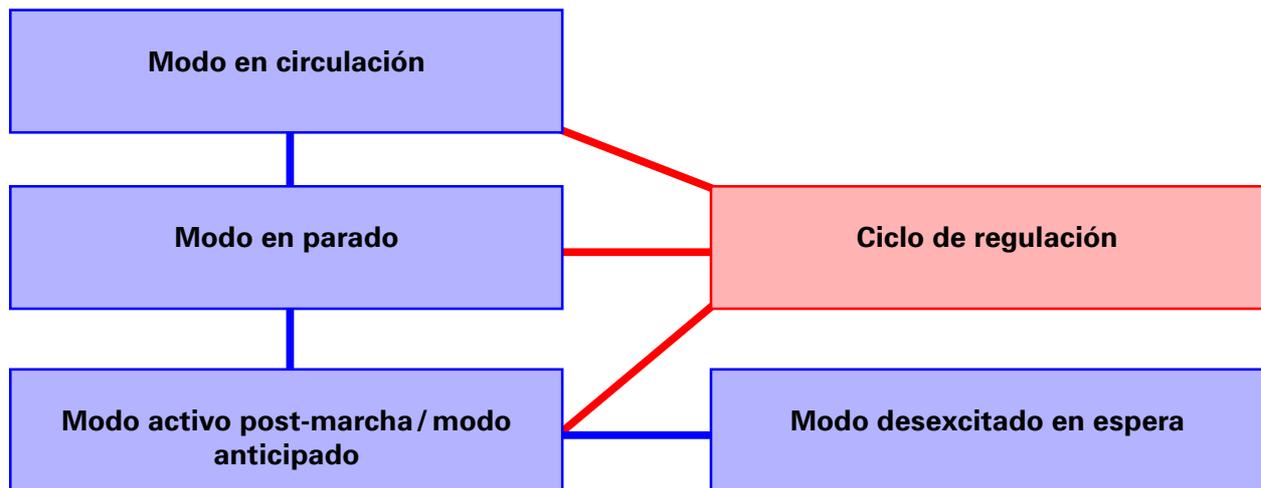


Se habla siempre de un modo activo post-marcha, incluso si el sistema, contemplado desde el punto de vista cronológico, se encuentra ya en un ciclo «anticipado» (tras un impulso de reexcitación, antes de ponerse en circulación).



Regulación de nivel A6

Concepto de regulación



Modo en circulación

A una velocidad de marcha > 10 km/h se detecta el modo en circulación.

Durante el modo en circulación se eliminan por regulación las fluctuaciones del nivel de la suspensión neumática que surgen a raíz del combustible consumido o de las variaciones de volumen debidas a temperatura (temperaturas cambiantes en el entorno).

Para que las aceleraciones y retenciones no influyan en la regulación se han programado unos largos tiempos de reacción para el modo en circulación.

Los tiempos de reacción, en función de los límites de la regulación, se cifran entre los 50 segundos y 15 minutos.

Modo en parado

A una velocidad de marcha < 5 km/h se detecta el modo en parado.

Durante el modo en parado se eliminan por regulación las diferencias de nivel, debidas p. ej. a la subida y bajada de personas o a la carga y descarga del maletero, sucediendo esto en unos tiempos de reacción breves, para tener dispuesto el nivel teórico, en lo posible, todavía antes de que el vehículo se ponga en circulación.

El tiempo de reacción, según la diferencia de nivel, es de 1 ó 5 segundos. 1 segundo si se trata de una gran diferencia de nivel (nivel extremadamente bajo) y 5 segundos si se trata de una pequeña diferencia de nivel (diferencia normal).

Modo activo post-marcha / modo anticipado

Después de la desconexión del encendido, la unidad de control pasa al modo activo post-marcha / modo anticipado. La unidad de control se mantiene activa durante 15 minutos como máximo (a través del BNE 30), hasta pasar al modo desexcitado en espera.

El modo activo post-marcha o modo anticipado sirve para compensar por regulación las diferencias de nivel después de parar el motor del vehículo o antes de ponerlo en circulación.

El valor límite en la etapa de extensión en el modo activo post-marcha/anticipado es 25 mm más arriba, para evitar que al volverse a subir el conductor o los pasajeros el nivel descienda por debajo del teórico nominal o para reducir por lo menos el tiempo de un eventual ciclo de regulación ascendente que pudiera resultar necesario.

A este respecto son válidos los mismos tiempos de reacción que se han descrito para el modo en parado.

Modo desexcitado en espera

Para minimizar el consumo de corriente, la unidad de control pasa al modo desexcitado en espera después de que el sistema haya estado 15 minutos «en reposo».

En el modo desexcitado en espera no se compensa ninguna modificación del nivel. La reexcitación se realiza primordialmente a través de la señal de contacto de puerta. Si se ausenta la señal de contacto de puerta se procede a reexcitar el sistema a través de la conexión del encendido o a través de la señal de velocidad de marcha.

El cambio entre los modos desexcitado en espera y anticipado, provocado por la señal de contacto de puerta, puede ser llevado a cabo 5 como máximo. Después ya sólo se reexcita el sistema a través del BNE 15 o a través de la señal de velocidad de marcha.



Regulación de nivel A6

Demás particularidades del concepto de regulación

Modo para elevador

Comportamiento del sistema:

Si se alza el vehículo por medio de un elevador, el sistema reacciona ante el aumento de nivel y descarga la presión de los muelles neumáticos.

La descarga suele ir acompañada de un descenso de nivel de la carrocería, que finaliza en cuanto se alcanza el nivel teórico nominal.

Pero como el vehículo no alcanza el nivel teórico nominal si se encuentra sobre un elevador, la presión en los muelles neumáticos sería descargada hasta la presión de mantenimiento residual. Para evitar este fenómeno se ha previsto en la unidad de control el modo operativo para elevadores.

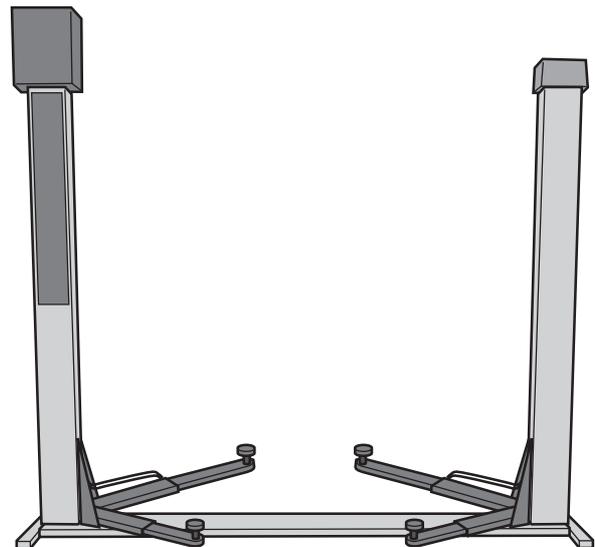
Analizando la señal del nivel durante la descarga se detecta el modo para elevadores (el nivel no desciende a pesar de la descarga de aire), a raíz de lo cual el sistema pone en vigor el modo para elevador.

Con la detección del modo para elevador se interrumpe la descarga de aire y se suprimen los ciclos de regulación.

El modo para elevador se abandona nuevamente al comprobarse la existencia de las correspondientes señales de entrada.



Es normal, que el eje trasero se sumerja después de bajar el vehículo del elevador, porque se descargó la presión durante cierto tiempo hasta que fue detectado el modo para elevador.



242_001

Protección contra calentamiento excesivo

Para proteger el compresor contra un posible sobrecalentamiento se lo desactiva si tiene una temperatura excesiva.

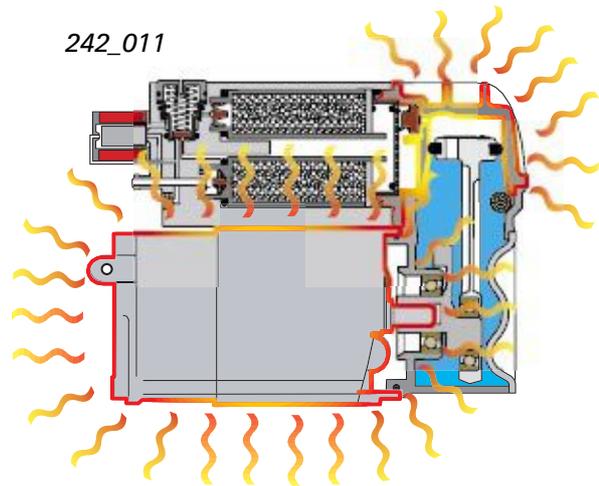
Para la vigilancia de la temperatura se ha integrado en la unidad de control un modelo matemático de temperaturas, con cuya ayuda se calcula la temperatura del compresor.

El cálculo se basa en los tiempos de funcionamiento y enfriamiento del compresor.

El tiempo en funcionamiento máximo está limitado a 120 seg. (si se sobrepasa el tiempo de funcionamiento máximo se inscribe una avería en la unidad de control).

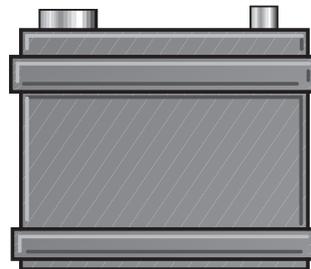
Después de cada 6 minutos de enfriamiento se admite un ciclo de marcha de 15 segundos cada vez.

Al cabo de 48 minutos de enfriamiento está disponible el tiempo de funcionamiento máximo de 120 segundos.



Protección de la batería

Para proteger la batería se limita el tiempo de funcionamiento del compresor a 60 segundos después de desconectar el encendido. El sistema se desconecta y sólo se conecta nuevamente al ser vuelto a conectar el encendido.

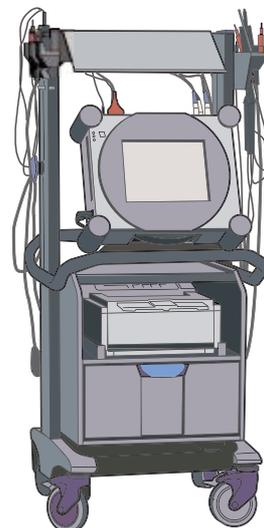


Desactivar/activar la regulación de nivel

Con ayuda del tester para diagnósticos es posible desactivar el sistema, p. ej. para trabajos de reparación.

Un sistema desactivado se señala a base de parpadear el testigo luminoso (K134) al conectar el encendido.

A una velocidad de marcha > 20 km/h el sistema se activa de forma automática.



	Notas	
--	--------------	--

