

Audi Fundamentos de la técnica de motores

La técnica de motores de Audi se caracteriza por un continuo desarrollo ulterior enfocado hacia el incremento de la eficiencia. Esto viene asociado al creciente entusiasmo del cliente por el vehículo. Tan sólo ya de allí resulta una extensa gama de los más variados motores para las más diferentes exigencias y variantes de vehículos. A esto se añaden particularidades específicas de los mercados.

La tecnología de motores de reciente implantación viene siendo presentada por Audi desde hace muchos años en los Programas autodidácticos (SSP). El objetivo consiste aquí, sobre todo, en despertar el interés de los empleados de la organización de Servicio por la gran cantidad de novedades y procesos – y ello más allá de las solas instrucciones en los Manuales de Reparaciones.

El presente Programa autodidáctico persigue un planteamiento que viene a complementar los objetivos planteados hasta ahora. En las páginas de este Programa autodidáctico hallará información sobre la estructura fundamental y el funcionamiento de los motores y su tecnología de Audi. Aparte de ello se presentan y explican numerosos sistemas parciales del motor.



Este SSP contiene códigos QR con los que usted puede acceder a medios interactivos adicionales, vea "Información sobre códigos QR" en la página 123.

Módulos formativos sobre los grupos motopropulsores

Curso para expertos	ATE 219 P.1 Motores de gasolina de 4 cilindros, Serie EA211	ATE 231 P.1 Audi g-tron	ATE 226 P.1 Motor 1.6l / 2.0l TDI Serie EA288
	ATE 218 P.1 Motores de gasolina de 4 cilindros, Serie EA888 gen. 3		ATE 225 P.1 Motor 3.0l V6 TDI 2.ª generación / biturbo
	ATE 217 P.1 Motor 4.0l V8 TFSI		ATE 224 P.1 Motor 6.0l V12 TDI
	ATE 216 P.1 Motor 2.5l TFSI		ATE 223 P.1 Motor 4.2l V8 TDI Common Rail
	ATE 215 P.2 Motor W12		ATE 222 P.1 Motor 3.0l TDI clean diesel
	ATE 214 P.1 Motor 3.6l V6 FSI		
	ATE 213 P.1 Serie de motores Audi V		
	ATE 212 P.2 Motores de 4 cilindros Serie EA111		
ATE 211 P.1 Motores de 4 cilindros Serie EA888			
Curso avanzado	ATA 211 P.2 Motores de inyección de gasolina		ATA 222 P.2 Sistemas de inyección Motor Diesel
	ATA 201 P.2 Fundamentos de la tecnología de motores de gasolina / Diesel		

626_086

Objetivos del Programa autodidáctico

En este Programa autodidáctico hallará información fundamental acerca de la técnica de motores de Audi. Constituye la base para el módulo formativo ATA 201 P.2. Cuando haya terminado de estudiar este Programa autodidáctico estará en condiciones de dar respuestas a las preguntas siguientes:

- ▶ ¿Qué tipos de motores se implantan en Audi?
- ▶ ¿Cómo están estructurados los componentes de la mecánica y distribución del motor?
- ▶ ¿Cómo funcionan los componentes de la mecánica y distribución del motor?
- ▶ ¿Qué sistemas parciales del motor existen y cómo funcionan?

Índice

Introducción

Principio funcional del motor de gasolina de cuatro tiempos	4
Técnica de motores en Audi	6

Letras distintivas del motor

Introducción	7
Letras distintivas del motor en el vehículo	8

Arquitectura de los motores

Motor de cilindros en línea y motor en V	10
Motor VR y motor W	11

Componentes del motor

Bloque motor	12
Cigüeñal	18
Pistones	22
Segmentos	27
Bulón	28
Bielas	29
Sistema de la correa dentada	31
Distribución de cadena	33
Árboles equilibradores	37
Culata	39
Juntas en el motor	44
Árboles de levas	46

Distribución del motor

Mando de válvulas	48
Reglaje del árbol de levas	52
Lubricación del motor	56

Sistemas parciales

Desaireación del cárter del cigüeñal	71
Sistema de refrigeración del motor	73
Termostato de líquido refrigerante como válvula de 3/2 vías	78
Alimentación de aire	81
Colector de admisión variable	85
Colector de admisión variable de 3 fases	86
Sobrealimentación	88
Intercooler	97
Recirculación de gases de escape	98
Sistema de escape	103
Sistema de encendido	114
Sistema de precalentamiento	118
Sistema de combustible	120

Apéndice

Información sobre los códigos QR	123
----------------------------------	-----

El Programa autodidáctico proporciona las bases relativas al diseño y funcionamiento de nuevos modelos de vehículos, nuevos componentes en vehículos o nuevas tecnologías.

El Programa autodidáctico no es un manual de reparaciones. Los datos indicados sólo se proponen contribuir a facilitar la comprensión y están referidos al estado de los datos válido a la fecha de redacción del SSP. Los contenidos no se actualizan.

Para trabajos de mantenimiento y reparación utilice en todo caso la documentación técnica de actualidad.



Nota



Remisión

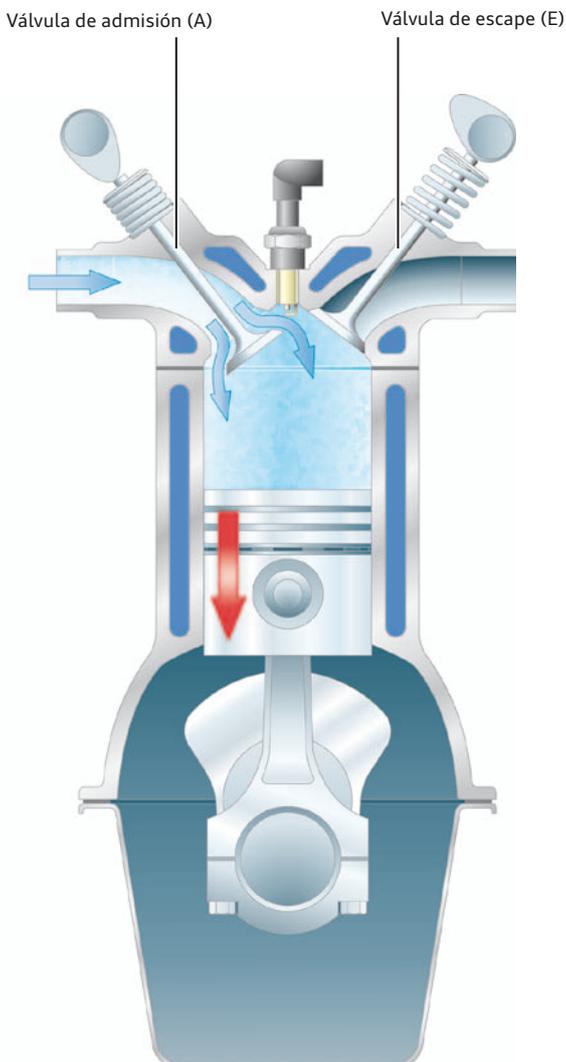
Introducción

Principio funcional del motor de gasolina de cuatro tiempos

Todos los motores de combustión aplicados por Audi trabajan según el principio de los cuatro tiempos. Esto es válido, independientemente de que se trate de un motor de gasolina, Diesel, gas natural o etanol. A través de un cigüeñal se transforma el movimiento de ascenso y descenso de los pistones en un movimiento giratorio. Los movimientos alternativos de los pistones en los cilindros se reenvían por medio de cigüeñas y bielas. Por cada 2 vueltas del cigüeñal (720°) se realiza el trabajo durante sólo 1 vuelta (320°).

1^{er} tiempo – Admisión

Al comienzo del 1^{er} tiempo el pistón se encuentra en el "punto muerto superior" (PMS). La válvula de escape cierra y la válvula de admisión abre. El pistón se desplaza en dirección hacia el cigüeñal. Durante el movimiento descendente del pistón se aspira una mezcla de gas o aire a través de la válvula de admisión hacia el cilindro. Los motores con formación interna de la mezcla, como son los motores Diesel y los de inyección directa de gasolina, aspiran aquí solamente aire. En el caso de la formación de la mezcla externa, como sucede con los motores de inyección en los conductos de admisión, se aspira aire acompañado del combustible pulverizado. Cuando del pistón ha llegado al "punto muerto inferior" (PMI) la válvula de admisión cierra y concluye el 1^{er} tiempo.

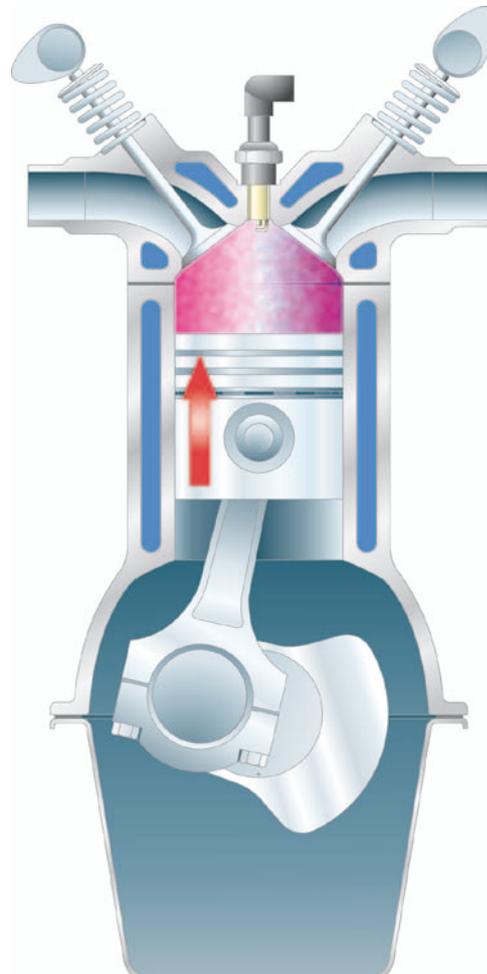


626_238

Para que el motor funcione de un modo uniforme se utilizan varios cilindros, que ejecutan el trabajo con ciclos decalados entre ellos. Cada cilindro posee 2 válvulas – la válvula de admisión A y la válvula de escape E. Ambas válvulas abren y cierran respectivamente en el momento adecuado, impulsadas por medio de un mecanismo.

2^o tiempo – Compresión e ignición

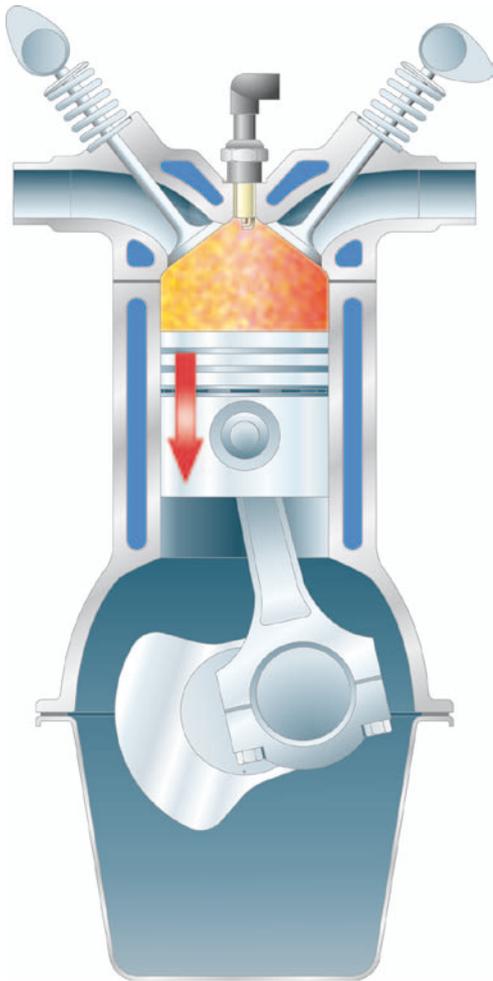
El pistón se mueve en dirección hacia el punto muerto superior. El trabajo mecánico necesario para ello se obtiene de la energía cinética de la masa de inercia en rotación; al tratarse de motores de varios cilindros resulta del ciclo de trabajo de otro cilindro. La mezcla o bien el aire en el cilindro se comprime ahora a una fracción de su volumen original. La relación de la compresión depende de la arquitectura del motor. En el caso de los motores de gasolina sin sobrealimentación es habitual una relación de compresión alrededor de 10:1. Los motores Diesel sin sobrealimentación comprimen en una relación de hasta 20:1. Con sobrealimentación es mucho menos. La compresión hace que la mezcla de combustible y aire en los motores de gasolina se caliente a unos 450 °C. En los motores Diesel el aire se calienta a unos 650 °C. Poco antes de alcanzar el punto muerto superior se dispara la chispa del encendido en los motores de gasolina y en los motores Diesel se realiza el ciclo de preinyección. El momento exacto depende de la carga y el régimen.



626_239

3^{er} tiempo – Trabajo

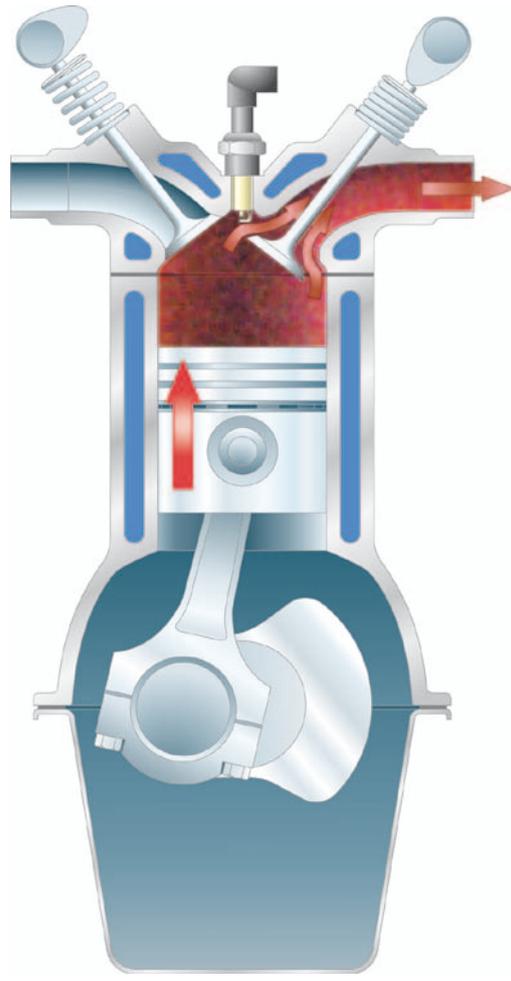
Después de que el pistón ha alcanzado el punto muerto superior, la mezcla de combustible y aire se sigue quemando por encendido externo en los motores de gasolina. En el caso de los motores Diesel sigue aquí el ciclo de inyección principal de combustible, que se enciende por sí solo. La temperatura de la mezcla de gas en combustión de un motor de gasolina se cifra entre los 2.200 °C y 2.500 °C. La presión en la cámara de combustión es de hasta 120 bares. En el motor Diesel son entre 1.800 °C y 2.500 °C y 160 bares. El pistón se mueve ahora en dirección hacia el punto muerto inferior. La mezcla de combustible y aire en combustión realiza un trabajo mecánico en el pistón y se enfría durante esa operación. Poco antes de alcanzar el punto muerto inferior, en los motores de gasolina queda todavía una presión restante de aprox. 4 bares. En los motores Diesel son alrededor de 3 bares. La válvula de escape empieza a abrir.



626_240

4^o tiempo – Expulsión

Cuando el pistón se vuelve a retirar del punto muerto inferior se expulsan los gases de escape del cilindro con el movimiento ascendente del pistón. Al final del ciclo de expulsión se produce lo que se llama el cruce de las válvulas. La válvula de admisión abre antes de que el pistón alcance el punto muerto superior y antes de que cierre la válvula de escape. La válvula de escape sólo cierra poco después de que el pistón ha alcanzado el punto muerto superior.



626_241

Mando de válvulas

Por cada cilindro hay, como mínimo, 1 válvula de admisión y 1 de escape. No dejan de ser habituales también 3, 4 ó 5 válvulas por cilindro. Los motores con 4 válvulas por cilindro alcanzan un régimen superior, debido al intercambio más rápido de los gases y pueden entregar por ello una mayor potencia que los motores con 2 válvulas. Los motores llamados 16V suelen ser motores de 4 cilindros con 4 válvulas por cilindro. En los motores con los cilindros en línea las válvulas se gestionan por medio de uno o varios árboles de levas. Éstos se accionan a partir del cigüeñal mediante correa dentada o cadena de distribución.

El árbol de levas gira a una velocidad equivalente a la mitad de la del cigüeñal. Si el árbol de levas se encuentra situado abajo, es decir, si no se encuentra en la culata, las válvulas suspendidas se accionan mediante varillas empujadoras y balancines; en los motores con las válvulas verticales (hasta entrada la década de los 50) se accionan directamente con los empujadores. Las varillas empujadoras se pueden eliminar si el árbol de levas se encuentra arriba. Esta es la variante utilizada más frecuentemente en la construcción de motores. Las válvulas se gobiernan aquí por medio de balancines, taqués de vaso o balancines flotantes.

Motor 1.2l TFSI



626_002

Motor 3.0l V6 TDI



626_006

Motor 2.0 l TDI



626_004

Motor 3.0l V6 TFSI



626_005

Precisamente la técnica de motores es la que reproduce claramente el lema fundamental de Audi – A la vanguardia de la técnica. Se caracteriza por sus tecnologías de vanguardia en lo que respecta a la fabricación, pero también en lo relativo al funcionamiento eficiente de los motores. A título de ejemplo cabe mencionar en este contexto las extensas aplicaciones de los motores Diesel con tecnología TDI al principio de la década del los 90, que pusieron en marcha esta evolución.

El desarrollo de motores nuevos no sólo se rige primordialmente por las pretensiones deportivas, sino también por la economía, especialmente por la protección de los recursos. Aparte de la tecnología TDI más desarrollada – mientras tanto con la vanguardista tecnología de inyección Common Rail – se han agregado numerosos hitos tecnológicos más. Cabe mencionar aquí la inyección directa de gasolina FSI con turboalimentación, la desactivación de cilindros "cylinder on demand" o también el sistema Ultra low emission (SCR) en motores Diesel. El segmento halla su complemento en motores que también pueden funcionar con combustibles alternativos, como por ejemplo el gas natural o el bioetanol – como contribución a la movilidad sostenible.

Aparte de la aplicación de numerosas tecnologías nuevas, la gama de motores de Audi ha crecido enormemente en los últimos años. La gama abarca mientras tanto desde el motor de 4 cilindros en línea con 1,2 litros de cilindrada hasta el impresionante motor W12 con 6,3 litros de cilindrada. Pero también hay muchos propulsores modernos en medio, por ejemplo la Serie EA888 con sus motores 1.8l y 2.0l TFSI, que halla aplicación simultánea en varias series de vehículos – tanto de montaje transversal como longitudinal.

Aparte del mencionado motor W12, la cumbre de las potencias entre los motores de gasolina viene determinada principalmente por el 4.0l V8 TFSI que, gracias a la desactivación de cilindros y sus 2 turbocompresores, halla aplicaciones tan deportivas como económicas.

Entre los motores Diesel merece mención el 3.0l V6 TDI, que se distingue especialmente por su gran multiplicidad de variantes. Así por ejemplo, hay variantes con sistema Ultra low emission (SCR), que cumplen con las más severas normas sobre emisiones de escape, pero también hay variantes deportivas con doble sobrealimentación.

Es seguro que el desarrollo ulterior de los motores de Audi seguirá caracterizado por el incremento de la eficiencia. Las construcciones ligeras y los nuevos materiales desempeñan aquí un papel importante, que se aplican en la práctica bajo el concepto de Audi ultra. Se añaden a ello otros sistemas y tecnologías que también en el futuro hacen de los vehículos Audi aquello que reza el lema fundamental de Audi.

Audi – A la vanguardia de la técnica

626_076

Letras distintivas del motor

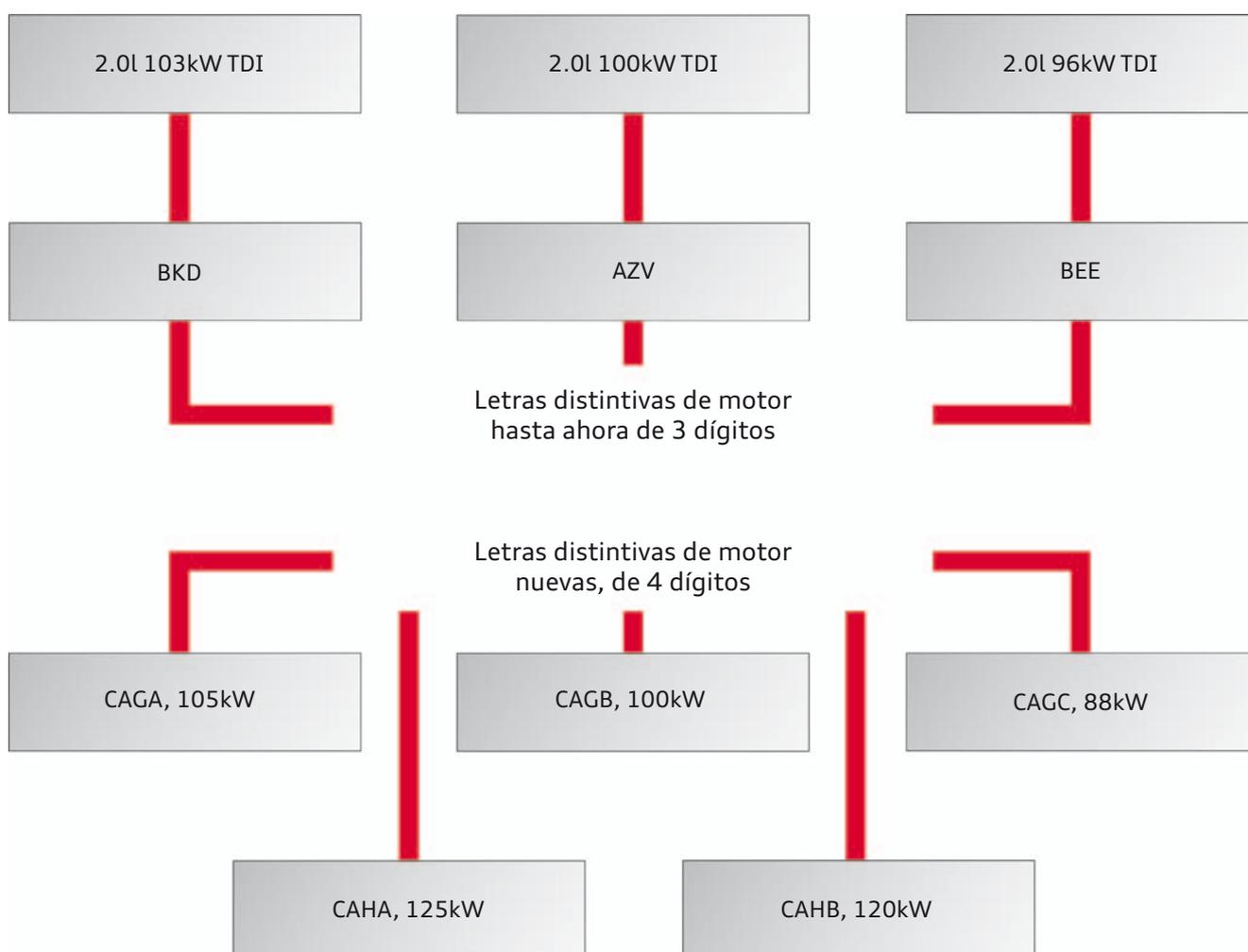
Introducción

Para reducir la multiplicidad de las letras distintivas de los motores se ha agregado un 4º dígito a las letras distintivas de motor que tenían 3 dígitos. Esto sólo es válido para motores con la mecánica básica idéntica, pero con diferentes potencias. La diferenciación por potencias de estos motores solamente se realiza a través de la unidad de control del motor, adaptándose el software para implementar la diferente entrega de potencia y par. Los motores correspondientes a un concepto de gases de escape modificado no reciben letras distintivas modificadas.

Información sobre preguntas frecuentes:

1. ¿Qué ventaja presentan las letras distintivas de motor de 4 dígitos?
 - ▶ Se reduce la multiplicidad de las letras distintivas de motor.
 - ▶ Ya no se necesitan unas letras distintivas de motor por separado para cada nivel de potencia.
2. ¿Seguirá habiendo motores con letras distintivas de 3 dígitos?
 - ▶ Sí; motores para los cuales no se prevén variantes de potencia seguirán teniendo letras distintivas de 3 dígitos.
3. ¿Los motores con variantes de potencia que ya poseen letras distintivas de 3 dígitos, recibirán nuevas letras distintivas?
 - ▶ No; las letras distintivas de motor ya existentes se conservan como son.

El ejemplo siguiente se propone explicar el modo en que se asignan las nuevas letras distintivas de los motores:



626_088

La nueva generación de las letras distintivas de motor se reconoce como sigue:

- ▶ El primer dígito de las letras distintivas del motor es una "C".
- ▶ En el bloque siguen marcándose las 3 letras distintivas de motor.

- ▶ Las letras distintivas de motor de 4 dígitos figuran exclusivamente en el soporte de datos del vehículo, en la unidad de control del motor y en la placa del modelo.

Letras distintivas del motor en el vehículo

En el amortiguador:

Las letras distintivas del motor de 4 dígitos van documentadas en la placa del modelo, que se encuentra en el amortiguador delantero derecho.



626_016

En el protector de la correa dentada:

Un adhesivo de información con las letras distintivas de motor de 3 dígitos y un número correlativo se encuentran en la zona visible del motor (protector de la correa dentada, tapa de válvulas).



626_015

En el bloque motor:

En el bloque motor se conservan las letras distintivas de 3 dígitos. Van marcadas en el bloque.



626_014

En la unidad de control del motor:

Un adhesivo de información con las letras distintivas del motor de 4 dígitos figura en la zona vista de la unidad de control del motor.



626_019

En la cavidad para la rueda de repuesto:

Las letras distintivas del motor de 4 dígitos van documentadas en el soporte de datos del vehículo que se encuentra en la cavidad para la rueda de repuesto, en el maletero.



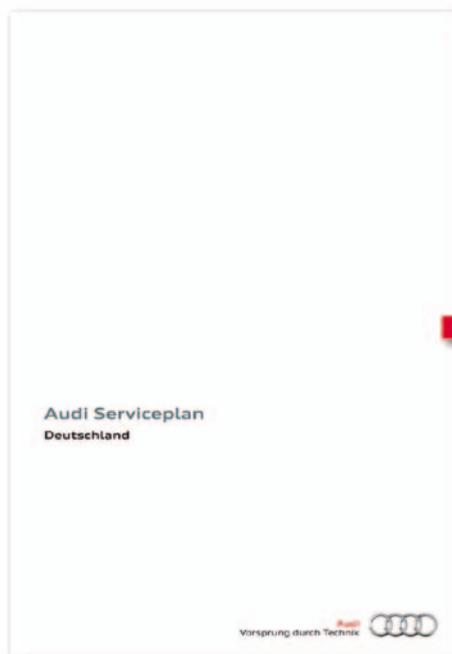
WAUZZZ8U5		F 1000805	
8U7 BRC		4340002	
AG Cabrio TD12.0 R4			
110 KW		M6B 11/13	
CRLB		PGT	
LXR/-		NSB/ZR	
E0A	4UP	6XD	5SL 5RU
1KE	J2D	1ZE	1AT
3FT	1JC	042	5TD 7X1 4R4
F6A	8GU	0YG	L32
TR1	3KC	81G	U5A 1N3
1XW	0X1	0G3	9S6 0Z5 DN4
7UH	CF7	7K1	4X1
3PQ	4KC	4K4	5D1
1SA	7MM	G4H	GG1 4GH
1524 99.9 99.9 99.9 999			

626_017

En la libreta de mantenimiento:

Las letras distintivas del motor de 4 dígitos están documentadas en el soporte de datos del vehículo que va en la libreta de mantenimiento.

626_013



Gewährleistungsnachweis

Fahrzeug-Identifizierungs-Nr.	WAUZZZ8U5	F 1000805
Typ, Motorleistung, Getriebe, Herstellungsjahr/Fahrer	8U7 BRC	4340002
	AG Cabrio TD12.0 R4	
	110 KW	M6B 11/13
Motor- und Getriebekennbuchstaben	CRLB	PGT
Lack-Nr., Irsenausstattungs-Nr.	LXR/-	NSB/ZR
Mehrausstattungs-Nr.		
	E0A	4UP 6XD 5SL 5RU
	1KE	J2D 1ZE 1AT
	3FT	1JC 042 5TD 7X1 4R4
	F6A	8GU 0YG L32
	TR1	3KC 81G U5A 1N3
	1XW	0X1 0G3 9S6 0Z5 DN4
	7UH	CF7 7K1 4X1
	3PQ	4KC 4K4 5D1
	1SA	7MM G4H GG1 4GH
Verbrauchsrate ¹⁾	1524 99.9 99.9 99.9 999	



Datum der Auslieferung:	
28. Jan. 2014	
AUDI AG	
D-74148 Neckarsulm	
Fahrzeugaufbereitung	
2347/N/PA-043	
Stempel des ausliefernden Audi Betriebes	

626_018

Arquitectura de los motores

Motor de cilindros en línea y motor en V

Una de las arquitecturas más antiguas y sencillas es la del motor con los cilindros en línea. Los cilindros están dispuestos aquí en una línea. Si se limita la cantidad de los cilindros y su cilindrada, el motor con los cilindros en línea resulta ser relativamente compacto. Un motor 2.0l de 4 cilindros, por ejemplo, cabe en casi cualquier vano motor.

Cuanto más cilindros se integran en un motor en línea, tanto más largo resulta y deja de ser adecuado para los vanos motores más pequeños.

La numeración de los cilindros comienza en Audi, a título general, por el lado derecho opuesto al de la entrega de fuerza.

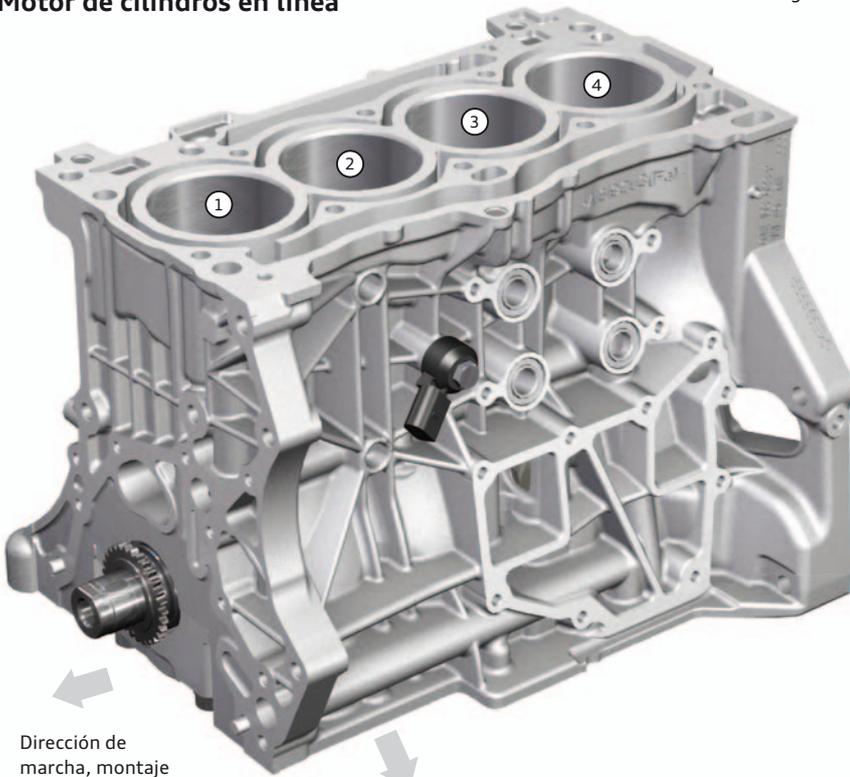
Con el desarrollo del motor con los cilindros en V resultó posible sustituir un pequeño motor de 4 cilindros en línea por uno de 6 cilindros sin requerir para ello un mayor espacio.

En el caso del motor con los cilindros en V, éstos van implantados a 2 niveles acodados, llamados también bancadas de cilindros. Si se contempla el motor por delante, se puede reconocer fácilmente por qué se le llama motor en V.

El ángulo entre las bancadas de los cilindros de la mayoría de los motores en V es ya sea de 60° o de 90°. Los motores en V se utilizan en Audi con 6, 8 ó 10 cilindros.

Motor de cilindros en línea

Lado de la entrega de fuerza



Dirección de marcha, montaje longitudinal

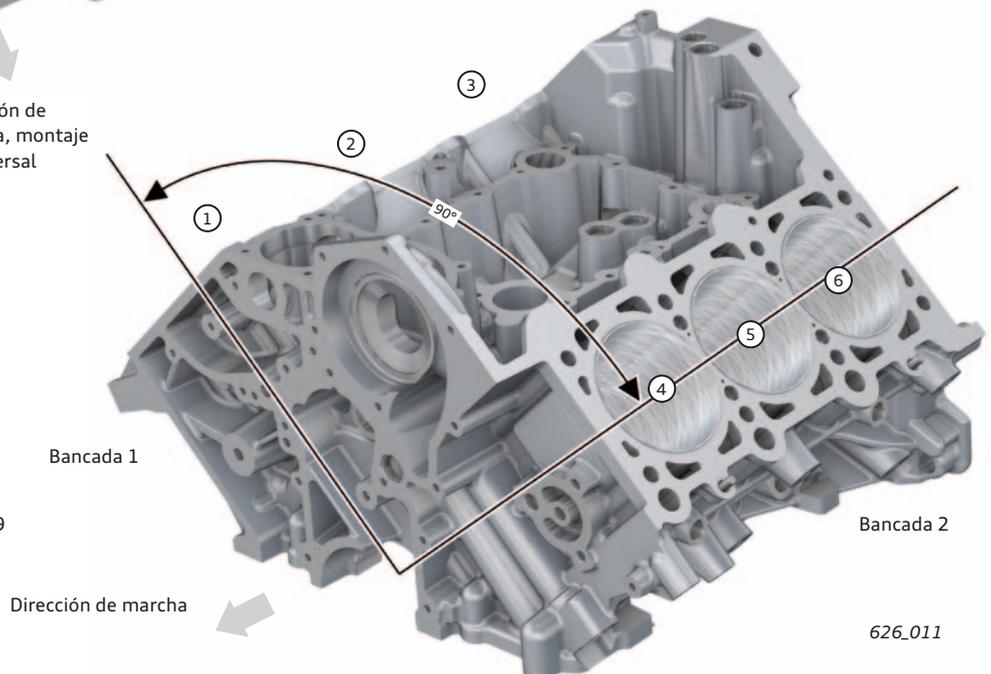
Dirección de marcha, montaje transversal

Órdenes de encendido:
 Motor de 3 cilindros 1-2-3
 Motor de 4 cilindros 1-3-4-2
 Motor de 5 cilindros 1-2-4-5-3

626_010

Motor en V

Lado de la entrega de fuerza



Órdenes de encendido:
 Motor de 6 cilindros 1-4-3-6-2-5
 Motor de 8 cilindros 1-5-4-8-6-3-7-2
 Motor de 10 cilindros 1-6-5-10-2-7-3-8-4-9

Dirección de marcha

Bancada 2

626_011

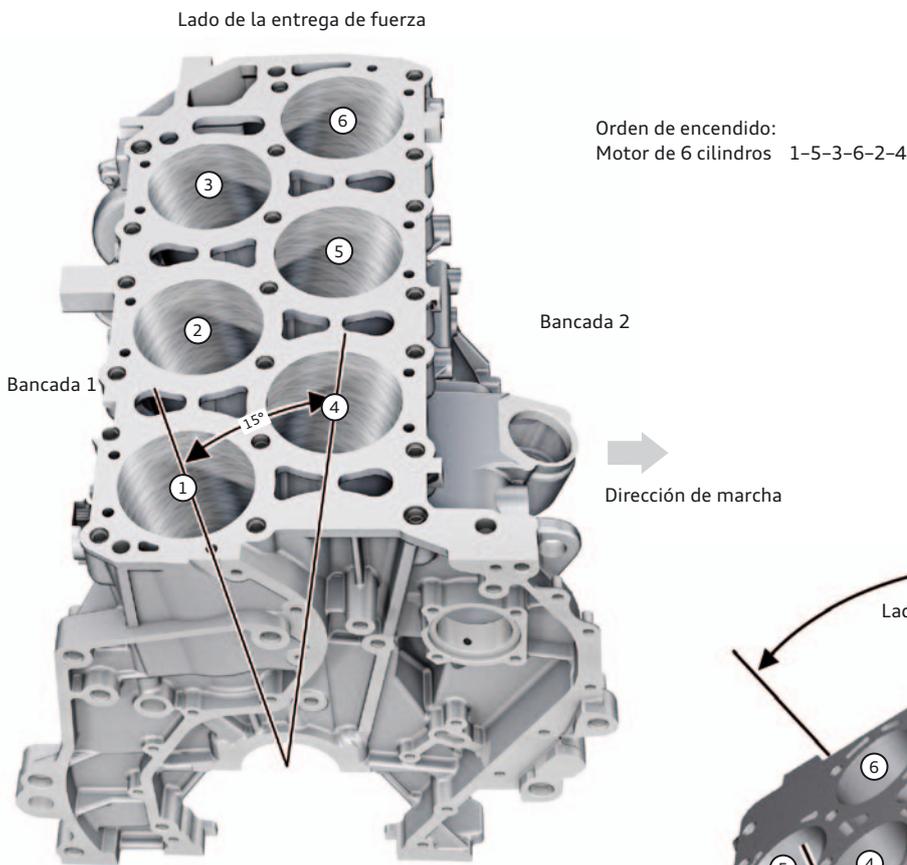
Motor VR y motor W

Otro paso evolutivo vino dado por el motor VR. Con este diseño se obtuvieron condiciones de espacio favorables en el vano motor. Se conservó el perfil en V, pero los cilindros se encuentran más acercados entre sí. Para dar al grupo un diseño compacto se redujo el ángulo entre bancadas a 15° . Esto significa, que el motor VR, contrariamente al motor convencional en V, necesita una sola culata. El motor VR también es más estrecho que un motor en V y más corto que un motor de varios cilindros en línea. La marcha suave de un motor con los cilindros en línea constituye otra ventaja más del concepto VR.

La arquitectura VR permite alojar 6 cilindros en un espacio útil mínimo. Sin embargo, si se necesitan más cilindros y más cilindrada, también la arquitectura VR resulta ser demasiado larga. Para resolver este problema se ha desarrollado el motor en W. En principio se han agrupado para ello 2 bancadas VR. El nombre también se explica aquí a través del perfil. Al mirarlo de frente se aprecia la configuración de los cilindros como una doble V, que también es imaginable como una W. Igual que en el caso del motor VR, también aquí se encuentran decalados los cilindros por 15° dentro de cada bancada y el ángulo entre ambas bancadas es de 72° .

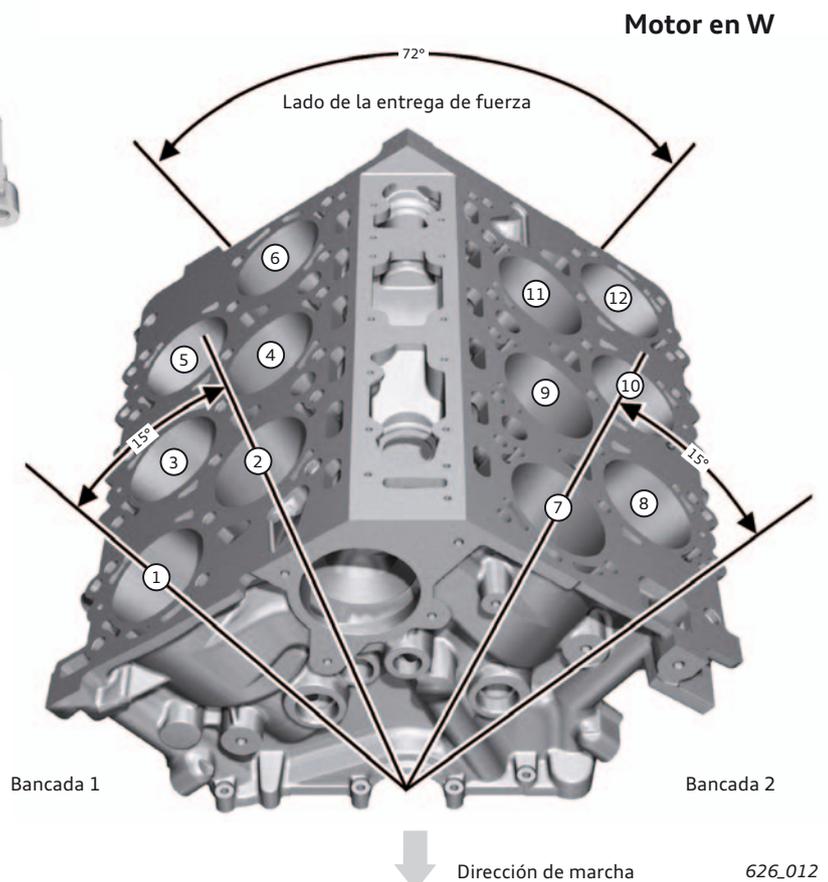
El diseño del motor en W da por resultado un motor compacto de varios cilindros que, en comparación con un motor en V, requiere poco espacio en el vano motor. Los motores en W ofrecen así la potencia y el refinamiento de marcha de los motores más grandes, también para vehículos con un vano motor más pequeño.

Motor VR



626_001

Orden de encendido:
Motor de 12 cilindros 1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9



Componentes del motor

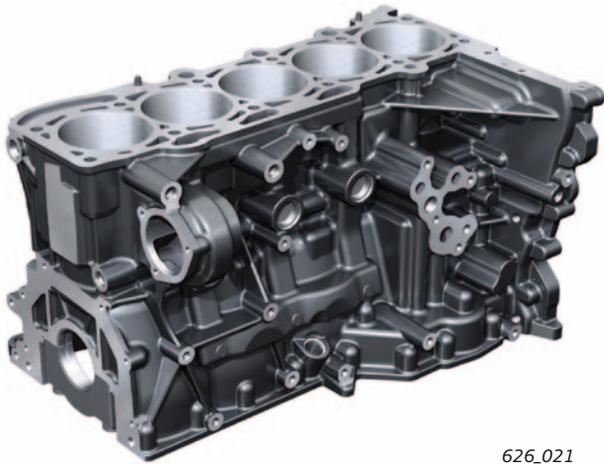
Bloque motor

El bloque constituye el elemento principal de un motor. Refleja, en esencia, la arquitectura del propulsor. Un bloque motor tiene que cumplir con unas exigencias inmensas.

Así, por ejemplo, tiene que resistir las altas presiones de la combustión y establecer una rápida disipación del calor producido por la combustión.

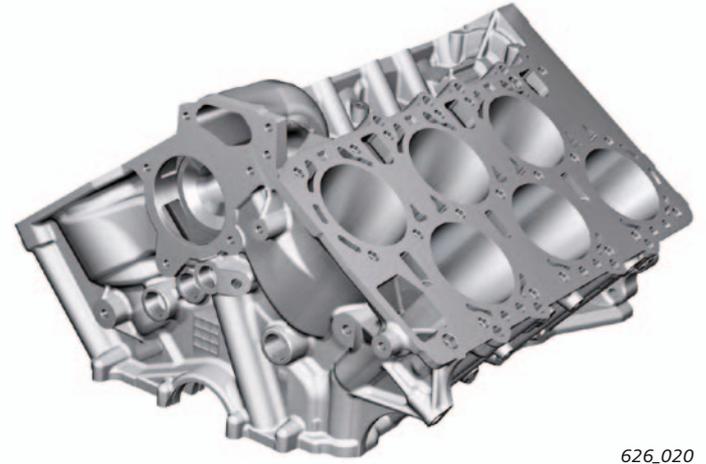
Variantes de bloque motor según la configuración de los cilindros

Motor de 5 cilindros en línea



626_021

Motor de 12 cilindros en W



626_020

Función

- ▶ Recepción de las fuerzas de los gases y de las masas en los cojinetes del cigüeñal o bien en las uniones atornilladas de la culata.
- ▶ Alojamiento del propulsor, compuesto por pistones, bielas, cigüeñal y volante de inercia.
- ▶ Alojamiento de los cilindros.
- ▶ Alojamiento del cigüeñal.
- ▶ Alojamiento de los conductos para el transporte de los materiales operativos.
- ▶ Integración de un sistema para la desaireación del cárter del cigüeñal.
- ▶ Empalme hacia la transmisión y al accionamiento del mando de las válvulas.
- ▶ Alojamiento y guiado de los elementos de la transmisión de fuerza, p. ej. cadenas.
- ▶ Conexión y alojamiento de grupos auxiliares.
- ▶ Cierre del cárter del cigüeñal hacia fuera.

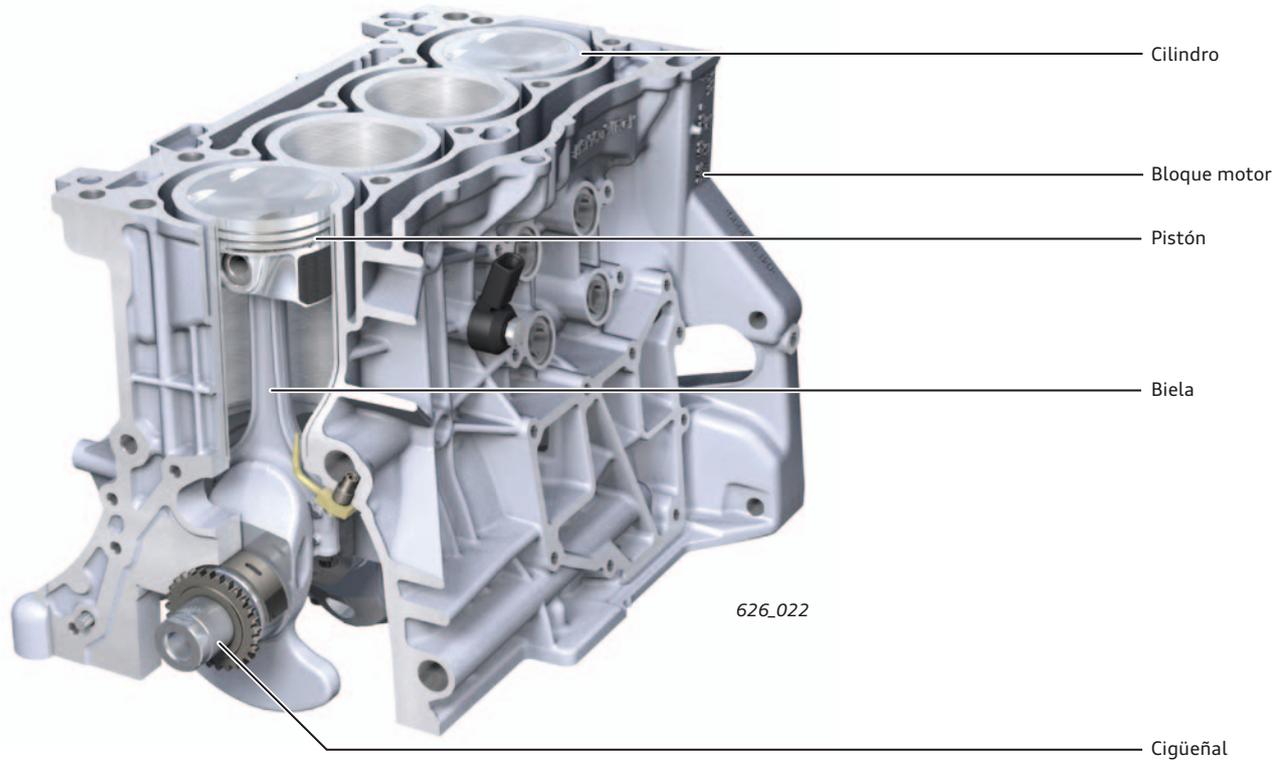
Solicitaciones

- ▶ Fuerzas de los gases que intervienen
- ▶ Pares de inercia internos (pares de flexión), resultantes de las fuerzas de masas en rotación y oscilación.
- ▶ Pares de torsión internos (pares de basculamiento) entre los diferentes cilindros.
- ▶ Par de giro del cigüeñal
- ▶ Fuerzas de masas y pares de masas libres, resultantes de las fuerzas de masas oscilantes.

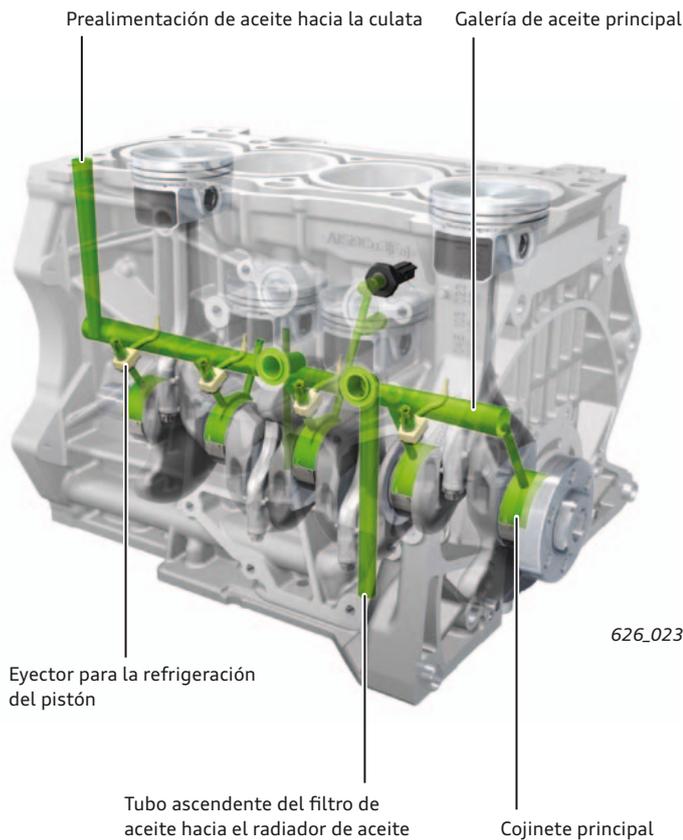
Sistemas integrados

En el interior del bloque motor es dónde se encuentran los cilindros. En ellos se mueven los pistones en ascenso y descenso. Están comunicados con el cigüeñal por medio de las bielas. Las superficies de los cilindros, pistones y segmentos tienen que ser particularmente resistentes al desgaste por abrasión, porque deben establecer el sellado de las cámaras de combustión.

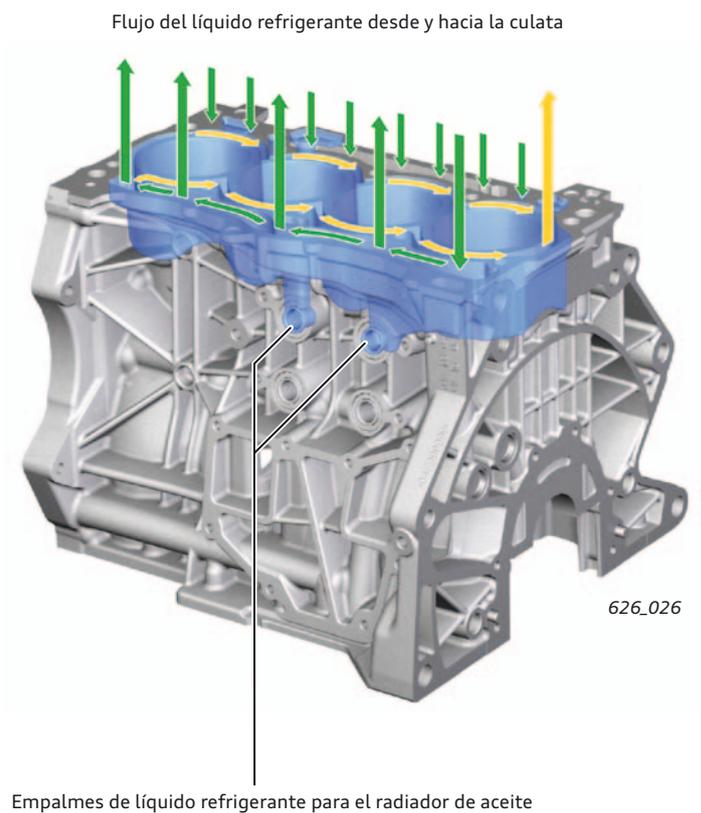
El guiado de los pistones en los diferentes cilindros, con características de fricciones mínimas, reduce además el consumo de combustible, porque el pistón se puede mover en este caso con una suavidad mucho mayor. Aparte de ello hay numerosos conductos del sistema de lubricación y refrigeración en el bloque motor.



Conductos de aceite



Sistema de refrigeración



Diferenciación de diversas variantes de bloque motor

Básicamente se pueden diferenciar los motores por sus bloques. La cantidad y disposición de los cilindros contenidos permiten una subdivisión en las categorías de motor de cilindros en línea, motor en V, motor VR y motor en W.

Pero también dentro de estas categorías se pueden tipificar los bloques de acuerdo con los criterios siguientes:

Diseño de la parte superior	Características de los cilindros	Fabricación del bloque
Arquitectura de cabeza abierta	Camisas de los cilindros	Fundición a presión
Arquitectura de cabeza cerrada	Material de la superficie de deslizamiento de los cilindros <ul style="list-style-type: none"> ▶ Recubrimiento al plasma (hipoeutéctico) ▶ Procedimiento de Alusil® (hipereutéctico) 	Fundición en coquilla
	Estructura de la superficie de deslizamiento de los cilindros	Procedimiento Lost Foam
	Tecnología integral	Fundición en arena
		Squeeze Casting (fundición a presión)

Diseño de la parte superior

Una característica para la diferenciación de los bloques motor es el diseño de la parte superior (planicie de la cabeza) del bloque.

Aquí se diferencia entre la construcción de cabeza abierta "Open Deck" y la de cabeza cerrada "Closed Deck".

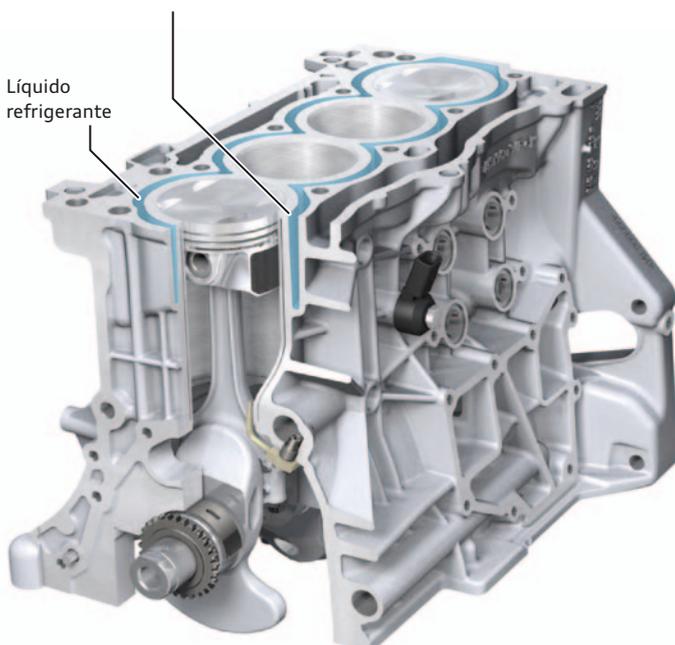
Arquitectura de cabeza abierta

La arquitectura de cabeza abierta se distingue por la particularidad de que el espacio que circunvala a los cilindros se encuentra abierto hacia arriba. El líquido refrigerante contenido puede actuar de esta forma dentro de la zona superior de los cilindros, que se encuentra expuesta a solicitaciones intensas, y el calor generado se puede disipar sobre toda la altura del cilindro. Aparte de ello, con esta arquitectura se puede limitar marcadamente la deformación de los cilindros durante el montaje de la culata. Un inconveniente es la menor rigidez del bloque. Este efecto se puede compensar colocando una junta de culata de metal. En general, esta arquitectura ofrece bastante margen para diseñar de forma más eficaz el proceso de fabricación de los bloques de motor.

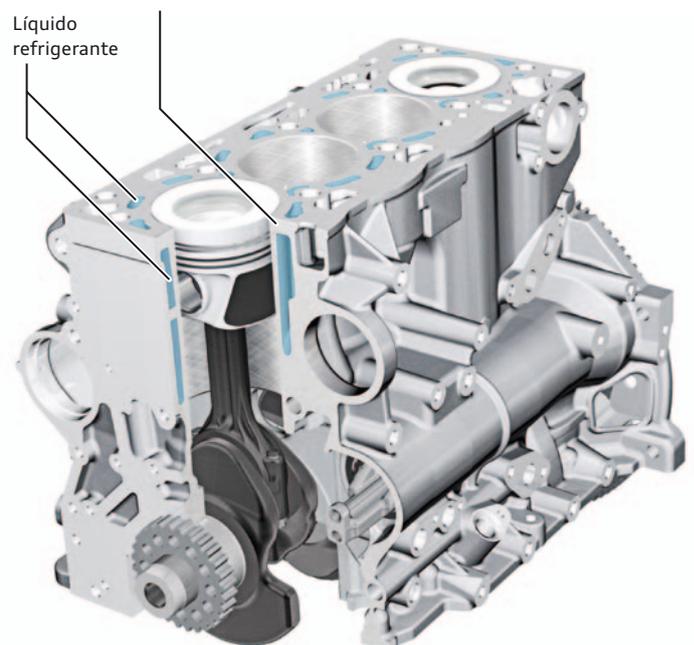
Arquitectura de cabeza cerrada

En el caso de la arquitectura de cabeza cerrada el espacio que circunvala a los cilindros se encuentra cerrado en gran escala. La planicie de la cabeza dispone aquí solamente de orificios definidos, que posibilitan el flujo del líquido refrigerante de la zona del contorno de los cilindros hacia la culata. La ventaja de esta arquitectura consiste, en comparación con la arquitectura de cabeza abierta, en una rigidez del bloque marcadamente superior. El claro inconveniente es aquí que la refrigeración no puede suceder sobre toda la altura del cilindro. Además de ello, los bloques de esta arquitectura sólo se pueden producir con un considerable despliegue técnico.

Planicie de la cabeza abierta hacia arriba



Planicie de la cabeza cerrada hacia arriba



Características de los cilindros

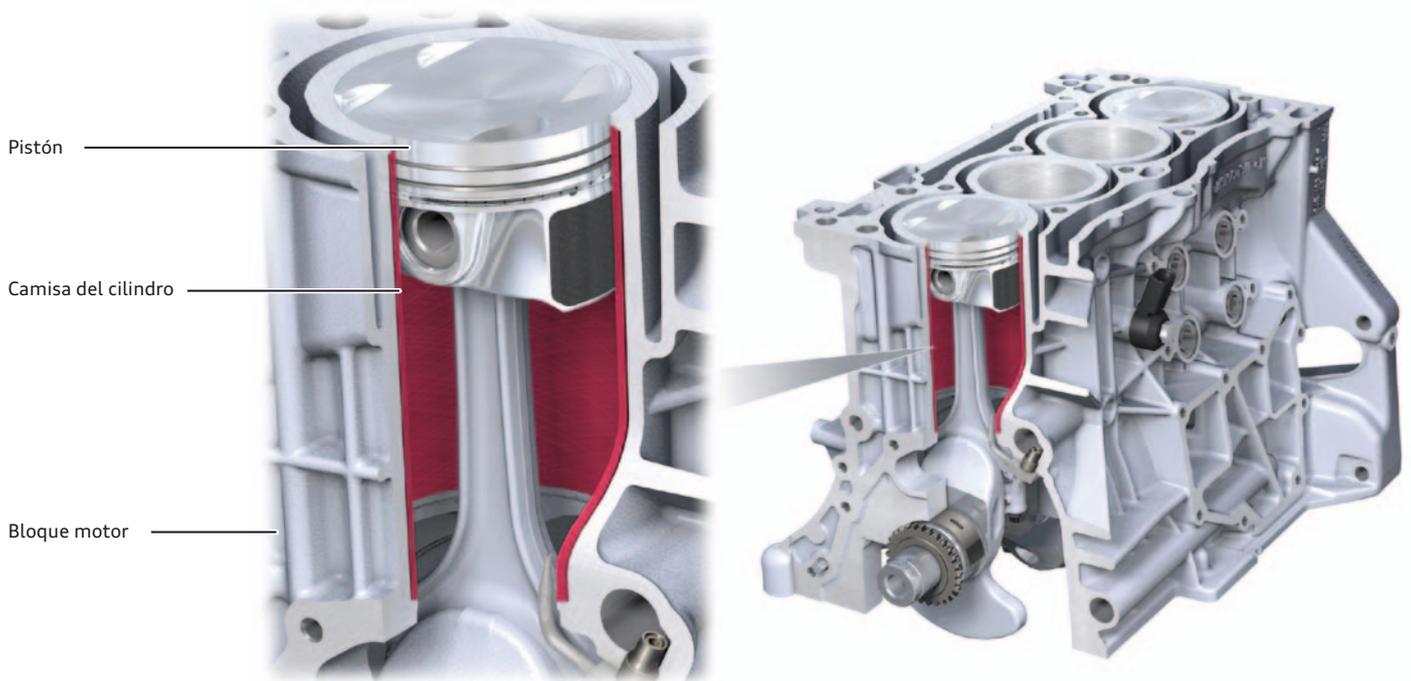
El carácter de un cilindro viene dado principalmente por 4 zonas parciales:

- ▶ Camisas de los cilindros
- ▶ Material de la superficie de deslizamiento de los cilindros
- ▶ Estructura de la superficie de deslizamiento de los cilindros
- ▶ Tecnología integral

Camisas de los cilindros

Para reducir las fricciones y el desgaste en pistones y cilindros, los pistones no se mueven en contacto directo con el bloque motor. En lugar de ello se integran casquillos de pared delgada en el bloque motor, ya sea empotrados en la fundición o por montaje ulterior, en los cuales los pistones se mueven en ascenso y descenso.

Estos casquillos se llaman "camisas de los cilindros". Un efecto colateral positivo de las camisas de los cilindros consiste en que mejoran la estabilidad del bloque motor.



626_034

Material de la superficie de deslizamiento de los cilindros

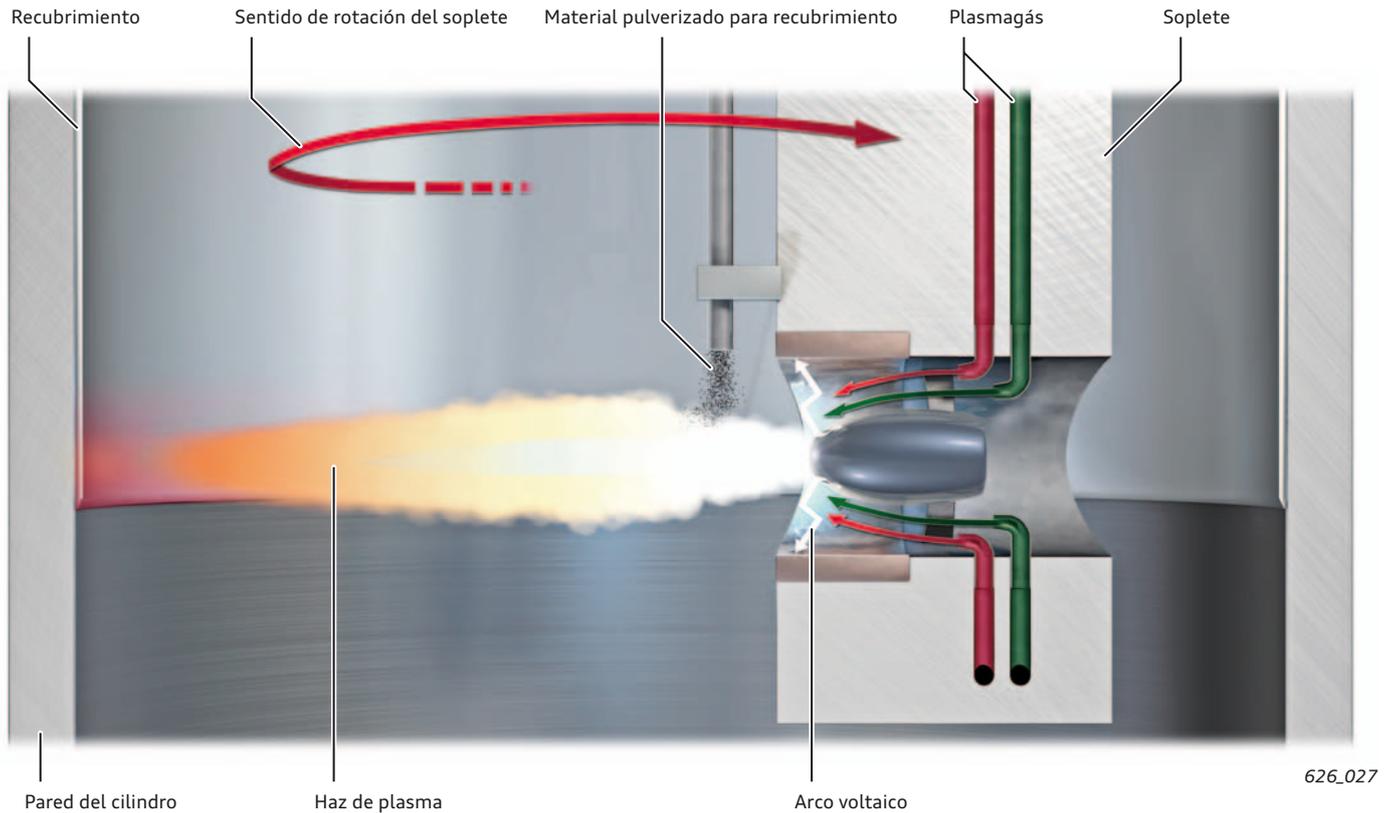
Para ahorrar peso se vienen fabricando crecientemente los bloques en aleaciones de aluminio. Debido a que también los pistones son de este material, ello supondría una importante reducción de las propiedades de deslizamiento en el interior del cilindro. Esta circunstancia se debe a que es muy alto el coeficiente de fricción del aluminio contra el aluminio. Para mejorar el comportamiento y mantener, a pesar de ello, lo más reducido posible el desgaste del cilindro, resulta necesario someter a la superficie de deslizamiento a un tratamiento específico.

El objetivo consiste en crear una superficie de deslizamiento de los cilindros lo más dura posible y con la mínima propensión a las fricciones. Para estos efectos se han desarrollado 2 procedimientos. El primero prevé el recubrimiento de la superficie de deslizamiento de los cilindros por medio de un procedimiento de aplicación al plasma. El otro procedimiento es el llamado „Alusil®“. Debido a que ambos procedimientos actúan de forma directa sobre la superficie de deslizamiento de los cilindros en el bloque, en estos motores se puede renunciar a la aplicación de camisas de cilindros.

Recubrimiento al plasma

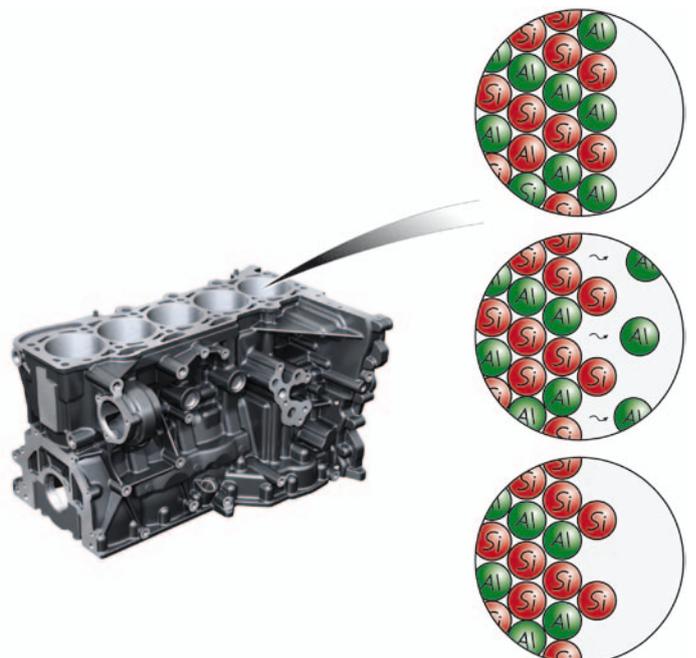
El recubrimiento al plasma se encarga de que los pistones se deslicen con las menores pérdidas de fricción posibles sobre la superficie de los cilindros. Debido a que la capa aplicada tiene solamente 0,2 mm de espesor y no es necesario implantar camisas en los cilindros, en los motores de esta arquitectura se puede conseguir una clara reducción del peso. El recubrimiento se realiza con la ayuda de un soplete rotativo. Lo recorre un gas de plasma, el cual se enciende por un arco voltaico en la boquilla de salida. El gas de plasma se calienta a unos 11.700 °C y adopta el estado de plasma. Esto lo acelera a 600 m/s.

En el rayo de plasma generado se inyecta un polvo de recubrimiento, que se calienta a unos 2.500 °C y se funde por ello. Aparte de ello, el polvo de recubrimiento, mientras tanto en estado líquido, se acelera hasta 150 m/s. Las partículas contenidas en el rayo de plasma chocan, en última instancia, con esta velocidad contra la pared de un cilindro, donde penetran en las rugosidades de la superficie. Acto seguido se solidifica la capa aplicada, con lo cual surge una unión en arrastre de forma entre el recubrimiento y la pared del cilindro. Finalmente se someten las superficies de deslizamiento de los cilindros a un proceso especial de acabado por bruñido.



Procedimiento Alusil®

Este procedimiento presupone que el bloque motor conste de una aleación de aluminio-silicio con un alto contenido de silicio. Los bloques se fabrican en el procedimiento de fundición en coquilla a baja presión. En un molde de fundición, que se puede utilizar varias veces, también llamado coquilla, se introduce el metal fundido a través de un tubo ascendente, en la mayoría de los casos por debajo, apoyado por aire comprimido. Ya desde el procedimiento de la fundición de los bloques motor se observa que, sobre todo en la zona de la superficie de deslizamiento de los cilindros, se formen cristales de silicio. Esto se puede conseguir enfriando la coquilla en la zona de lo que posteriormente será la superficie de deslizamiento del cilindro. Un alto contenido de silicio en el material de la superficie de deslizamiento de los cilindros tiene por consecuencia que esta zona resulte particularmente resistente. Acto seguido las superficies de deslizamiento de los cilindros se someten a un procedimiento especial de acabado por bruñido. Finalmente se ennoblecen las superficies mediante un procedimiento de cauterización electroquímica. Con la cauterización se desmonta el aluminio blando que se encuentra en torno a los cristales de silicio. De esa forma aumenta una vez más la resistencia de la superficie de deslizamiento de los cilindros.



Tratamiento ulterior por bruñido

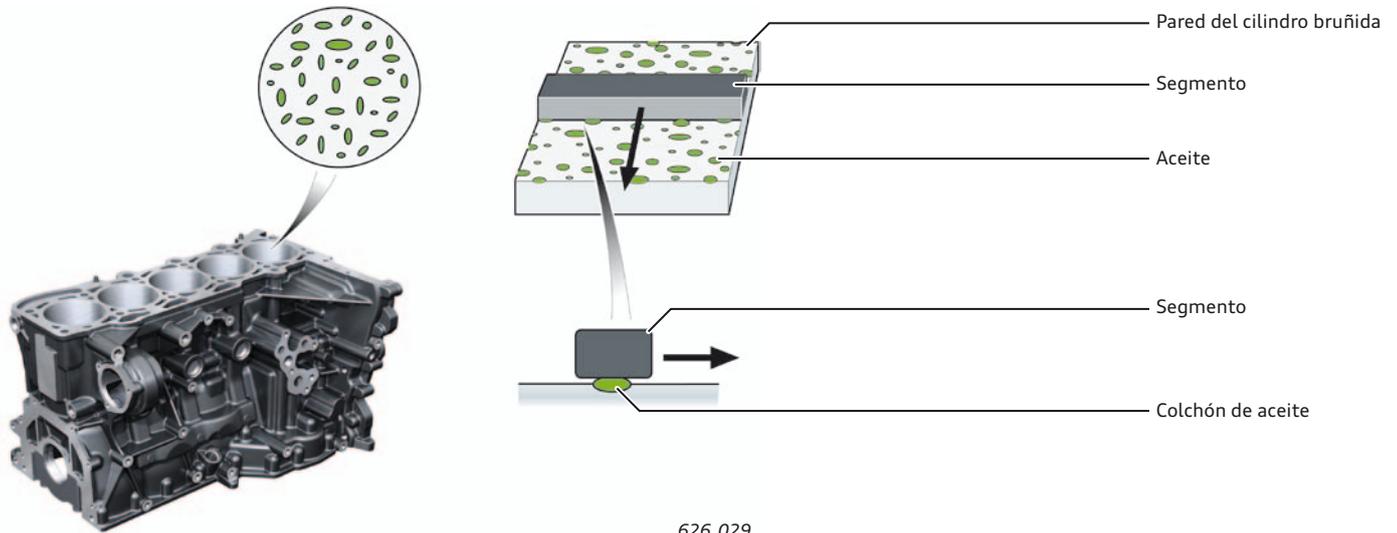
Tanto los bloques fabricados con el recubrimiento al plasma como los del procedimiento de Alusil® se tienen que someter a un mecanizado posterior de las superficies de deslizamiento de los cilindros. En un procedimiento de bruñido se asienta una fina estructura en las superficies de deslizamiento de los cilindros. En esta estructura, la película de aceite que ha de establecer la lubricación del pistón en movimiento, se puede retener mejor que en la superficie sin tratar.

Las estructuras superficiales generadas difieren entre sí en el caso de las variantes con recubrimiento al plasma y la del procedimiento de Alusil®.

Bruñido de superficies de deslizamiento de los cilindros con recubrimiento al plasma

En el caso de las superficies de deslizamiento de los cilindros con el recubrimiento al plasma, el bruñido de éstas se realiza como la última operación de trabajo antes del montaje de los pistones. Para evitar que se vuelva a eliminar el recubrimiento aplicado se ha desarrollado un procedimiento de bruñido, a través del cual se producen unas muy pequeñas zonas hundidas en la superficie. Estas zonas, llamadas microcámaras de presión, ya existen en el recubrimiento aplicado y lo único que se hace es abrirlas con el bruñido.

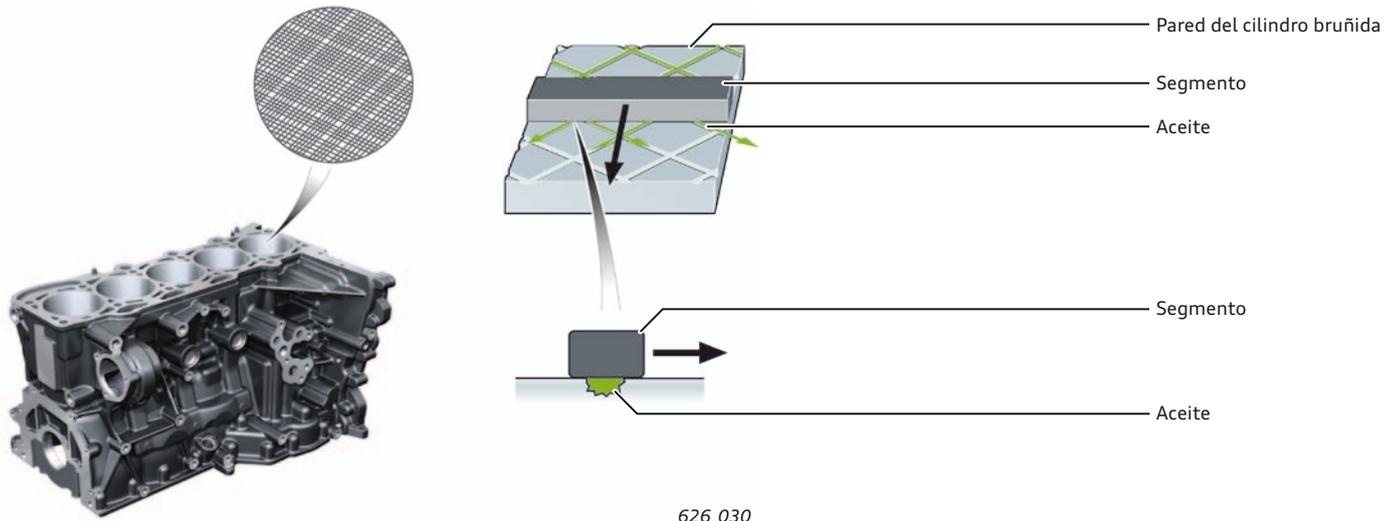
Dentro de estas zonas hundidas se retiene el aceite. Si ahora un segmento del pistón se desplaza sobre una microcámara de presión de esa índole, en el interior de la zona hundida se genera una presión que actúa en contra del segmento del pistón. Como consecuencia de ello, el segmento flota sobre el colchón de aceite, por lo cual se reducen palpablemente las fricciones y los desgastes.



Bruñido de las superficies de deslizamiento de los cilindros fabricadas con el procedimiento Alusil®

En esta variante del bloque el bruñido de los cilindros se realiza como la penúltima operación de trabajo antes del montaje de los pistones. Después de ello se procede a la cauterización electroquímica de las superficies de deslizamiento de los cilindros. El bruñido de los cilindros se realiza por medio de un macho de bruñir pretensado hidráulicamente.

Las piedras de bruñir esmerilan durante esa operación una fina estructura en la superficie de los cilindros. Aquí se retiene posteriormente el aceite, para garantizar una lubricación suficiente.



Cigüeñal

El cigüeñal se encuentra en la parte inferior del bloque motor. A éste van pivotadas las bielas. De esa forma, los movimientos alternativos de ascenso y descenso de los pistones se pueden transformar en un movimiento giratorio.

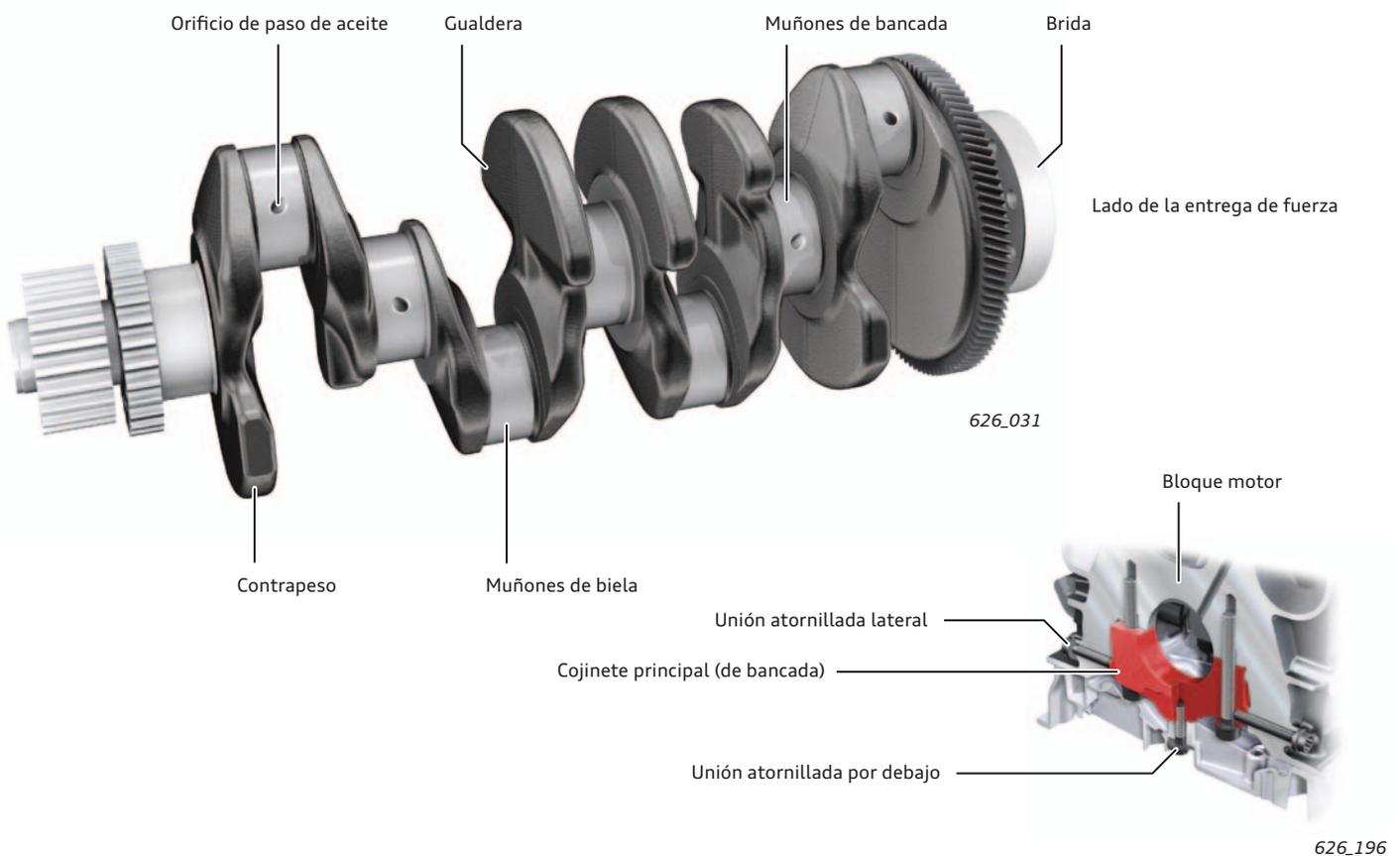
Estructura

Los muñones dispuestos en un mismo eje geométrico se utilizan como apoyos del cigüeñal en la bancada del bloque. Estos cojinetes principales o de bancada van atornillados por debajo y, por motivos de estabilidad y confort, se atornillan adicionalmente por los lados con el bloque motor.

Los muñones de biela son los que alojan a las bielas. Los muñones de bancada y de biela se encuentran comunicados respectivamente por una gualdera del cigüeñal.

De ahí resulta la entrega de par que es necesaria para la propulsión del vehículo.

Un contrapeso, situado enfrente del muñón de biela, se encarga de compensar las relaciones de las masas de inercia del muñón de biela y las gualderas del cigüeñal. Las posibles diferencias de masa se compensan por medio de taladros de equilibrado. Hay orificios de paso de aceite para la lubricación de los cojinetes de las bielas, que van desde los muñones de bancada hasta los muñones de biela. Por el lado de la entrega de la fuerza se encuentra además una brida a la que se fija el volante de inercia.



Fabricación

Los cigüeñales pueden ser versiones fundidas o forjadas. Ambos procedimientos de fabricación proporcionan diferentes propiedades al cigüeñal.

Cigüeñales fundidos

Ventajas:

- ▶ Menores costes de fabricación
- ▶ Mecanizado sencillo
- ▶ Peso reducido

Inconvenientes:

- ▶ Baja rigidez
- ▶ Un mal comportamiento a vibraciones
- ▶ Desgaste intenso

Una comparación de las propiedades de ambas variantes demuestra por qué se aplican más intensamente los cigüeñales forjados.

Cigüeñales forjados

Ventajas:

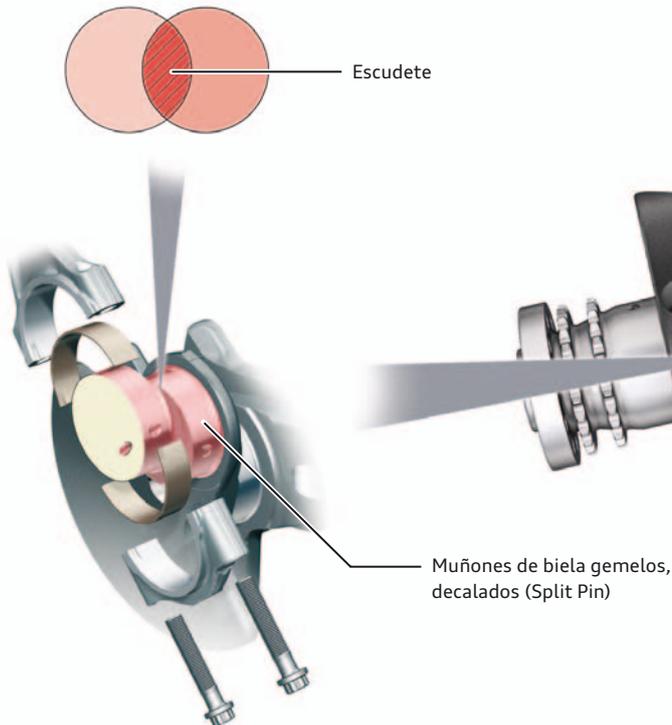
- ▶ Alta rigidez
- ▶ Un buen comportamiento a vibraciones
- ▶ Desgaste reducido

Inconvenientes:

- ▶ Mayores costes de fabricación
- ▶ Mecanizado más circunstanciado
- ▶ Peso alto

Muñones de biela gemelos, decalados

En los motores en V y W son respectivamente 2 pistones opuestos los que acceden a un muñón de biela en común. Para no poner en peligro, a pesar de ello, la suavidad de marcha del motor, es necesario concertar de una forma precisa las distancias entre los ciclos de encendido de los diferentes cilindros. Este ajuste se puede realizar utilizando muñones gemelos decalados, también llamados "Split Pin", para las bielas. El decalaje de los muñones de biela viene determinado aquí principalmente por el ángulo entre las bancadas de los cilindros.



Para un ángulo entre bancadas de 90° se fabrican cigüeñales "Split Pin" con un decalaje de 18° entre los muñones de biela. Con eso se consigue una distancia uniforme de los ciclos de encendido de 72° cigüeñal. Los cigüeñales Split Pin suelen ser versiones forjadas. Esto halla su explicación en la particularidad de que los cigüeñales forjados son marcadamente más resistentes y en que en los muñones dispuestos compartidos por las bielas intervienen fuerzas enormes en el punto de decalaje. Este "escudete" compartido es por ello más propenso a la fractura durante el funcionamiento. A ello se debe que los muñones del cigüeñal se sometan a "ruleteo" (rodadura laminada entre discos) en la transición hacia las gualdas. Con la compactación del material aumenta la resistencia del cigüeñal.

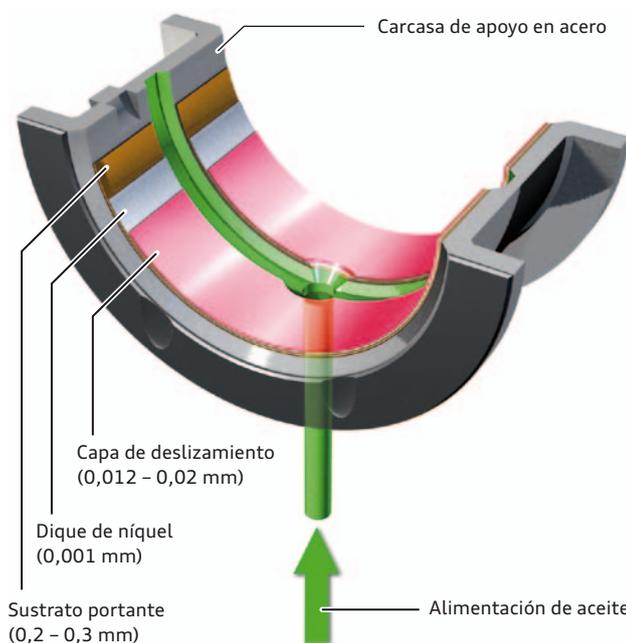
626_032



Escanee el código QR y contemple un vídeo breve sobre la operación de ruleteo.

Arquitectura del cojinete guía central

Los cojinetes de bancada tienen que alojar, apoyar y guiar el cigüeñal en la bancada.



626_033

Para minimizar el desgaste debe intervenir por ello la menor fricción posible. Según el planteamiento específico del motor se aplican diferentes semicojinetes en la bancada. Una de sus arquitecturas viene dada en los llamados cojinetes de tres componentes. Se distinguen por una resistencia particularmente alta al desgaste y una enorme capacidad de trabajo. El cigüeñal se guía axialmente en el cojinete central por medio de arandelas de ataque con geometría de medialuna. Los cojinetes de tres componentes constan de una carcasa de apoyo de acero, un delgado sustrato portante y la propia capa de deslizamiento. Una ranura para aceite con un taladro integrado establece la lubricación de los cojinetes de bancada.



Escanee el código QR y entérese de más detalles acerca del cigüeñal de un motor V12.

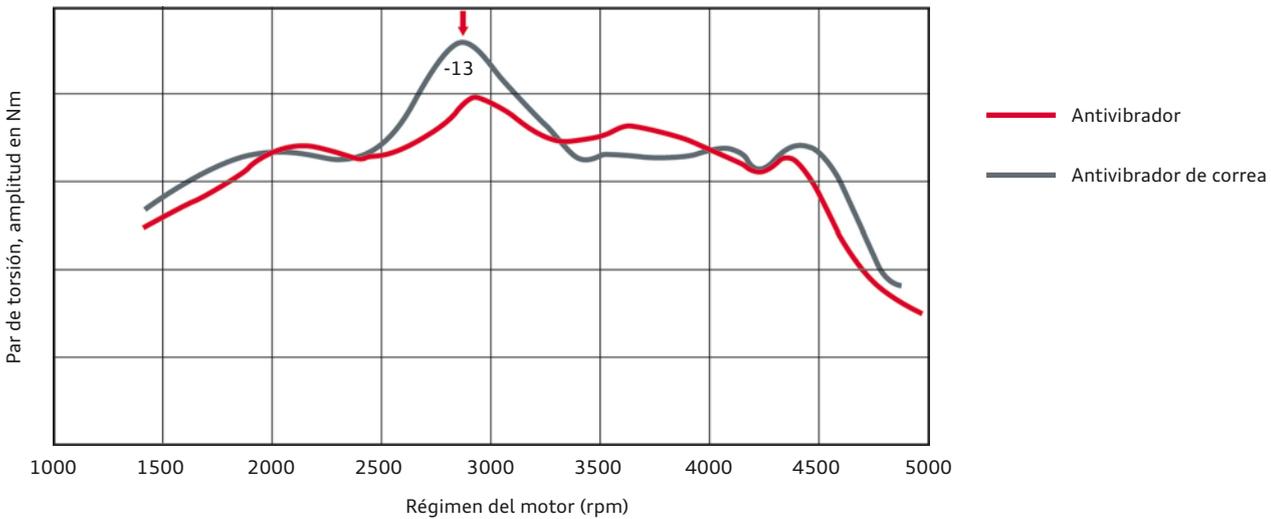
Antivibrador (a título de ejemplo en el motor 4.2l V8 TDI)

Si hay pares de giro que se ponen en libertad por corto tiempo, el juego que hay en el mecanismo del cigüeñal puede hacer vibrar todo el sistema y, aparte de una eventual generación de sonoridad, también puede provocar daños mecánicos. También por ello es muy importante amortiguar oportunamente las oscilaciones giratorias.

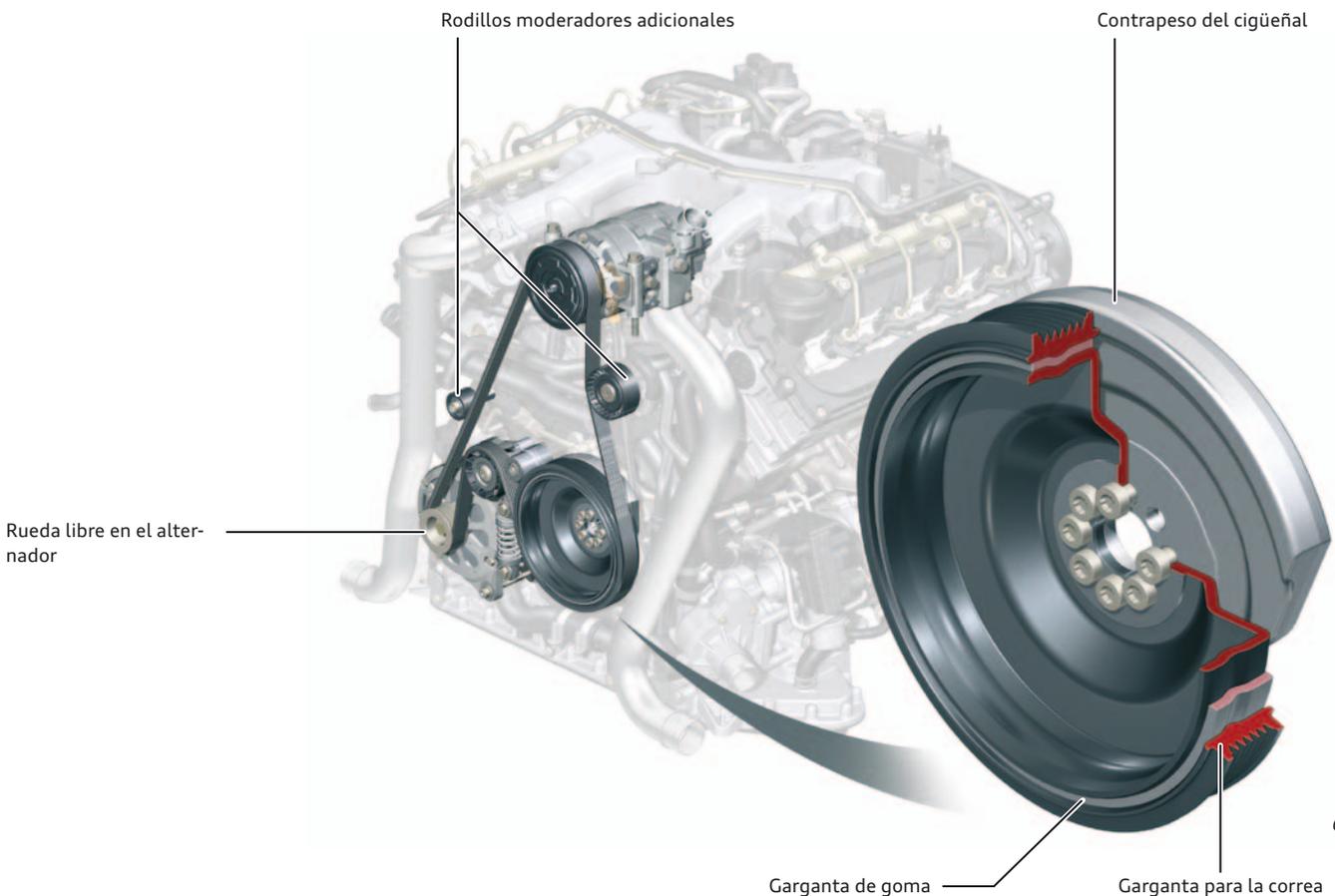
Para este tipo de amortiguación es importante disponer de una gran masa en el anillo de inercia. Debe hallarse lo más alejada posible del centro, con un gran diámetro. A diferencia, por ejemplo del volante de inercia, sin embargo, esta masa va comunicada a través de una goma de amortiguación con la pieza torneada que se debe amortiguar. En la figura inferior, la masa de amortiguación posterior va unida por vulcanización a la capa de caucho y ésta a su vez a la pulea delantera para la correa trapezoidal.

Esto permite que la masa con la mayor inercia realice un movimiento contrario al del cigüeñal, que no gira de un modo totalmente uniforme.

La pulea del cigüeñal está equipada con un antivibrador. Para amortiguar las oscilaciones de la correa poli-V, que ocurren con las diferentes aceleraciones de los pistones durante la combustión, se ha instalado una rueda libre en el alternador y un rodillo moderador adicional. El antivibrador se ha diseñado de modo que los pares de torsión que se generan en la gama media de regímenes se reduzcan en un 13 %, aproximadamente, en comparación con el efecto de un antivibrador de correa. De ahí resulta un menor esfuerzo para el cigüeñal y una mejora acústica en el motor. El accionamiento de correa impulsa al alternador y al compresor de climatización.



626_224



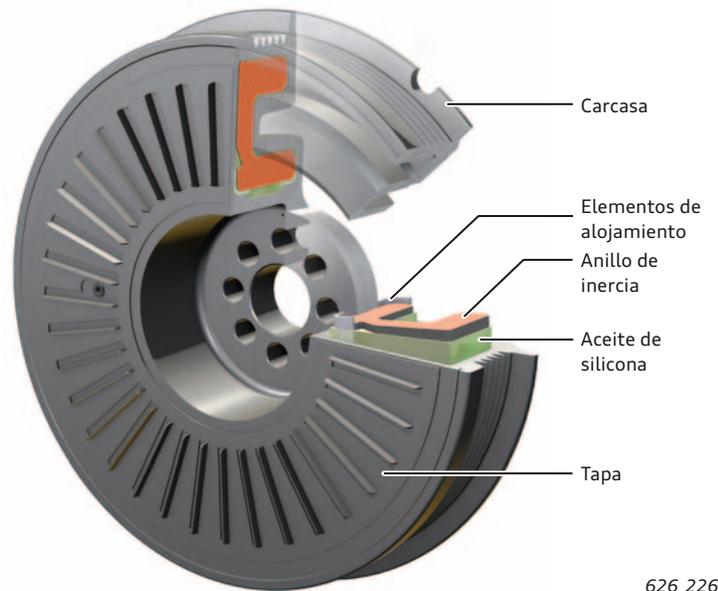
626_225

Antivibrador (a título de ejemplo en el motor 4,0l V8 TFSI)

El antivibrador hidrostático reduce las oscilaciones torsionales. Son generadas por las fuerzas de los gases y de las masas que intervienen en el motor de combustión (combustión endomotriz y masas rotativas y oscilantes). Las oscilaciones provocan un giro relativo entre carcasa y anillo de inercia.

Mientras tanto hay antivibradores que poseen un cuerpo hueco anular exterior cargado con aceite de silicona. Éste es capaz de compensar movimientos disperejos del cigüeñal, reaccionando de un modo aún más rápido.

El aceite de silicona se somete con ello a una sollicitación de cizallado. Estos esfuerzos actúan sobre toda la superficie en la rendija entre el anillo de inercia y la carcasa. La suma de los esfuerzos da por resultado el efecto de la amortiguación.

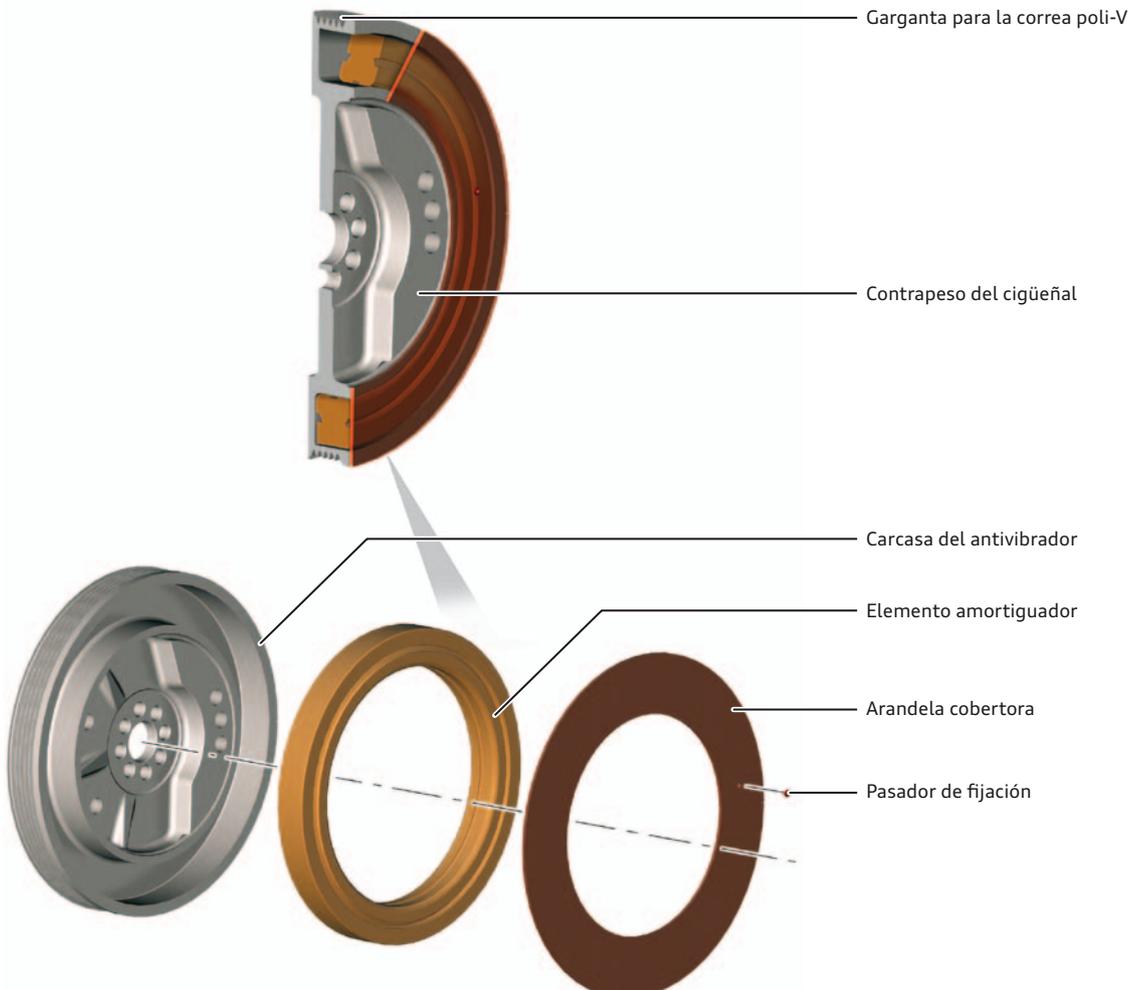


626_226

Antivibrador hidrostático (a título de ejemplo en el motor 5.2l V10 FSI)

En el motor V10 FSI se instala un antivibrador hidrostático y es importante su proximidad hacia el causante de las vibraciones. Como medio amortiguante se carga un aceite altamente viscoso en un anillo de la polea para la correa.

Este aceite viscoso amortigua el movimiento relativo entre el elemento de amortiguación y la carcasa del antivibrador.



626_227

Pistones

Los pistones son componentes elementales de un motor de pistones alternativos. Se alojan en disposición móvil, en el interior de los cilindros, y sellan la cámara de combustión contra el bloque. Reciben la presión de los gases generada con la combustión y la retransmiten a través de la biela en forma de un movimiento de giro hacia el cigüeñal. Los pistones están expuestos a muy altas cargas térmicas y mecánicas.

Exigencias planteadas a los pistones:

- ▶ Alta resistencia
- ▶ Seguridad anti-gripado
- ▶ Suavidad de funcionamiento
- ▶ Peso reducido
- ▶ Bajo consumo de aceite
- ▶ Bajas emisiones contaminantes

Zonas de un pistón

Alma de fuego

El alma de fuego protege al segmento superior contra temperaturas demasiado altas. Una transición redondeada en el interior optimiza la disipación del calor y rigidiza la cabeza del pistón.

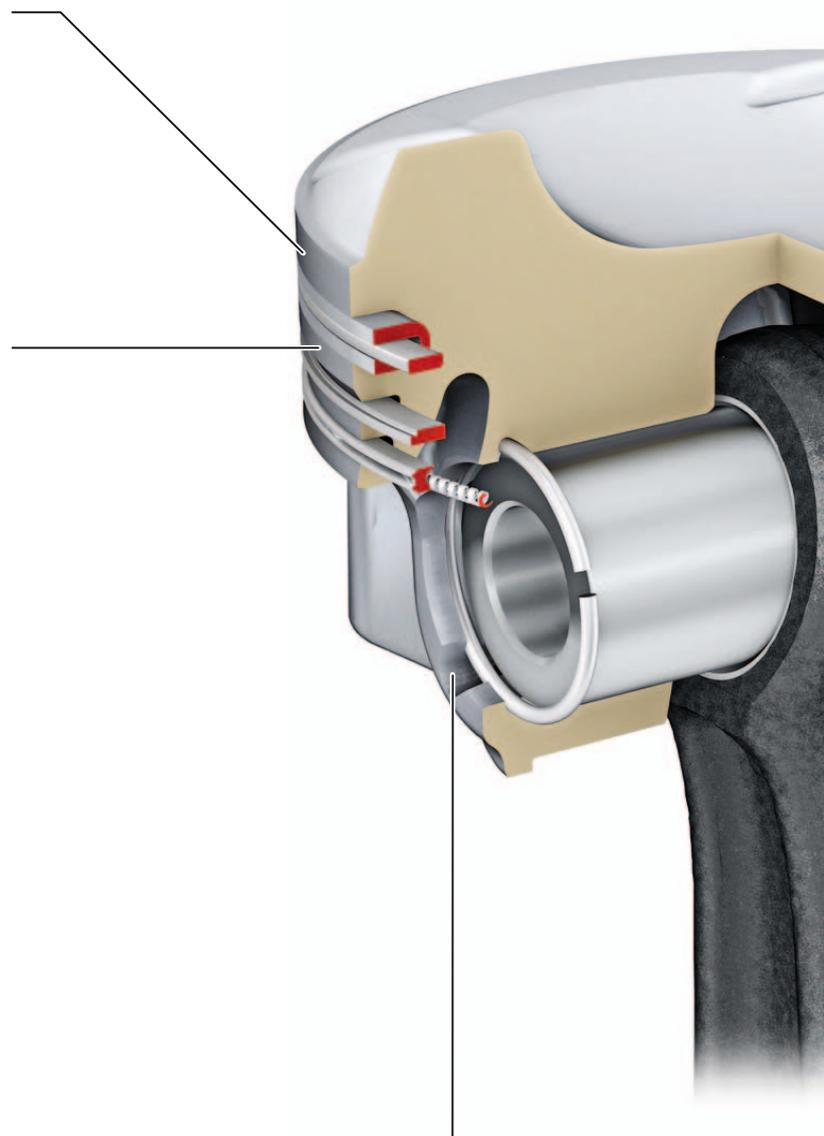
Alma entre segmentos

El alma entre segmentos es la parte del pistón que se encuentra entre 2 gargantas para los segmentos. El alma superior es la más expuesta a las presiones de la cámara de combustión. Para evitar que se fracturen los segmentos es preciso conferir por ello a este alma una resistencia particularmente alta. La altura del alma superior entre segmentos de los diferentes tipos de motores guarda una relación con respecto al diámetro del pistón, véase la tabla.

Tipo de motor	Altura del alma superior del pistón entre segmentos, en relación con el diámetro del pistón
Motor de gasolina	4,5 - 5 %
Motor Diesel	6 %
Motor Diesel con turbocompresor	7 - 8 %

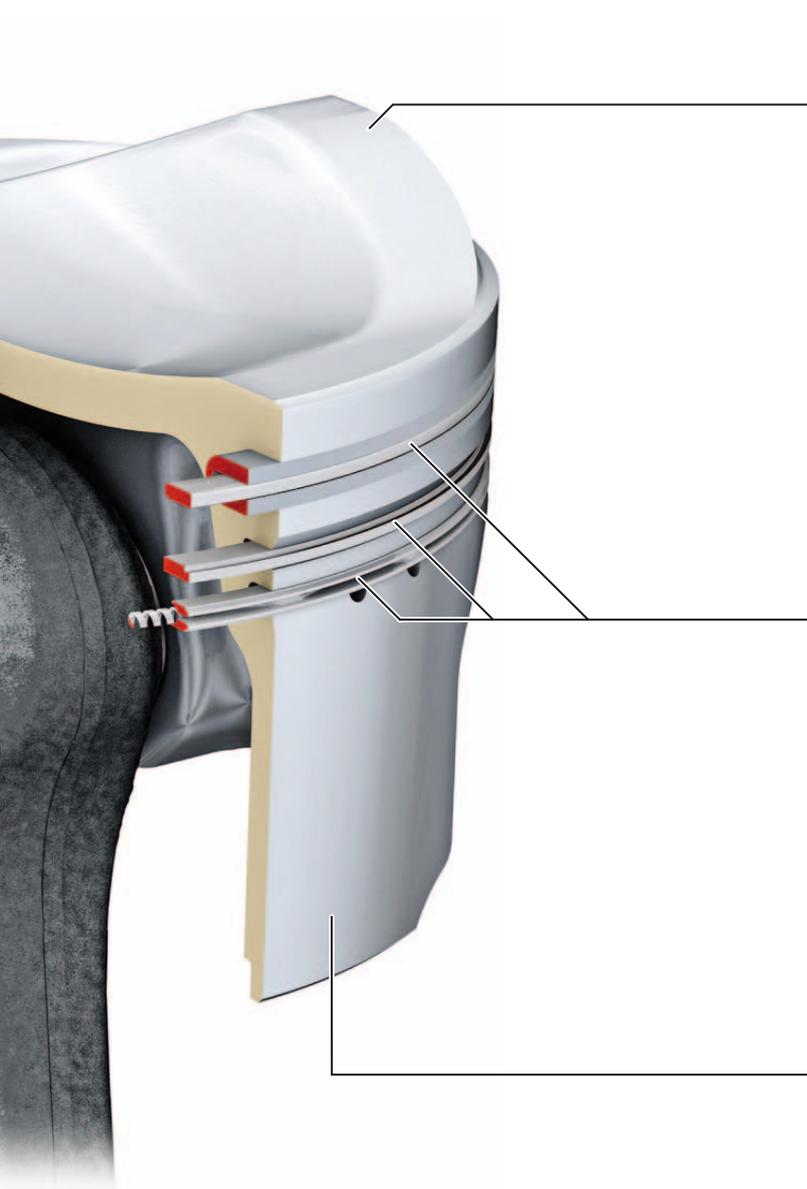
Alojamiento para el bulón

El alojamiento para el bulón, también llamado cubo para el bulón, es el que recoge el bulón en el pistón. Aquí se transmite la fuerza del pistón sobre el bulón.



Solicitaciones

- ▶ Presiones del encendido de 50 bares – 180 bares en la cabeza del pistón y en la cavidad para la combustión.
- ▶ Fuerzas laterales en la falda del pistón.
- ▶ Presión de contacto de las superficies en el cubo del pistón.
- ▶ Aceleración de hasta 25.000 m/s².
- ▶ Fricción de deslizamiento en las gargantas para los segmentos, en la falda del pistón y en los alojamientos del bulón.
- ▶ Basculamiento de los pistones
- ▶ Temperaturas:
 - ▶ Cabeza del pistón / borde de la cámara del pistón: 200 °C – 400 °C
 - ▶ Cubo del bulón: 150 °C – 260 °C
 - ▶ Falda del pistón: 120 °C – 180 °C



Cabeza del pistón

La cabeza del pistón constituye la cámara de combustión, conjuntamente con el cilindro y la culata. Su geometría viene determinada principalmente por la implantación de las válvulas y el concepto de la motorización. Así por ejemplo, las cabezas de los pistones en los motores FSI poseen un rebaje de turbulencia, que optimiza la conducción de aire.

Segmentos

Los segmentos sellan de forma móvil la cámara de combustión contra el cilindro. La zona de un pistón en la que se implantan los segmentos se llama zona de implantación de los segmentos. La altura de la zona de implantación de los segmentos en el pistón se rige por la cantidad y el tamaño de los segmentos que se montan. La mayoría de los pistones disponen de 3 segmentos – 2 segmentos de compresión y 1 segmento rascador de aceite.

Falda del pistón

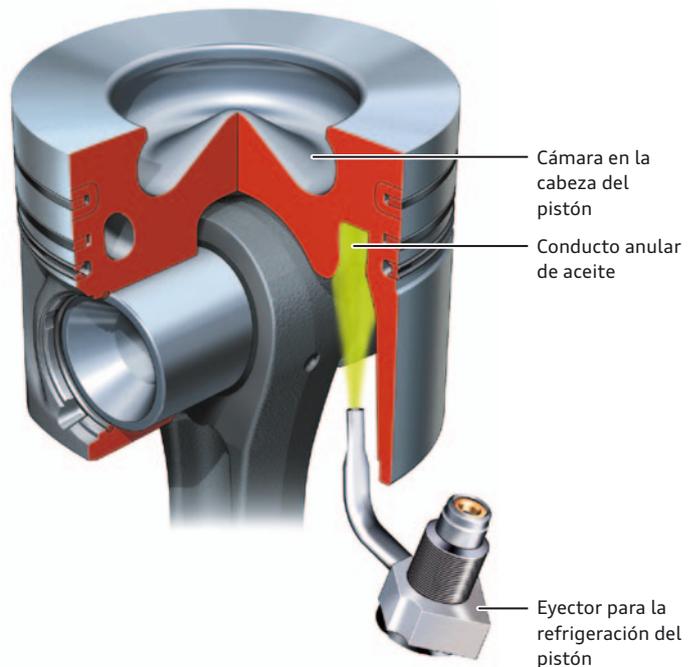
La falda del pistón se encarga del guiado recto del pistón en el cilindro. Aparte de ello transmite la fuerza lateral hacia la pared del cilindro. Una falda larga y un guiado estrecho actúan en contra del basculamiento de los pistones. Para reducir el desgaste en la superficie de la falda del pistón se recubre ésta en un proceso especial, véase la página 25.

Particularidades de los pistones en motores Diesel

Los pistones de un motor Diesel se diferencian del de uno de gasolina en lo que respecta a su estructura. Así por ejemplo, los pistones de un motor Diesel llevan una cavidad llamada "cámara del pistón" en la que el combustible inyectado se mezcla con el aire. Las cámaras de los pistones están diseñadas para estos efectos en función de la posición del chorro proyectado por los inyectores.

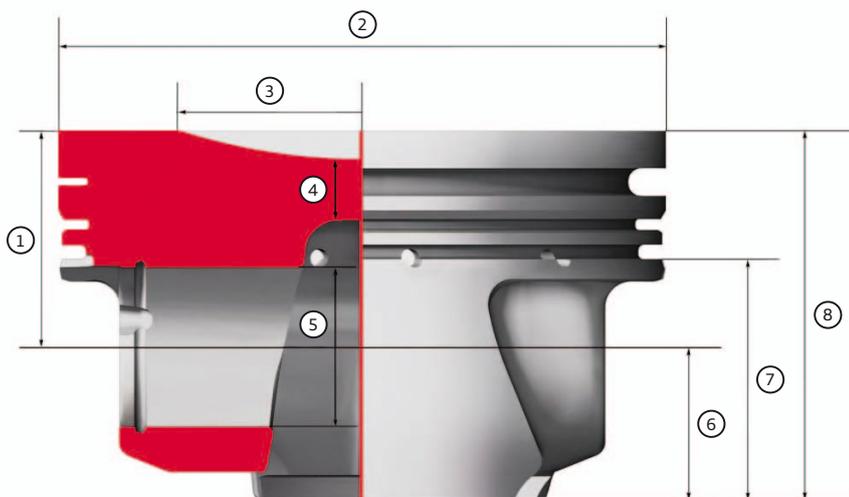
Refrigeración de los pistones

Según la estructura de los pistones, también pueden disponer de una refrigeración activa. Esta tecnología se aplica para minimizar la temperatura en zonas particularmente expuestas a sollicitaciones térmicas, como son la cabeza del pistón o la zona de los segmentos. En el interior del pistón hay para ello un conducto anular para aceite, a través del cual se alimenta aceite del motor por medio de un eyector para refrigerar así la cabeza del pistón. Este conducto anular de aceite se preconfigura por medio de un macho de sal que se coloca en el molde para la fundición.



Cotas del pistón

El carácter de un pistón viene determinado principalmente por su geometría y las dimensiones que de ahí se derivan.



626_038

626_037

Número	Significado	Definición
①	Altura de compresión	Es la distancia desde el centro del bulón hasta el borde superior del alma de fuego.
②	Diámetro del pistón	Expresa el diámetro de la cabeza del pistón.
③	Diámetro máximo de la cámara del pistón	Expresa el diámetro máximo de la cámara del pistón.
④	Espesor de la cabeza del pistón	Expresa el espesor de la cabeza del pistón.
⑤	Diámetro del bulón	Expresa el diámetro del bulón.
⑥	Longitud inferior	Expresa la distancia entre el centro del taladro para el bulón y el final de la falda del pistón.
⑦	Longitud de la falda del pistón	Expresa la longitud de la falda del pistón.
⑧	Longitud total del pistón	Expresa la longitud total del pistón.

Implantación asimétrica del taladro del cubo

Bajo el término de la implantación asimétrica se entiende aquí el decalaje del eje geométrico del bulón con respecto al eje geométrico longitudinal del pistón. Con ello se influye de un modo decisivo en los impulsos de percusión del pistón, lo cual optimiza el comportamiento de ceñimiento del pistón al cambiar el lado de apoyo. Como resultado se obtiene una reducción de la sonoridad de funcionamiento de los pistones. Aparte de ello se pueden minimizar los posibles daños en las camisas de los cilindros, provocados por los llamados efectos de cavitación.

Fabricación

Según la arquitectura deseada, los pistones se diferencian en lo que respecta a su fabricación. De acuerdo con su posterior aplicación y las cargas que ello supondrá, los pistones se fabrican con diferentes procedimientos. Todas las arquitecturas de los pistones comparten la particularidad de que después de su fabricación se someten a un tratamiento de la superficie. Con ello se minimiza el desgaste y mejoran las cualidades de funcionamiento. Algunos pistones se equipan para ello en la falda con un recubrimiento llamado Ferroprint.

Arquitecturas

Diferentes arquitecturas de los motores implican la implantación de diferentes arquitecturas de los pistones. Las diferencias esenciales consisten sobre todo en la geometría, el material y la estructura de los pistones.

Motor TDI con cámara en el pistón



626_039

Recubrimiento Ferroprint

Motor V8 TFSI con rebajes para las válvulas en la cabeza del pistón



626_041

Motor FSI con mezcla estratificada



626_042

Motor W12 con cabeza de pistón achaflanada



626_040

Juego de montaje del pistón

Para el montaje de un pistón en el cilindro se debe tener en cuenta el juego de montaje. El juego de montaje resulta de la diferencia del diámetro del cilindro con respecto al diámetro mayor del pistón. Esa cota puede ir documentada en la cabeza del pistón. Además se indica allí el sentido de montaje del pistón. El sentido de montaje se debe tener en cuenta en todo caso.

Procedimientos de fabricación:

- ▶ Forja
- ▶ Prensado
- ▶ Fundición de gravedad
 - ▶ Fundición en coquilla
 - ▶ Fundición centrífuga
 - ▶ Fundición de colada continua
 - ▶ Fundición de desalojamiento (prensado líquido)

Las diferencias más notorias se encuentran en la geometría de las cabezas y cámaras de los pistones. El siguiente cuadro general muestra algunas posibles arquitecturas de los pistones.

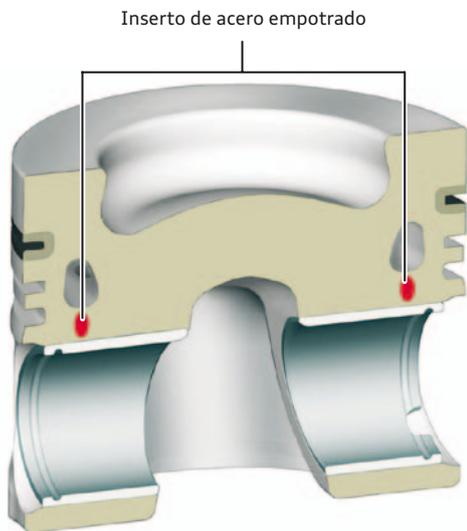


Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el funcionamiento de la cabeza del pistón en un motor Diesel.

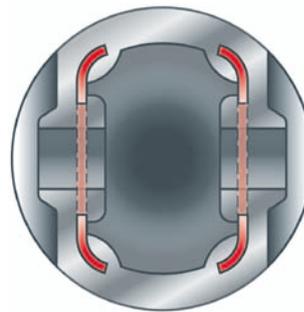
Pistón regulador

Bajo el término del "pistón regulador" se resumen pistones que presentan una dilatación térmica específica o regulada. Un inserto de acero empotrado en la aleación ligera dirige la dilatación térmica en un sentido específico.

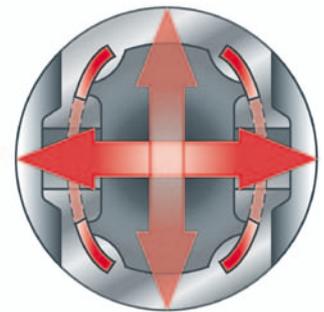
Si se compara un pistón regulador caliente y uno frío se pone de manifiesto que el inserto de acero actúa como un bimetetal. La dilatación térmica se conduce principalmente de esa forma hacia el eje geométrico del bulón. Para compensar la dilatación del pistón se diseña la zona en torno al bulón con una geometría ovalada.



Motor frío



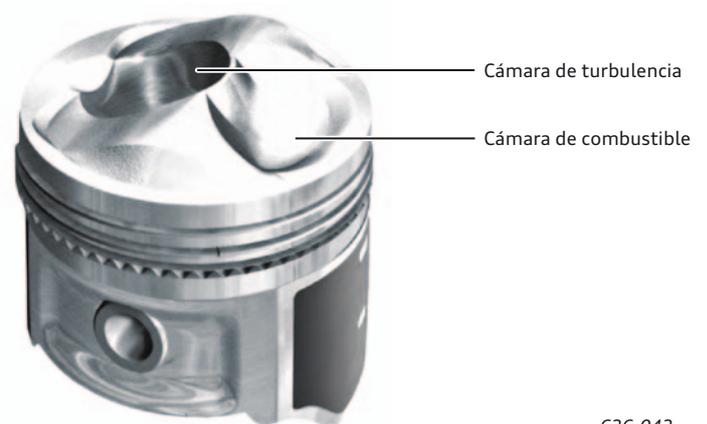
Motor a temperatura operativa



Cámara de turbulencia

Los pistones de los motores de gasolina con inyección directa poseen cámaras en la cabeza del pistón, con las que se influye en la conducción de los flujos de los gases dentro de la cámara de combustión.

Aparte de las cámaras de turbulencia, algunos de estos pistones disponen adicionalmente de cámaras para el combustible, las cuales revisten una importancia especial en lo que se llama el modo de mezcla estratificada.



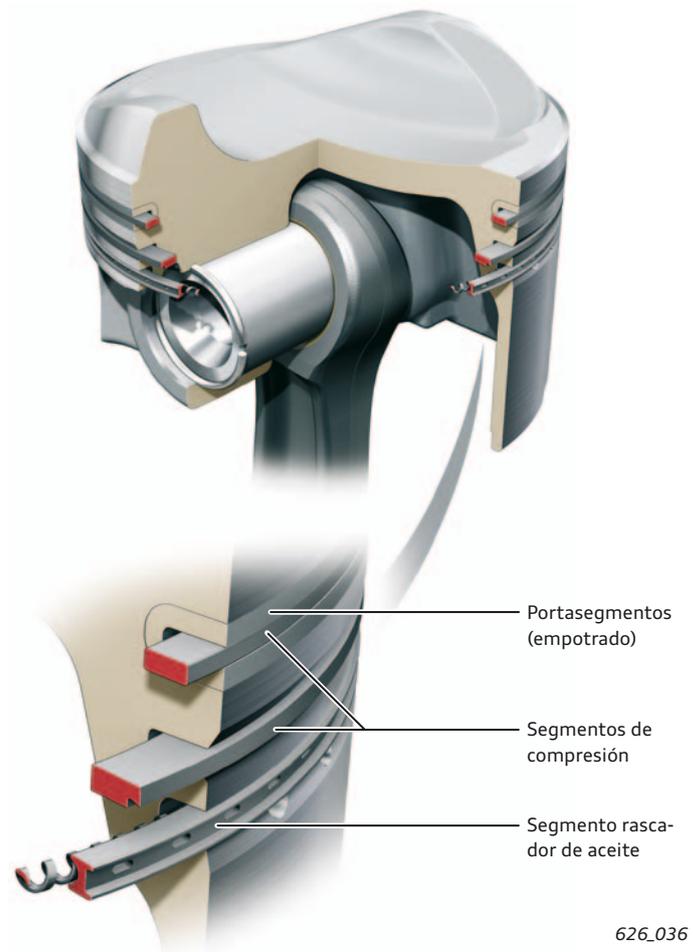
Segmentos

Los segmentos se encuentran en la zona superior del pistón. Se diferencia entre segmentos de compresión y segmentos rascadores de aceite. Los segmentos de compresión siempre van dispuestos por arriba del segmento rascador de aceite.

Segmento	Función
Segmento de compresión	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sellado del pistón hacia el cilindro ▶ Disipación del calor del pistón hacia la pared del cilindro
Segmento rascador de aceite	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Rascado del aceite superfluo de la pared del cilindro ▶ Retorno del aceite rascado hacia el cárter

Fabricación

Debido a las altas velocidades de los pistones y a las altas presiones en el cilindro es necesario que los segmentos de los pistones soporten unas cargas enormes. Por ese motivo los segmentos se fabrican en hierro de fundición o en aceros altamente aleados. En pistones que se someten a solicitaciones particularmente intensas se empotran portasegmentos resistentes, encargados de guiar los segmentos superiores. Los portasegmentos hallan aplicación, sobre todo, en los motores Diesel, pero también en casos esporádicos se aplican en los motores FSI.



Arquitecturas

Según la arquitectura del motor y la finalidad de aplicación prevista existen diferentes arquitecturas de los segmentos.

Segmento	Sección transversal	Designación	Características y ventajas
Segmentos de compresión		Segmento de sección rectangular	Fabricación sencilla.
		Segmento de cara cónica	Abrevia el tiempo que necesita un motor nuevo para la suavización por el uso.
		Segmento de sección trapecial	Evita que el segmento se atasque en la garganta cargada con residuos de la carbonización.
		Segmento en L	Al tener un bajo tensado propio, los gases de la combustión pueden pasar por detrás del segmento y aumentar con ello la presión de apriete contra la pared del cilindro.
Segmentos rascadores de aceite		Segmento de talón	Efecto adicional de rascado del aceite.
		Segmento con ranuras de paso de aceite	Efecto de rascado del aceite con un paso adicional del aceite hacia el interior del pistón.
		Segmento de aceite con muelle espiral en gusanillo	Un mejor efecto de rascado del aceite mediante una mayor presión de apriete.

Bulón

El bulón comunica al pistón con la biela en arrastre de fuerza, teniendo que soportar cargas enormes. Debido a los movimientos oscilantes del pistón, a las fuerzas de los gases y de las inercias de las masas que intervienen, así como a las malas condiciones de la lubricación, se plantea toda una serie de exigencias a los bulones de los pistones.

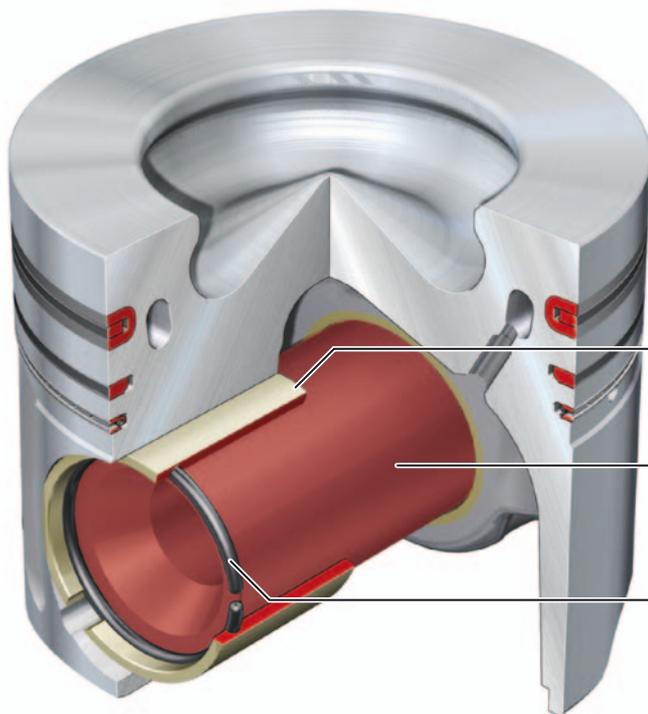
Diseño del bulón

En la mayoría de los motores los bulones corresponden a un diseño tubular y se alojan en disposición flotante. Los bulones se enclavan por medio de seguros. En algunos motores se inmovilizan los bulones por contracción en la biela.

Exigencias planteadas a los bulones:

- ▶ Peso reducido
- ▶ Alta rigidez
- ▶ Una alta resistencia a cargas alternas y tenacidad del material
- ▶ Una alta calidad de la superficie
- ▶ Un alto grado de dureza de la superficie
- ▶ Una alta exactitud geométrica

Para incrementar la resistencia del pistón hay motores, por ejemplo el V6 TDI con sobrealimentación biturbo, que disponen de bulones recubiertos. Este recubrimiento aumenta la capacidad de deslizamiento del bulón y reduce las fricciones en esa zona. Con la implantación de casquillos con taladro de forma específica se distribuye uniformemente la presión entre el bulón y el pistón. El taladro está diseñado de modo que actúe en contra de la deformación del pistón durante la marcha del motor y establezca con ello un movimiento suave del bulón.



Casquillo con taladro de forma específica

Bulón

Seguro del bulón

626_052

Seguro del bulón

Si el bulón no se enclava en la biela por contracción, se lo tiene que asegurar contra movimientos laterales y colisiones con la pared del cilindro. Para ello se utilizan principalmente anillos de seguridad de acero para muelles, que tensan hacia fuera, son los llamados anillos de retención. Se colocan en gargantas dispuestas en el borde exterior del taladro del cubo.

Construcciones de los anillos de seguridad



626_053

Bielas

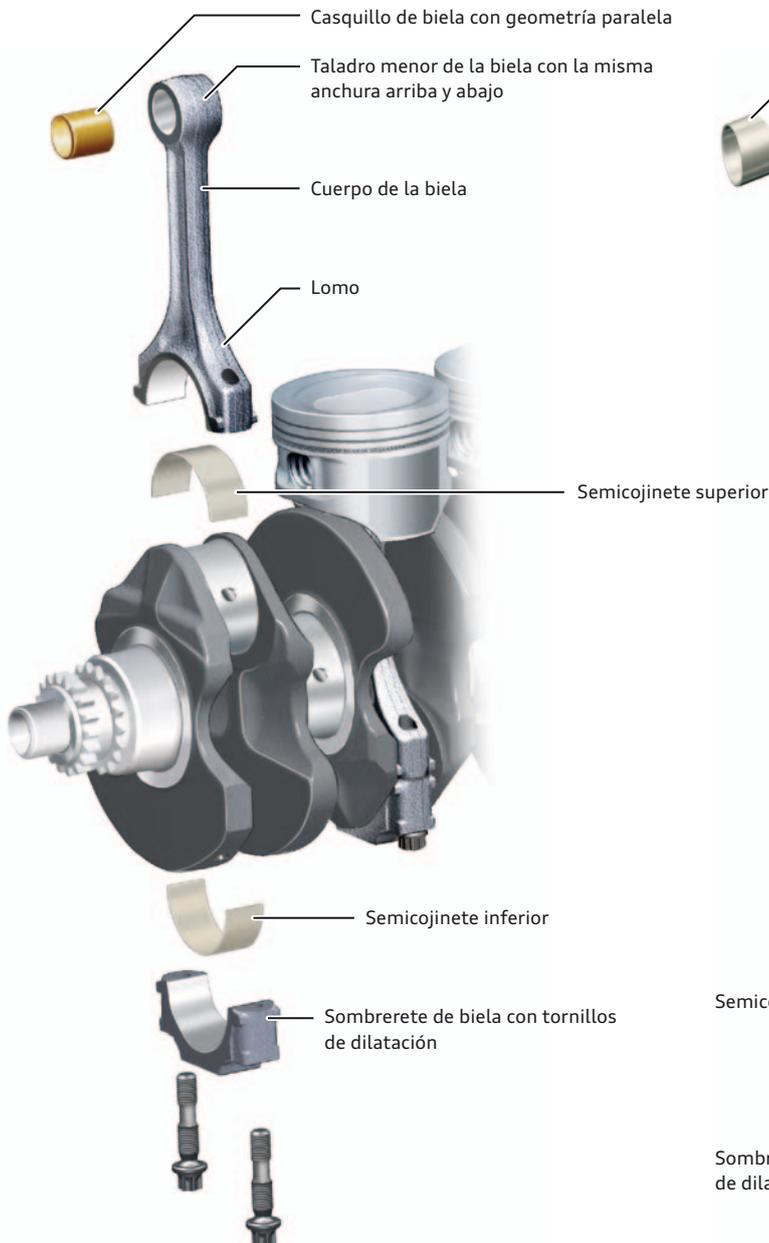
Las bielas se acoplan en los pistones hacia abajo. Comunican al pistón con el cigüeñal y actúan así como varillas de empuje. Su misión principal consiste en transformar el movimiento rectilíneo (traslatorio) de los pistones en un movimiento giratorio del cigüeñal.

Están sometidas a fuerzas de tracción y presión continuamente cambiantes. A ello se añaden las cargas térmicas por fricción y combustión.

Arquitecturas

Por las condiciones de espacio cada vez más estrechas y presiones de la combustión cada vez más intensas se plantean unas exigencias de alto nivel a las bielas.

Biela paralela



626_197

Estructura

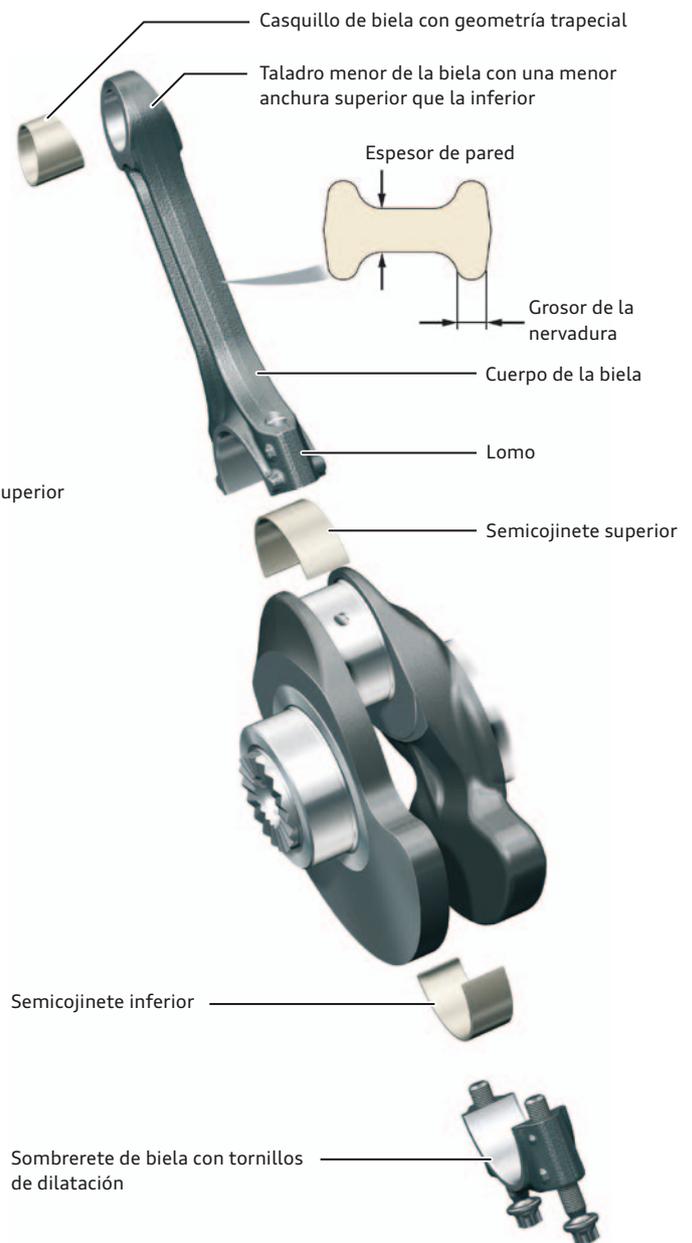
El elemento central es el cuerpo de la biela. Con frecuencia se diseña en forma de doble T.

En la zona superior del cuerpo de la biela se encuentra el taladro menor con el casquillo de biela integrado. Aloja al bulón, que se lubrica con aceite salpicado.

En el taladro mayor (lomo) se establece la comunicación hacia el sombrerete inferior de la biela por medio de tornillos de dilatación. Dos semicojinetes por cada muñón establecen el apoyo en el cigüeñal.

Biela trapecial

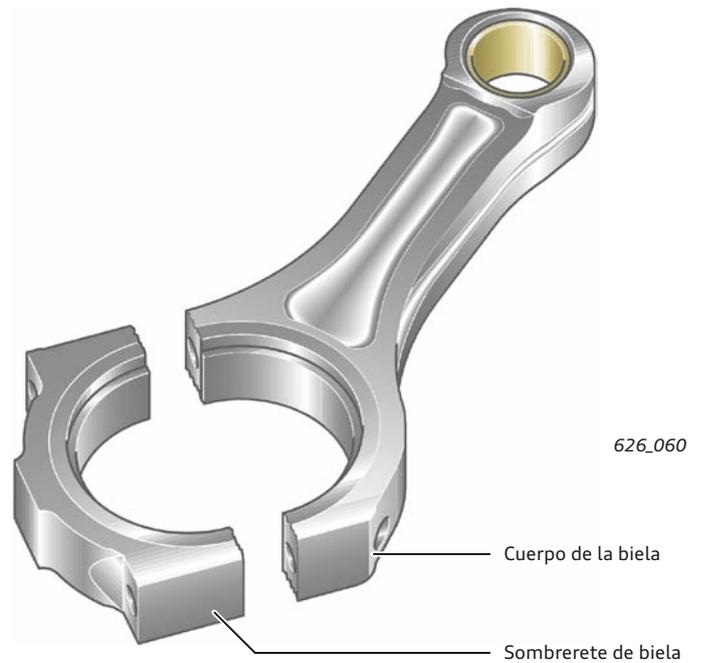
Un pistón con enlace trapecial en combinación con la biela trapecial que corresponde viene a satisfacer ambas exigencias planteadas. En comparación con las combinaciones convencionales de pistones y bielas, la superficie de apoyo en el taladro de la biela y en el bulón del pistón es aquí marcadamente mayor. Con ello se distribuyen mejor las fuerzas de la combustión y se reducen claramente las cargas a que se someten los componentes.



626_057

Bielas con división oblicua

En algunos motores en V se aplican bielas con división oblicua. Esta arquitectura permite montar el cuerpo de la biela sin el sombrerete a través del cilindro.



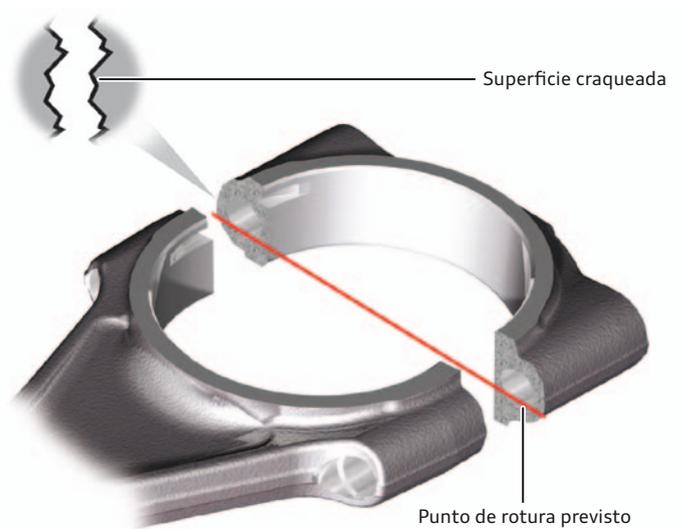
Fabricación

Las bielas se fabrican principalmente en procedimiento de forja. Para la fabricación se aplican diversos materiales, de los cuales resultan diferentes métodos de producción. En una fase siguiente corresponde especial importancia a la separación del sombrerete con respecto al cuerpo de la biela. Aquí se trata de garantizar una alta exactitud de ajuste, lo cual se consigue de una forma excelente por medio del craqueo.

Al craquear la biela, un rayo láser genera un punto de rotura previsto en el que posteriormente se procede a fracturar la biela. Una herramienta de separación ejecuta entonces la fractura específica. Como resultado se obtiene una superficie de ruptura inconfundible. Ambas piezas ajustan entre sí en una sola posición.

Esta tecnología ofrece claras ventajas en comparación con la de corte:

- ▶ Una alta exactitud de ajuste
- ▶ Buen arrastre de fuerza
- ▶ No requiere ayudas adicionales para el centrado.
- ▶ Fabricación más económica, por requerir menos material.



Cojinetes de las bielas

Los muñones del cigüeñal se mecanizan de modo que se consiga una alta exactitud de ajuste en los semicojinetes.



Nota

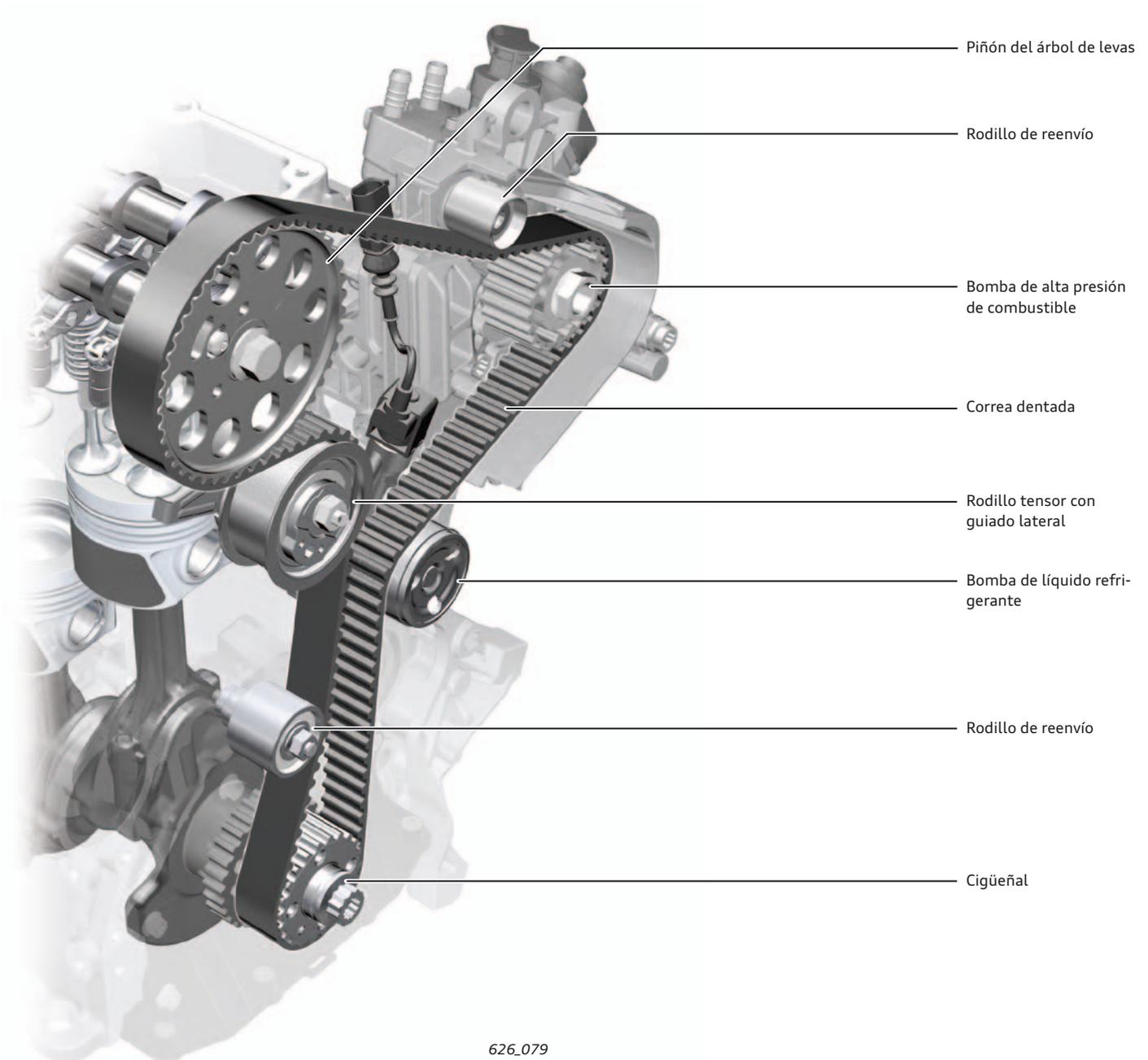
Para diagnosticar sonoridad de golpeteo se puede reducir la presión de la combustión desacoplando el conector de una bujía o de un inyector (en motores Diesel). De ese modo se puede diagnosticar un posible daño en la biela del cilindro que corresponde.

Sistema de la correa dentada

El accionamiento de los árboles de levas puede realizarse, entre otras cosas, por medio de correas dentadas. En la llamada "distribución de correa dentada" se utilizan correas de material plástico, para comunicar entre sí los árboles de levas y el cigüeñal. Un rodillo tensor se encarga de mantener continuamente tensa la correa y de que funcione por ello de forma segura. En la distribución de correa dentada se pueden integrar e impulsar otros accionamientos auxiliares, como p. ej. la bomba de líquido refrigerante. El rodillo tensor y de reenvío tiene una pestaña guía para evitar que la correa dentada se salga lateralmente.

Exigencias planteadas a la distribución de correa dentada:

- ▶ Larga vida útil
- ▶ Poco espacio requerido
- ▶ Peso mínimo
- ▶ Mínima sonoridad generada
- ▶ Cumplimiento de los ángulos de ceñimiento mínimos en las poleas dentadas.
- ▶ Las longitudes de los ramales¹⁾ no deben hallarse dentro de un margen de 75 mm – 130 mm.
- ▶ La correa dentada se tiene que guiar por lo menos con una polea.



¹⁾ Reciben el nombre de ramal las partes de la correa que se encuentran entre las poleas.

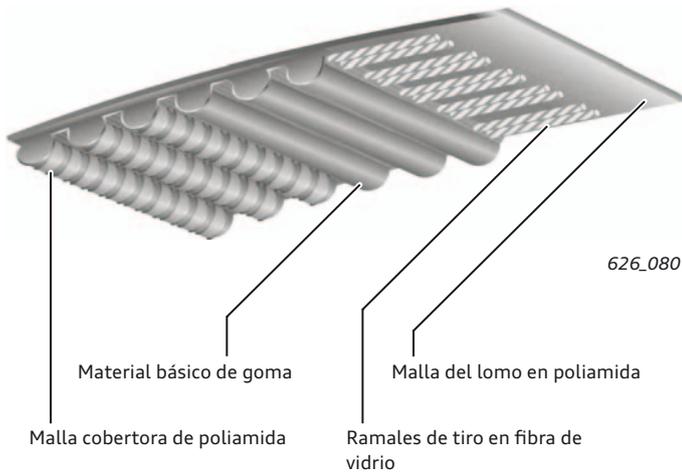


Nota

En caso de haber sonoridad procedente de la zona de la correa dentada hay que comprobar el tensado de la correa con un medidor específico. Aparte de ello hay que verificar el estado de los rodillos tensores y de reenvío. Para la comprobación de la distribución de correa dentada tenga en cuenta las indicaciones proporcionadas en el Manual de Reparaciones.

Estructura de una correa dentada

Una correa dentada consta de varias capas.



Ventajas:

- ▶ Masa reducida
- ▶ Funcionamiento con sonoridad mínima
- ▶ Bajos costes de fabricación
- ▶ No requiere lubricación
- ▶ Accionamiento sencillo
- ▶ Flexibilidad en el guiado de la correa
- ▶ Baja fricción

Inconvenientes:

- ▶ Se puede saltar o rasgar.
- ▶ Presupone un entorno exento de aceite.
- ▶ Los radios de flexión vienen especificados.
- ▶ Se tiene que tener en cuenta el sentido de giro de las correas dentadas que ya han funcionado.
- ▶ Se tienen que mantener los intervalos de sustitución.

Sistemas de tensado de la correa

Los sistemas de tensado de la correa se encargan de establecer el tensado correcto de la polea y con ello un funcionamiento seguro. Hay 3 diferentes sistemas de tensado variantes:

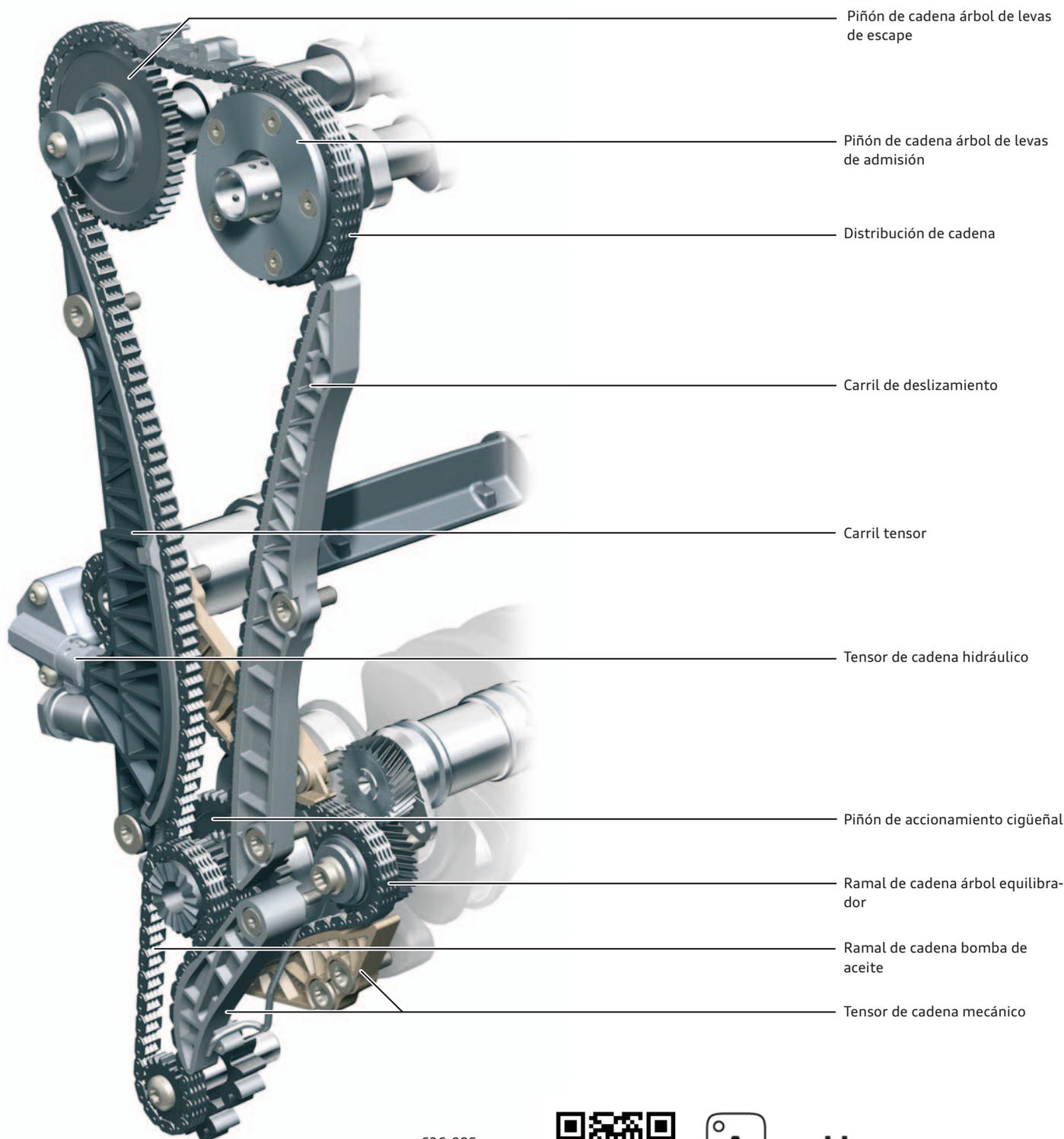
- ▶ Rodillo tensor con excéntrico
- ▶ Tensor compacto mecánico
- ▶ Tensor hidráulico

	Rodillo tensor con excéntrico	Tensor compacto mecánico	Tensor hidráulico
Principio funcional	▶ Rodillo tensor fijo	▶ Rodillo tensor amortiguado por fricción	▶ Rodillo tensor con amortiguación hidráulica
Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> ▶ El tensado de la correa varía en función de la temperatura del motor. ▶ Variación de la longitud de la correa y el desgaste de la correa a lo largo del tiempo en operación. ▶ La correa va perdiendo gradualmente su tensión básica. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Evita la variación de la longitud de la correa a lo largo del tiempo en operación. ▶ Reduce el desgaste de la correa dentada. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La correa dentada se pretensa con un muelle de compresión en el elemento hidráulico, actuando a través de palanca y rodillo tensor. ▶ La amortiguación se realiza en un solo sentido a través de un elemento hidráulico. ▶ La amortiguación con sentido único permite verificar transmisiones de correa con un alto nivel de exigencias planteadas. ▶ La precarga se optimiza.

Distribución de cadena

Otra posibilidad para el accionamiento de los árboles de levas es el de la distribución de cadena. Este concepto se aplica cuando se tienen que transmitir fuerzas más intensas o cubrir mayores distancias. Una cadena transmite aquí el giro del piñón de accionamiento del cigüeñal hacia los piñones de cadena de los árboles de levas. Un tensor hidráulico se encarga de establecer un tensado constante de la cadena. El tensor contribuye sustancialmente a minimizar el desgaste de la cadena.

La cadena se conduce mediante carriles de deslizamiento de material plástico, que mantienen reducida la sonoridad de funcionamiento. Según sea el trayecto de transmisión se pueden aplicar varios tensores de cadena. También la cantidad de los ramales de cadena que se aplican varía según el motor y la cantidad de los grupos auxiliares que se deben accionar. Los accionamientos de cadena para los grupos auxiliares se tensan frecuentemente por medio de elementos mecánicos.



626_085



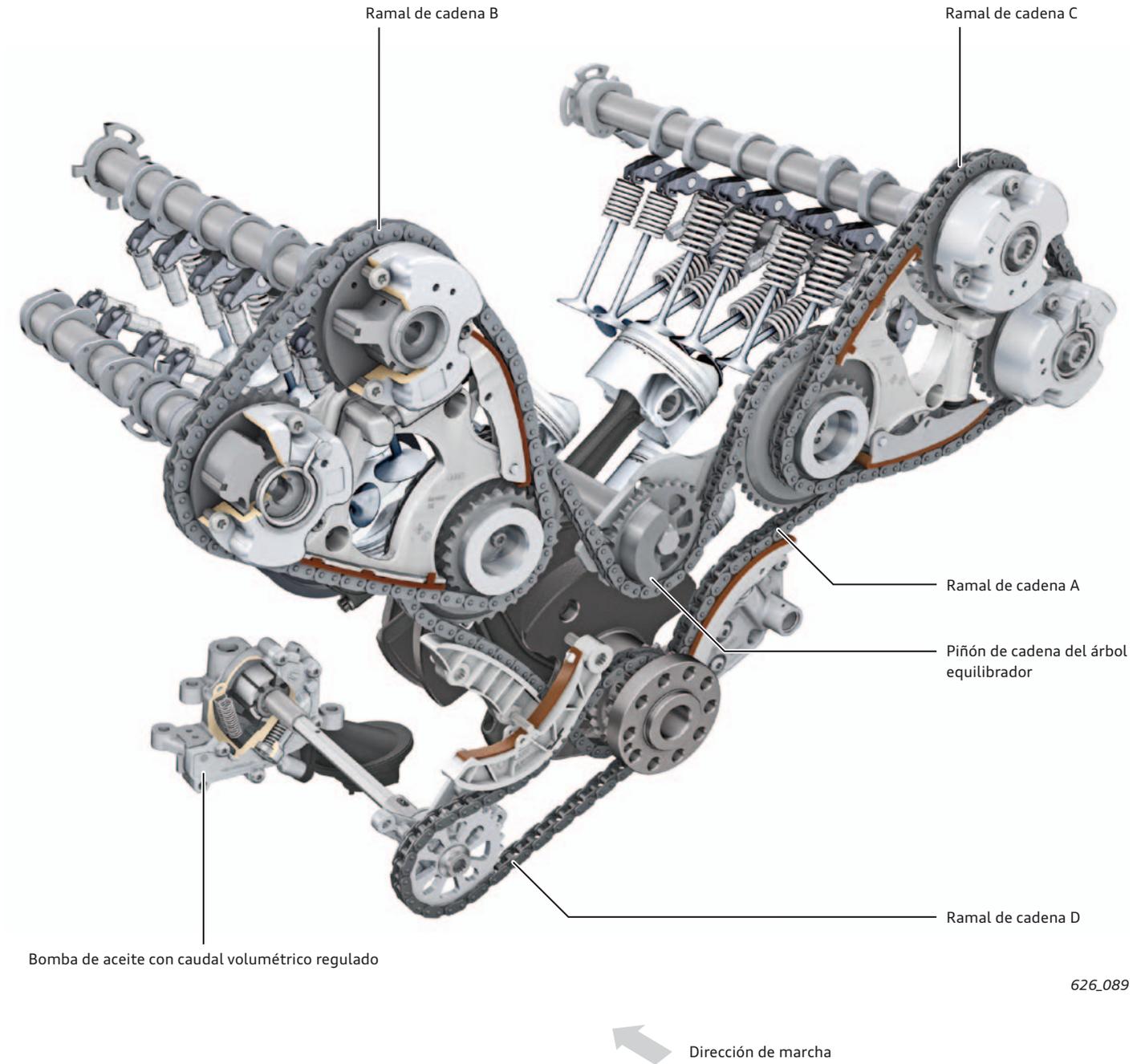
Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la distribución de cadena.

Distribuciones de cadena complejas

Según la complejidad del motor y la cantidad de los grupos auxiliares que se tienen que accionar puede variar la cantidad de los ramales de cadena empleados. Las distribuciones de cadena complejas se utilizan predominantemente en los motores en V y en W.

Elongación de la cadena

En las distribuciones de cadena puede ocurrir el fenómeno de elongación. Se manifiesta por sonoridad en la zona de la distribución de cadena o por pérdidas de potencia. En este caso hay que comprobar la elongación de la cadena con la ayuda del comprobador específico T40182.



626_089

Nota

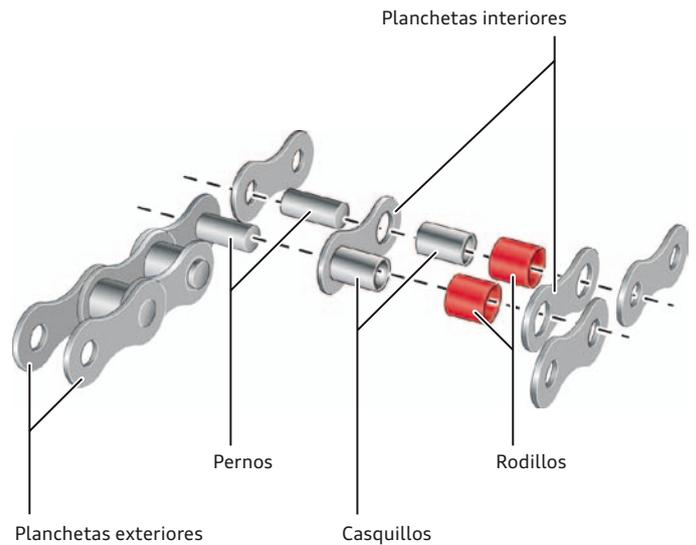
Al comprobar la distribución de cadena, tenga en cuenta las indicaciones que se proporcionan en el Manual de Reparaciones.

Arquitecturas de las cadenas

Según las exigencias planteadas a la distribución de cadena son diferentes tipos de cadenas los que se utilizan. Se dividen en cadenas de rodillos, cadenas de casquillos y cadenas dentadas.

Cadenas de rodillos

Los eslabones de una cadena de rodillos disponen de planchetas interiores y exteriores. Estos dos elementos constituyen el marco del eslabón. Hay pernos que comunican la plancheta interior con la exterior de un eslabón de la cadena. Aparte de ello los pernos intercomunican a los diferentes eslabones de la cadena. Los pernos van alojados en casquillos, los cuales a su vez se alojan en rodillos. Los rodillos ruedan con los casquillos sobre los flancos de los dientes del piñón de cadena. De esta forma es siempre un punto diferente en la circunferencia el que produce el ataque. El lubricante entre los rodillos y casquillos contribuye a amortiguar la sonoridad y el golpeteo.



626_090

Cadenas de casquillos

La estructura de una cadena de casquillos se diferencia de la de una cadena de rodillos únicamente por la particularidad de que se renuncia a la aplicación de los rodillos. En el caso de esta arquitectura los flancos de los dientes del piñón para la cadena siempre establecen el contacto físico hacia el mismo sitio de los casquillos. Por ello corresponde una especial importancia a la perfecta lubricación de este tipo de distribuciones de cadena. Las cadenas de casquillo presentan un menor desgaste en las articulaciones.

Cadenas dentadas

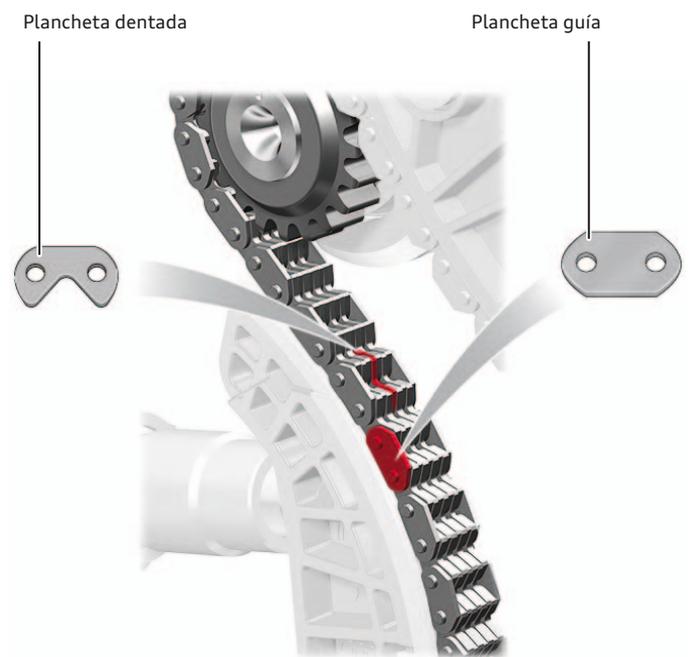
La cadena dentada corresponde a una arquitectura con unas prestaciones particularmente altas. Las fuerzas se transmiten aquí por medio de planchetas dentadas. Van dispuestas una tras otra, es decir, en varias capas y decaladas. Hay planchetas guía laterales para evitar que se salga la cadena. En comparación con las cadenas convencionales de rodillos o de casquillos, la cadena dentada ofrece ventajas esenciales:

Ventajas:

- ▶ Requiere menos espacio.
- ▶ Desgaste reducido
- ▶ Larga vida útil
- ▶ No requiere mantenimiento.
- ▶ Es posible transmitir fuerzas intensas.
- ▶ Son posibles unas velocidades más altas.

Inconvenientes:

- ▶ Sonoridad de funcionamiento
- ▶ Un mayor peso
- ▶ Requiere lubricación
- ▶ Necesita una cubierta compleja



626_091

Sistemas de tensado de cadenas

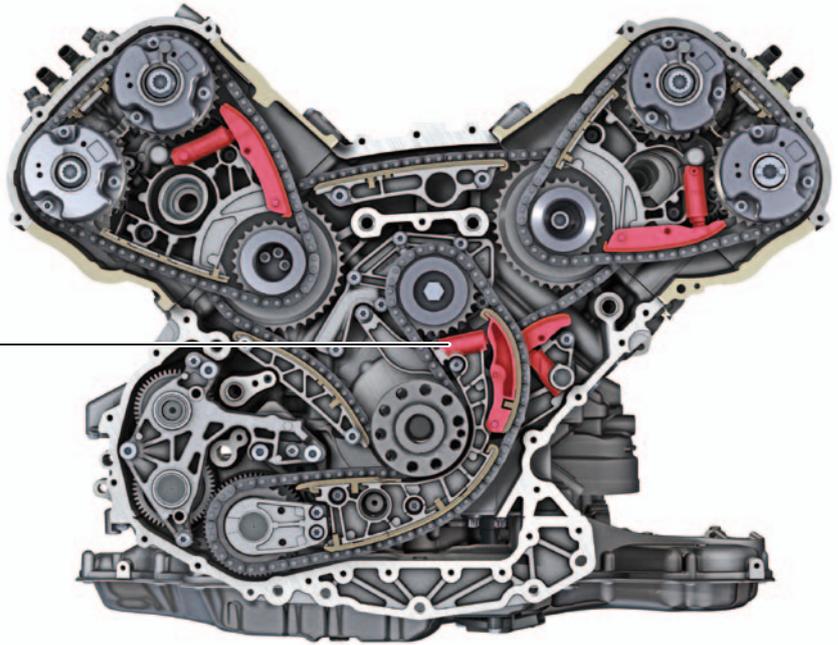
Los sistemas de tensado de las cadenas asumen una serie de funciones en la distribución. La función principal consiste en pretensar la cadena de distribución en todas las condiciones operativas, dentro del ramal vacío, bajo una carga definida. También se tiene que mantener constante la precarga al elongarse los ramales de cadena por el desgaste del funcionamiento. Los tensores de cadena disponen de elementos amortiguadores que reducen las oscilaciones.

Para más seguridad se incluyen en algunos motores los sistemas de tensado de las cadenas dotados de segmentos dentados. Éstos evitan que se reduzca el tensado de la cadena si está aplicada una presión demasiado escasa del aceite de motor. Si el tensado de la cadena es insuficiente puede suceder que la cadena se salte en el piñón y provoque así un daño en el motor. Los sistemas de tensado para las cadenas se subdividen por el modo de generar la precarga, en sistemas de tensado por presión y por tracción.

Sistemas de tensado de cadenas por presión

En los sistemas de tensado de este tipo se oprime la cadena de distribución de dentro hacia fuera, para pretensarla.

Sistema de tensado de cadenas por presión

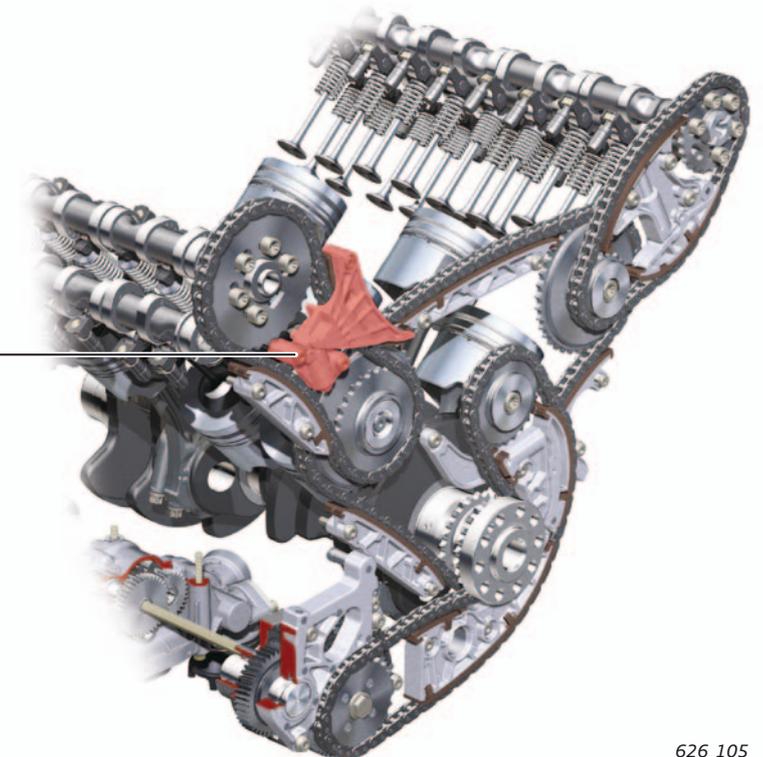


626_104

Sistemas de tensado de cadenas por tracción

El sistema de tensado tira aquí de la cadena de distribución de fuera hacia dentro, para pretensarla.

Sistema de tensado de cadenas por tracción



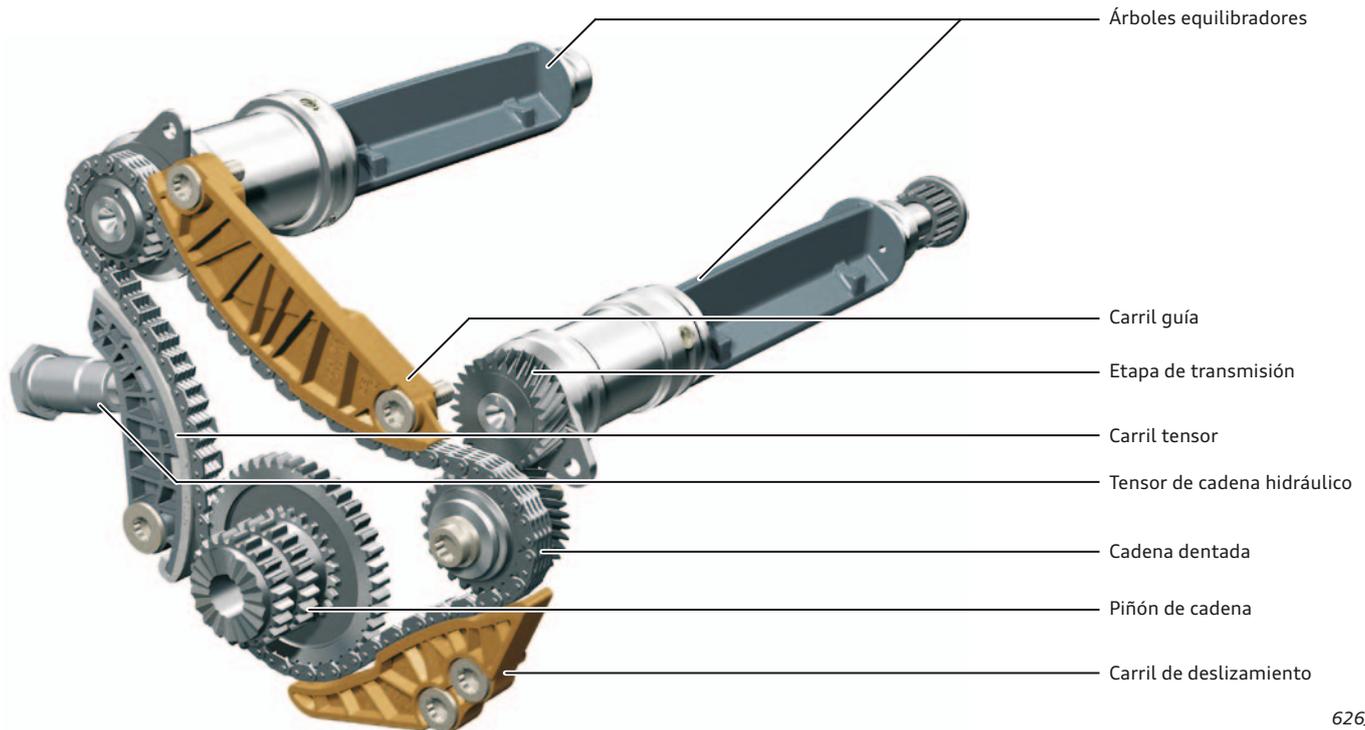
626_105

Árboles equilibradores

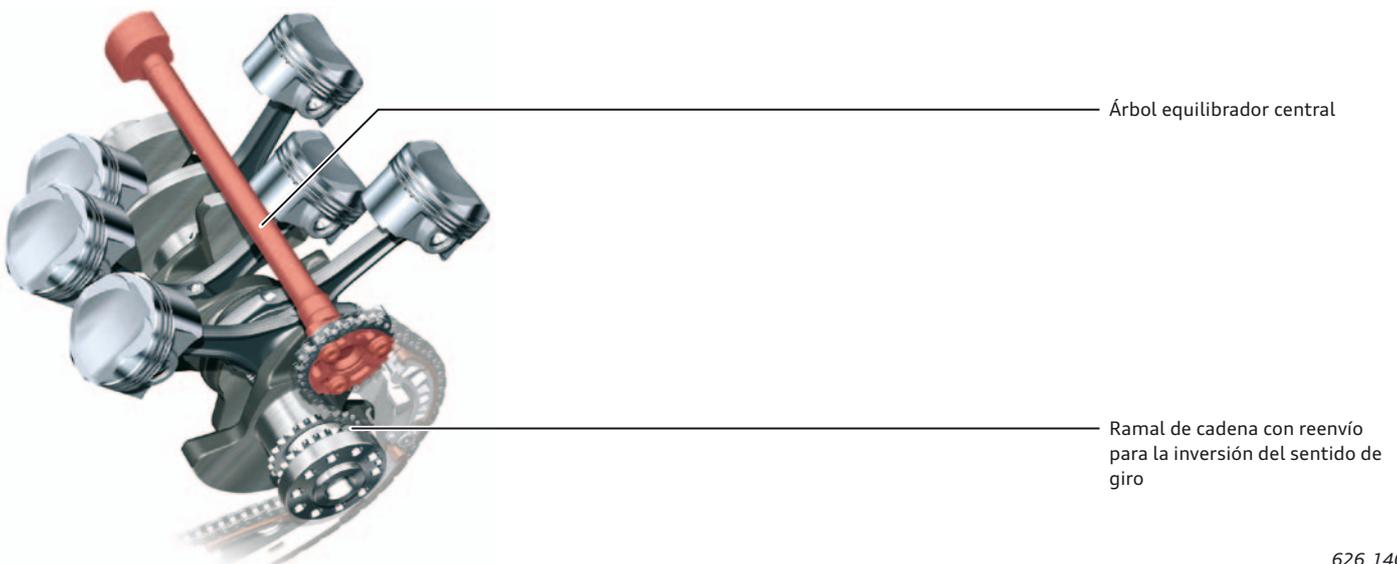
Durante el funcionamiento de un motor intervienen diferentes fuerzas y pares. Ponen a oscilar el motor y determinan con ello principalmente la suavidad de marcha y la sollicitación a que se someten los componentes. Si por un alojamiento insuficiente del motor se transmiten las oscilaciones hacia la carrocería, el confort de marcha declina de un modo considerable. Las fuerzas que intervienen durante el funcionamiento se diferencian por fuerzas de primer orden y fuerzas de 2º orden. Las fuerzas de primer orden son fuerzas de masa, que se generan por centrifugación en componentes rotativos. Estas fuerzas las puede compensar el cigüeñal por completo por medio de contrapesos y un acodamiento específico.

Las fuerzas de 2º orden, en cambio, se tienen que compensar por medio de medidas especiales. A esta categoría pertenecen las fuerzas que se originan por movimientos alternativos de traslación de los componentes asociados al mecanismo del cigüeñal. Una medida correctiva viene dada aquí por la implantación de árboles equilibradores. Los árboles equilibradores se accionan en la mayoría de los casos por medio del cigüeñal a través de piñones o de un ramal de cadena. Trabajan al doble del régimen del cigüeñal; un árbol equilibrador gira en el mismo sentido del cigüeñal y el 2º árbol equilibrador gira en sentido opuesto accionado por un piñón intermedio.

Compensación de oscilaciones mediante 2 árboles equilibradores



Compensación de oscilaciones mediante un árbol equilibrador central



Nota

Los árboles equilibradores se tienen que montar en posición correcta en el mecanismo del cigüeñal.

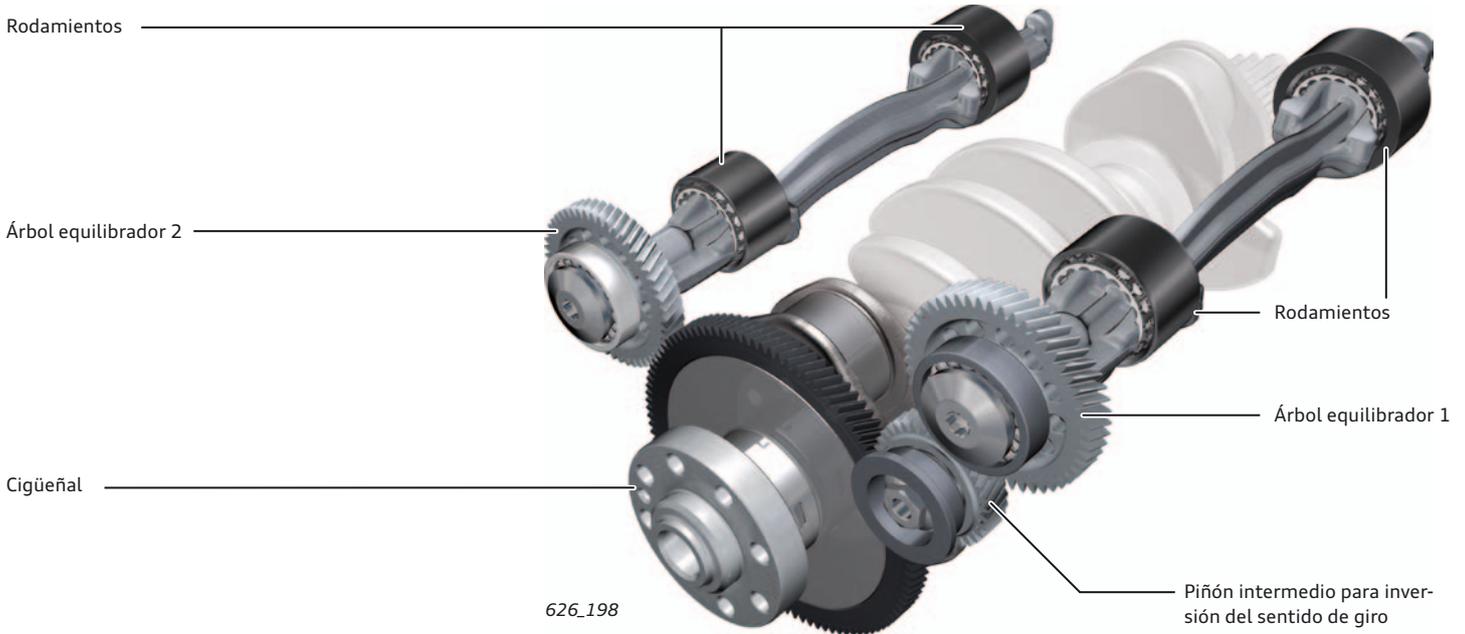
Módulo de equilibrado rotacional

Los árboles equilibradores pueden ir instalados directamente en el bloque o bien integrados por separado en un módulo de equilibrado rotacional.

Módulo de equilibrado rotacional en el EA288

En el EA288 se aplica un sistema de árboles equilibradores que se dispone en el bloque, por encima del cigüeñal. El accionamiento a partir del cigüeñal se realiza por el lado de la salida de fuerza, mediante piñones con dentado helicoidal.

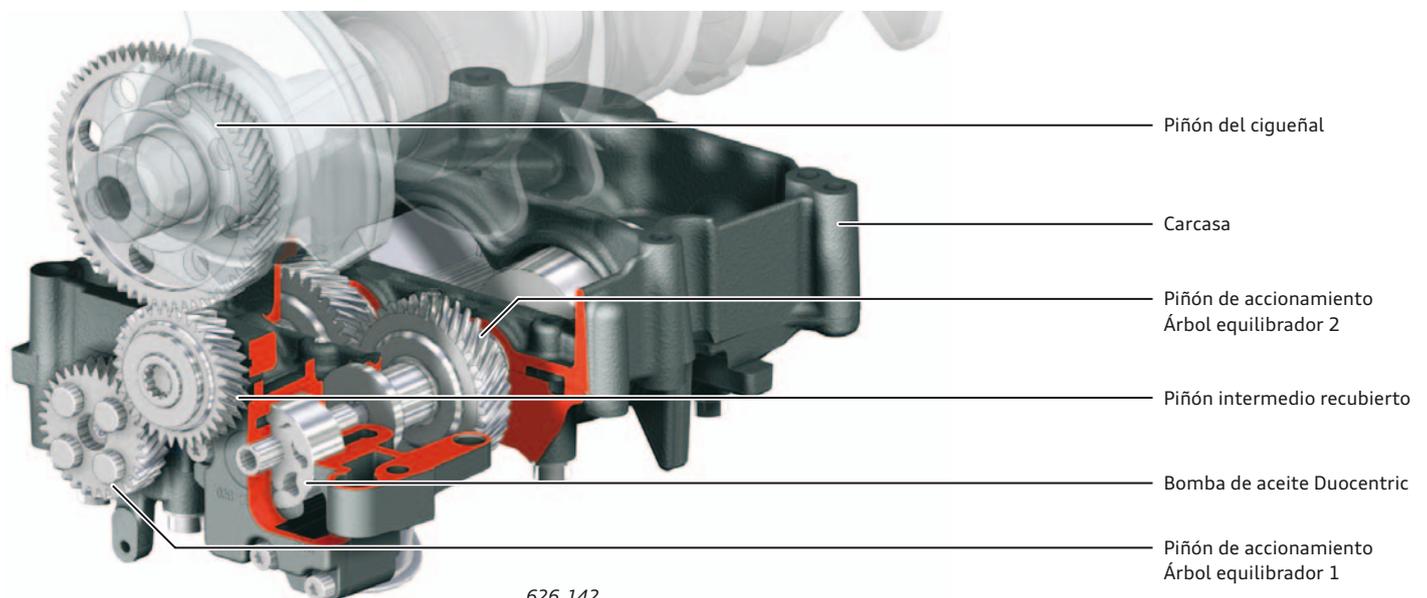
El alojamiento radial y axial de los árboles y del piñón intermedio se establece por medio de rodamientos. Los cojinetes se lubrican con el aceite nebulizado procedente del bloque.



Estructura

El módulo de equilibrado rotacional, por ejemplo en el motor 2.0l TDI, se instala por debajo del cigüeñal, en el cárter de aceite. Se acciona desde el cigüeñal por medio de una correa dentada. El módulo consta de una carcasa de fundición gris, 2 árboles equilibradores contrarrotantes, el engranaje de transmisión con dentado helicoidal y la bomba de aceite Duocentric integrada. El giro del cigüeñal se transmite sobre el piñón intermedio en la parte exterior de la carcasa. Éste acciona al árbol equilibrador 1.

A partir de este árbol equilibrador se retransmite entonces el giro a través de una pareja de engranajes dentro de la carcasa hacia el árbol equilibrador 2 y la bomba de aceite Duocentric. El accionamiento de ruedas dentadas está diseñado de modo que los árboles equilibradores giren al doble del régimen del cigüeñal. El juego entre los flancos de los dientes del accionamiento de ruedas dentadas se ajusta con la ayuda de un recubrimiento específico en el piñón intermedio. Este recubrimiento se desgasta con la puesta en funcionamiento del motor y da por resultado un juego definido entre los flancos de los dientes.



Culata

La parte superior de la cámara de combustión viene configurada por la culata. En los motores en V cada bancada de cilindros posee una culata propia. La culata va unida fijamente al bloque por medio de varios tornillos (tornillos de la culata).

Una junta intercalada en la culata establece el sellado fiable de las cámaras de combustión. También sella los conductos de líquido refrigerante y aceite. La tapa de culata atornillada constituye el remate superior.

Fabricación

Las culatas se fabrican casi exclusivamente en procedimiento de fundición. Para la colada se utilizan unos machos especiales que vienen a configurar los espacios destinados al líquido refrigerante. Los materiales que se utilizan son aluminio o también hierro fundido. La estructura fundamental y numerosos componentes son iguales en todos los motores.

Según el tipo de motor hay componentes de otros sistemas parciales del motor situados en la culata, como por ejemplo:

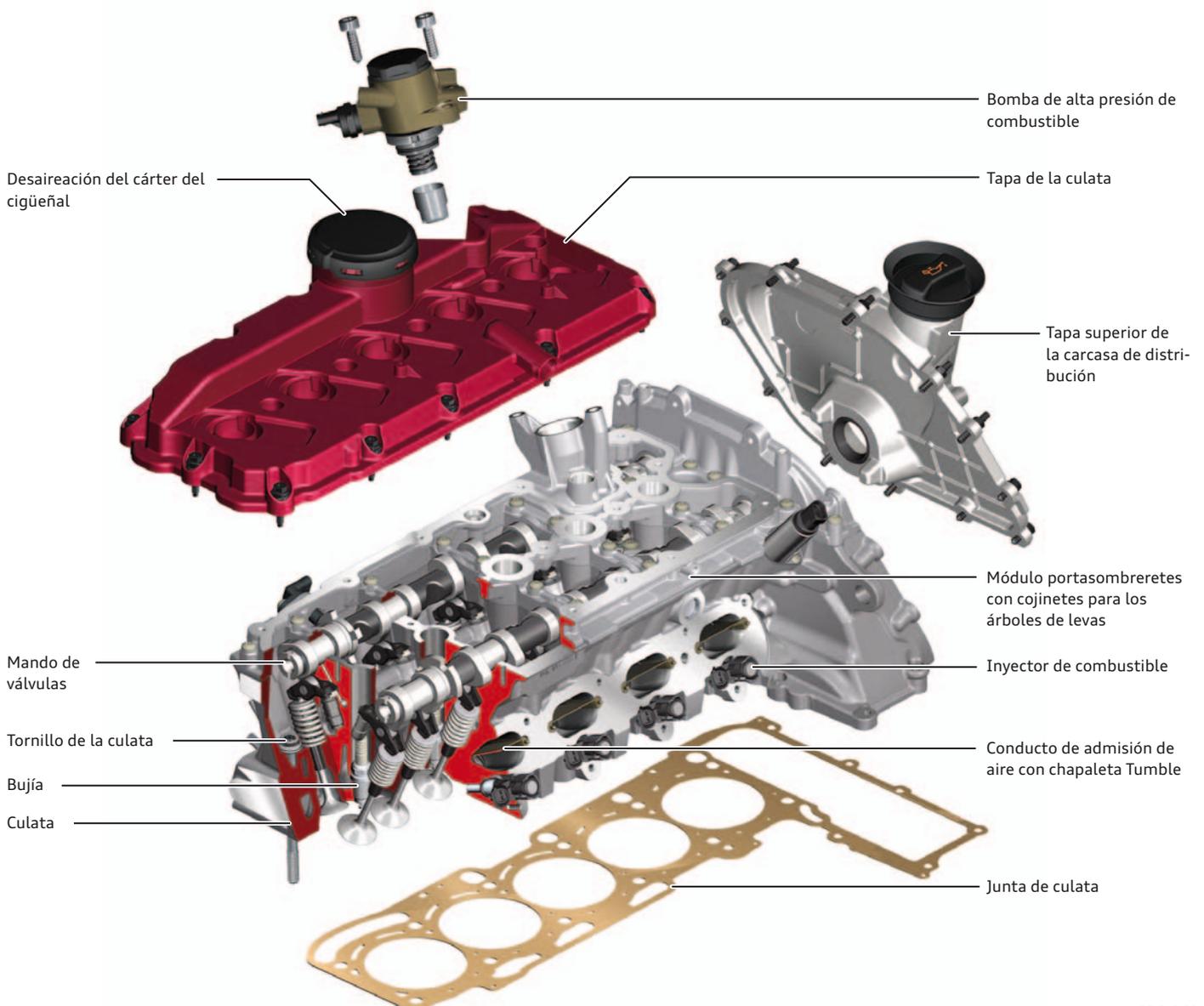
- ▶ Sistema de combustible
- ▶ Distribución del motor y reglaje del árbol de levas
- ▶ Sistema de encendido
- ▶ Alimentación de aire y sobrealimentación
- ▶ Sistema de refrigeración
- ▶ Desaireación del cárter del cigüeñal
- ▶ Alimentación de aceite

Procedimientos de fundición aplicados:

- ▶ Fundición en arena
- ▶ Fundición en coquilla
- ▶ Procedimiento Lost Foam (procedimiento de molde integral)
- ▶ Procedimiento de fundición a presión

Cuadro general

(culata de un motor de 5 cilindros en línea)



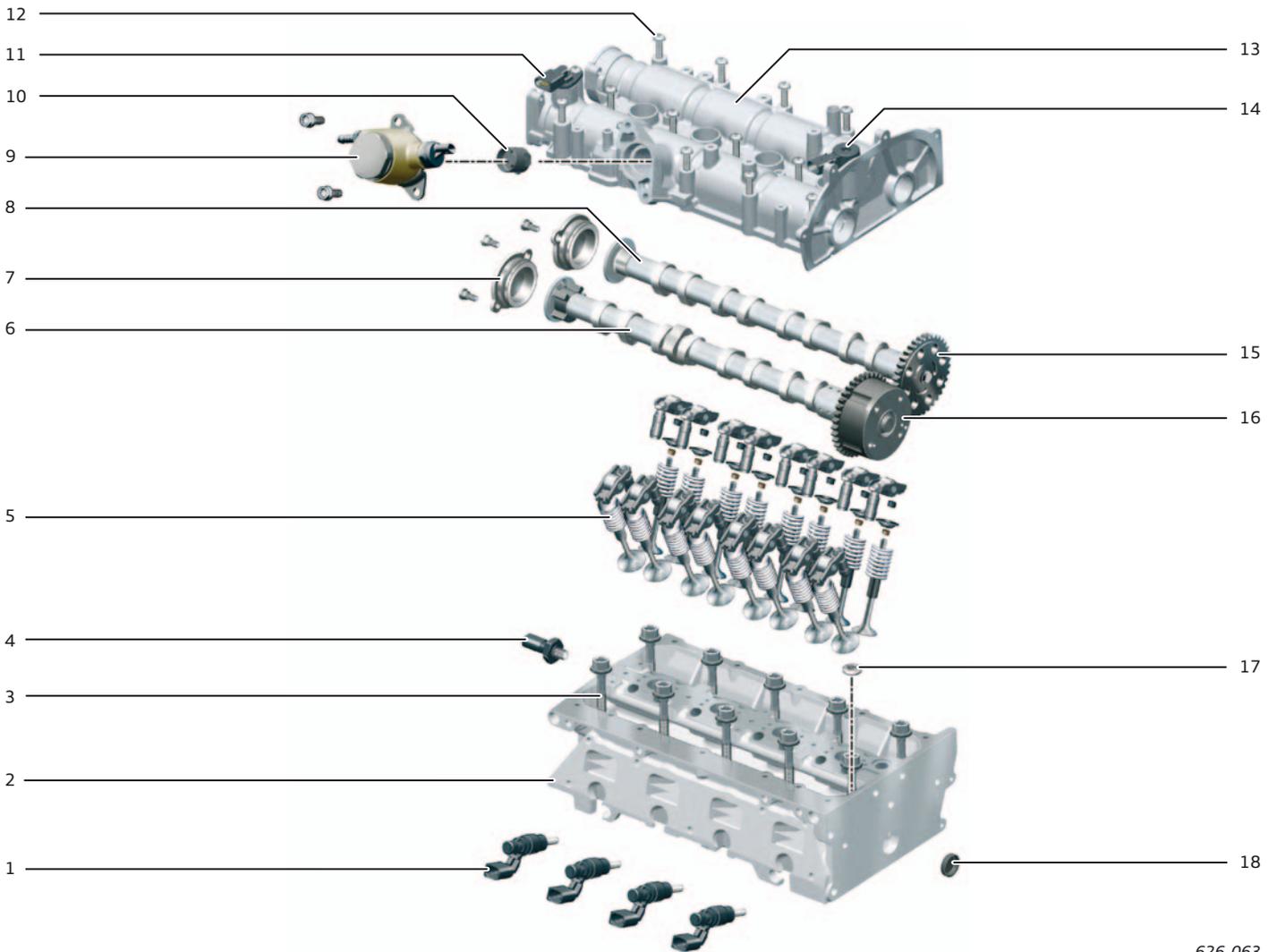
Desglose

Las culatas se pueden clasificar de acuerdo con las características siguientes:

- ▶ Motores atmosféricos (de carburador) o motores de inyección (sin carburador)
- ▶ Motores de cuatro tiempos (con 2, 4 ó 5 válvulas)
- ▶ Motores de gasolina (con bujías) e inyectores
- ▶ Motores Diesel con bujías de precalentamiento e inyectores
- ▶ Árbol de levas en el bloque o en cabeza
- ▶ Árboles de levas simples o dobles, separados como árboles de levas de admisión y de escape
- ▶ Culata de flujo transversal

Componentes en la culata

(a título de ejemplo, en una culata de un motor de 4 cilindros FSI)



626_063

Leyenda:

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | Inyectores N30 – N33 | 14 | Válvula 1 para distribución variable N205 |
| 2 | Culata | 15 | Piñón de cadena del árbol de levas |
| 3 | Tornillo de culata | 16 | Reglaje de árbol de levas |
| 4 | Manocontacto de aceite F1 | 17 | Tamiz de aceite |
| 5 | Mando de válvulas | 18 | Tapa de cierre (tapón protector anticongelación) |
| 6 | Árbol de levas de admisión | | |
| 7 | Tapa de cierre | | |
| 8 | Árbol de levas de escape | | |
| 9 | Bomba de alta presión de combustible | | |
| 10 | Taqué de rodillo (accionamiento de la bomba) | | |
| 11 | Sensor Hall G40 (detección de la posición del árbol de levas) | | |
| 12 | Tornillos abridados cilíndricos | | |
| 13 | Tapa de la culata | | |



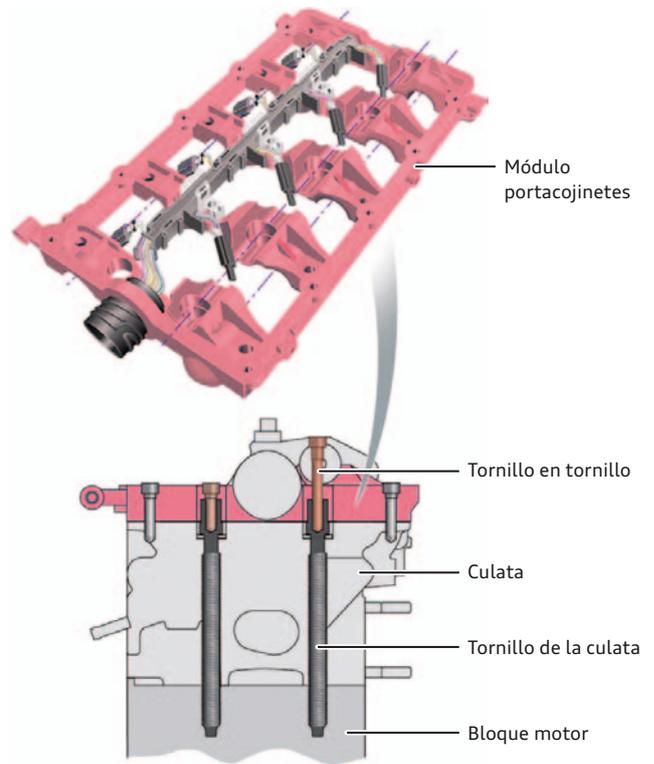
Escanee el código QR para enterarse de más detalles sobre la estructura de la culata.

Sistema de unión atornillada

Una culata va fijada básicamente por la vía directa con el bloque mediante uniones atornilladas. Estas uniones se establecen con tornillos de dilatación, que se tienen que someter a un apriete dinamométrico y goniométrico.

Unión de "tornillo en tornillo" (ver figura)

El módulo portacojinetes va fijado con las dos filas interiores de tornillos por medio de una unión llamada "tornillo en tornillo" directamente en las cabezas de los tornillos de la culata. Este sistema es particularmente compacto y permite establecer una distancia particularmente corta entre los cilindros. Este principio se aplica por ejemplo en los motores de 4 cilindros con inyector-bomba.

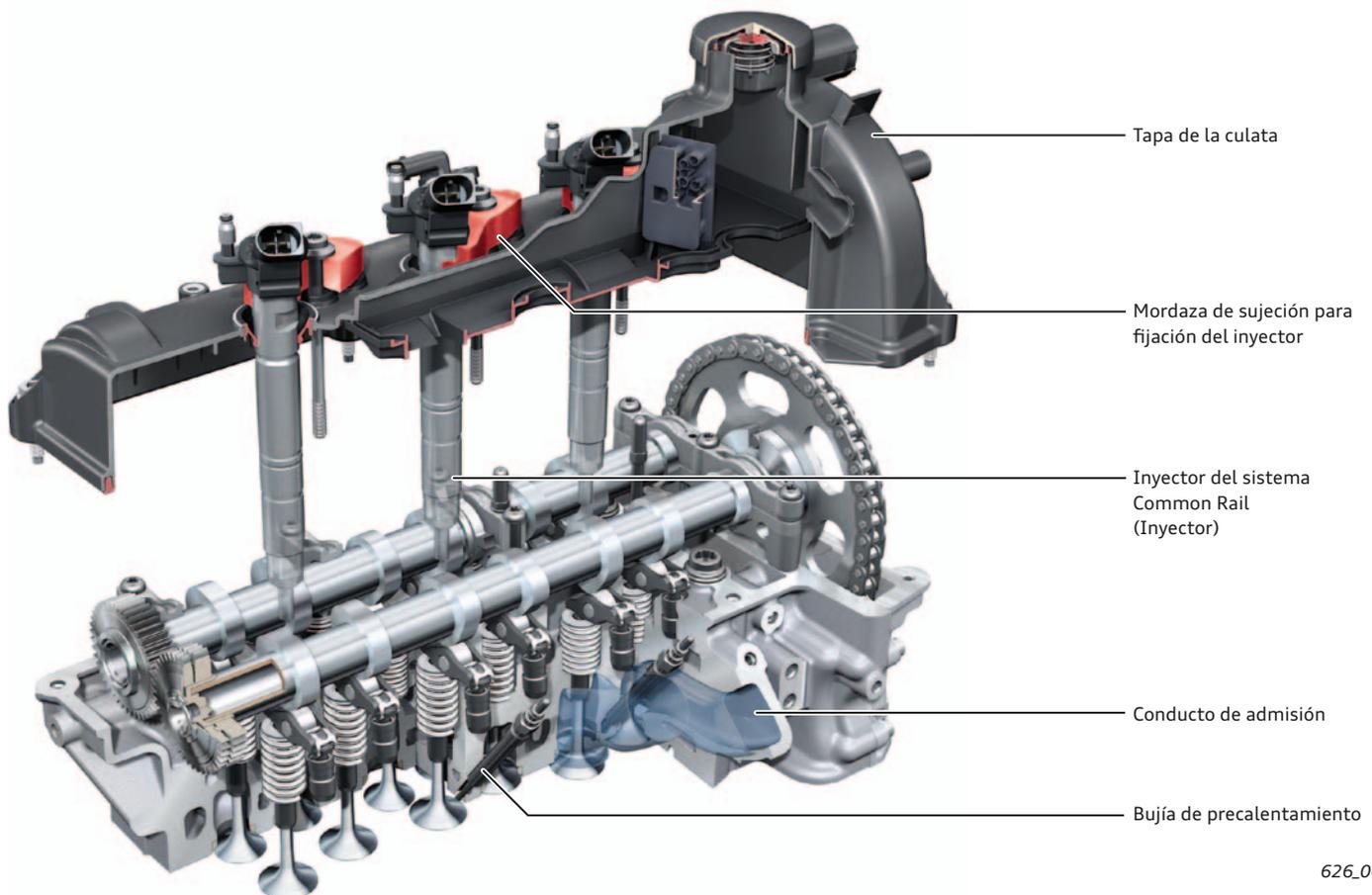


626_066

Culatas en motores Diesel

En comparación con la culata de un motor de gasolina, las culatas en los motores Diesel presentan algunas particularidades. Así por ejemplo, las bujías de precalentamiento van dispuestas en la culata de todos los motores Diesel.

En un motor Diesel con sistema de inyección Common Rail los inyectores se fijan con mordazas de sujeción en la culata. Además de ello, en la culata de algunos motores Diesel se encuentra una bomba de depresión con accionamiento mecánico, que alimenta la depresión para otros sistemas parciales.



626_065

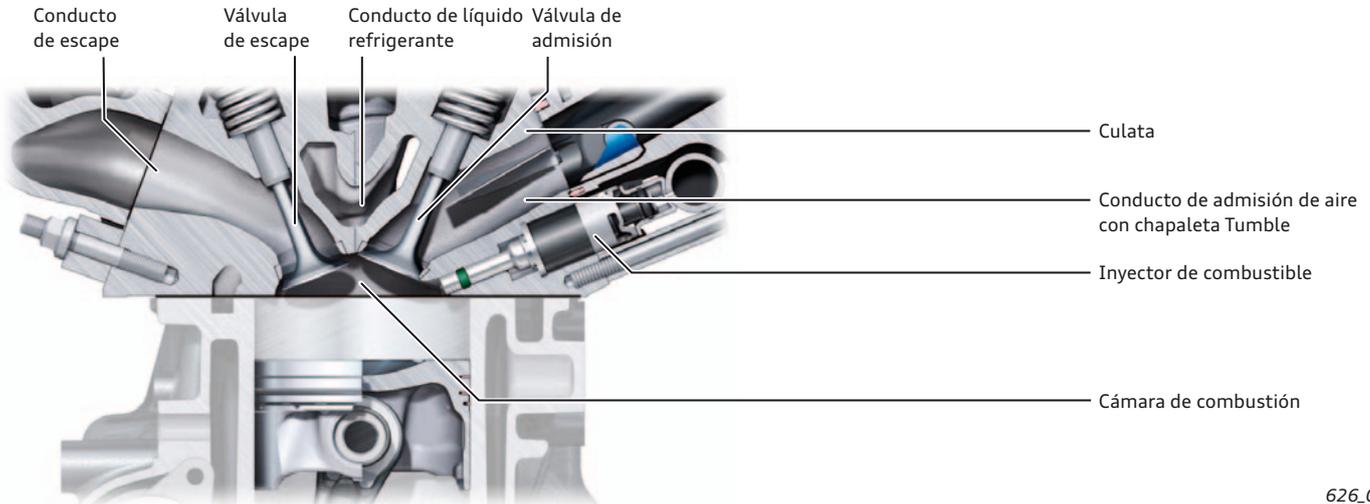
Zonas y sistemas integrados

Los cilindros de un motor se cierran hacia arriba por medio de la culata, la cual forma parte así de la cámara de combustión. En estas zonas se encuentran las válvulas para el intercambio de los gases y los inyectores o bien las bujías.

La geometría de la cámara de combustión viene determinada esencialmente por el modo de trabajo del motor y la cantidad de válvulas que lleva, porque éstas pueden tener formas muy diferentes.

En el interior de la culata hay diferentes espacios previstos para medios operativos y para la alimentación de los cilindros. Pertenecen a ellos:

- ▶ Conductos de líquido refrigerante
- ▶ Conductos de admisión y escape
- ▶ Conductos de aceite

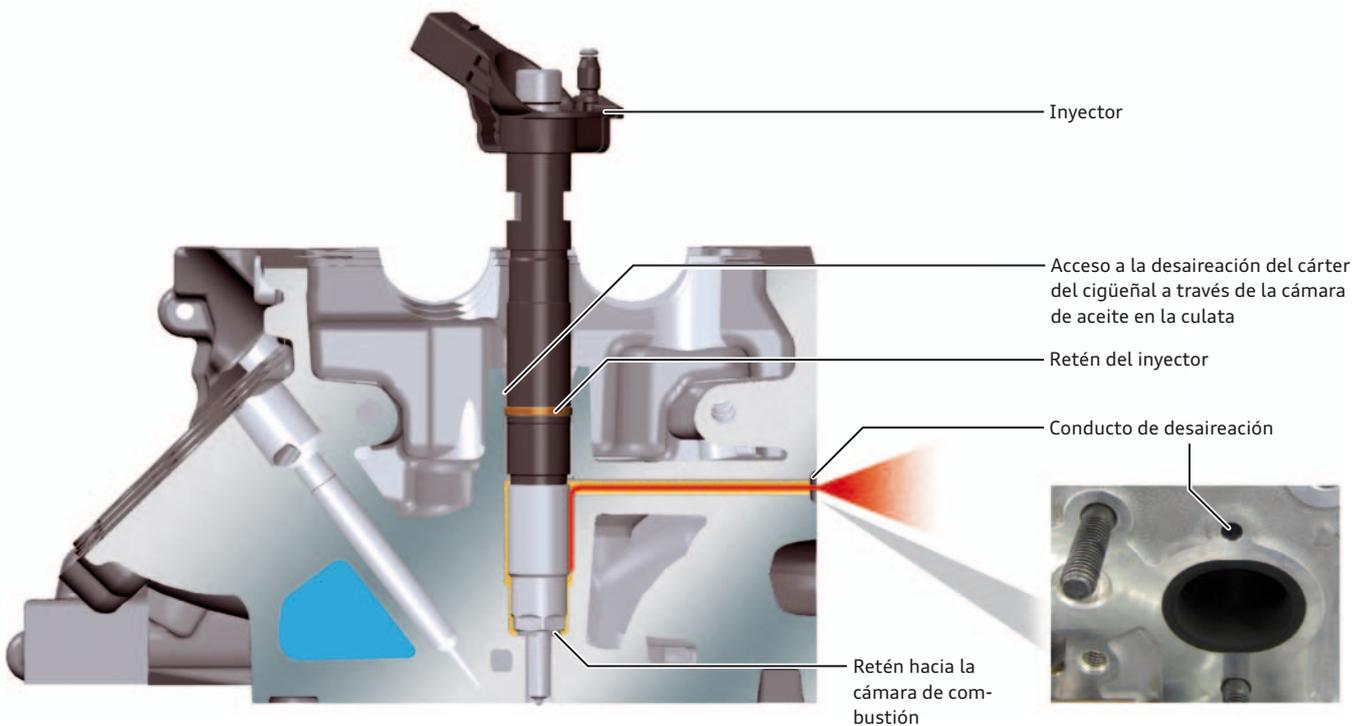


626_067

Conducto de desaireación en la culata de motores Diesel

En caso de ocurrir fugas en la zona del retén de cobre del inyector la presión de la combustión puede escapar de la cámara a través de un conducto. El conducto de desaireación va implantado en la culata por encima del colector de escape.

Evita que la presión excesiva de la cámara de combustión pase a través de la desaireación del cárter del cigüeñal hacia el lado del turbocompresor de escape y cause fallos en el funcionamiento o dañe los anillos de junta.



626_233



Nota

Si ocurren inestabilidades en el conducto de desaireación hay que comprobar primero el retén del inyector y sustituirlo si es necesario.

Conductos de líquido refrigerante

En una culata refrigerada por líquido hay numerosos conductos de refrigeración dispuestos sobre todo en torno a la muy caliente cámara de combustión y a las cajas de alojamiento para los inyectores. Están comunicados con la cámara de líquido refrigerante del bloque motor a través de la junta de la culata.

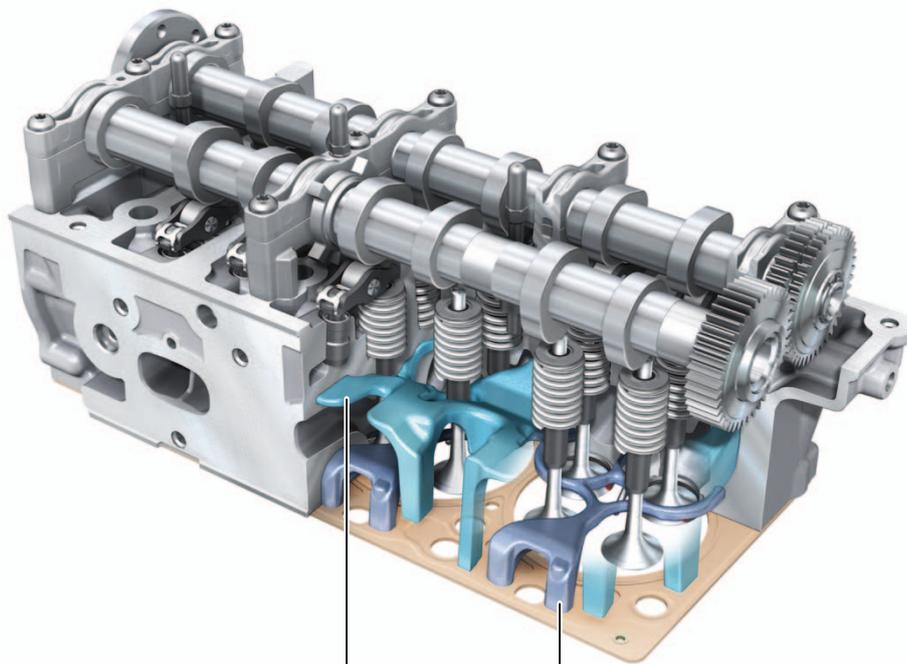
Para el motor V6 biturbo se ha desarrollado una culata con la cámara de líquido refrigerante dividida en 2 partes, para actuar así en contra de las mayores cargas térmicas que intervienen.

Con esta configuración resulta posible conducir un mayor caudal volumétrico de líquido refrigerante a través de la cámara inferior, que es la encargada de refrigerar las zonas entre las válvulas y los asientos de los inyectores.

Se ha conservado el principio de la refrigeración de flujo transversal, así como la refrigeración regulada a través de la gestión térmica y separada entre culata y bloque del motor básico.

La cámara de líquido refrigerante está dividida en una zona superior y una inferior; la cámara superior está ajustada para un menor caudal volumétrico a través de taladros de paso calibrado en la junta de la culata. Ambas cámaras de líquido refrigerante se alimentan desde el bloque a través de conductos por separado.

La refrigeración de las almas entre los cilindros se realiza, igual que en el motor básico, a partir de la culata – a manera de declive se utiliza la diferencia de presiones entre las cámaras de líquido refrigerante superior e inferior.



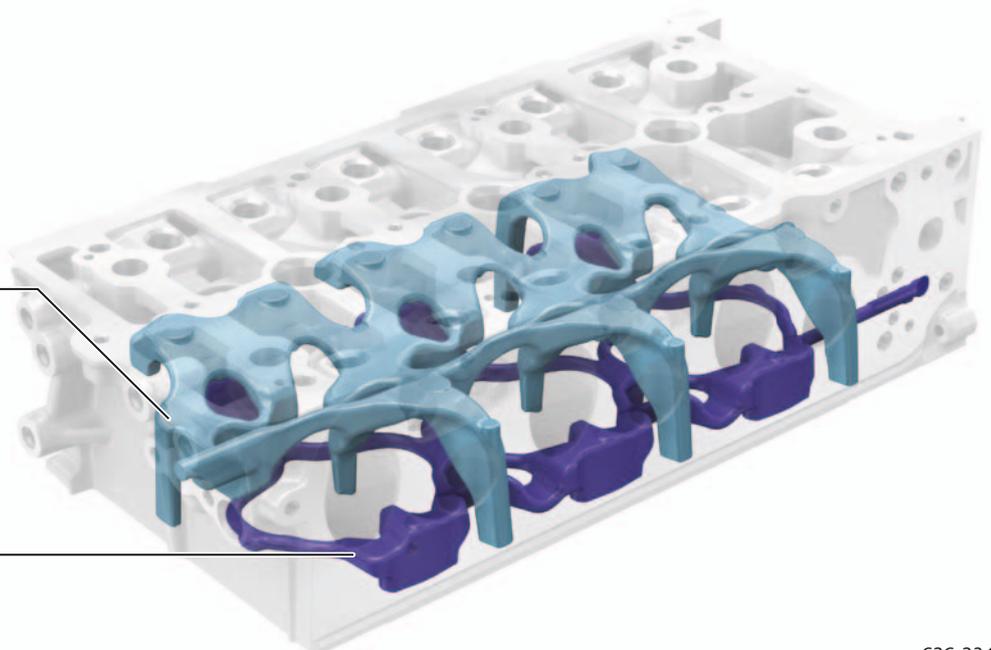
Cámara superior para líquido refrigerante

Cámara inferior para líquido refrigerante

626_068

En la cámara superior para líquido refrigerante se limita el caudal del líquido por medio de un paso calibrado.

Cámara inferior para líquido refrigerante; se alimenta a partir de los conductos de los cilindros en el bloque, para contar con una alta disipación del calor en la zona próxima a la cámara de combustión.



626_234

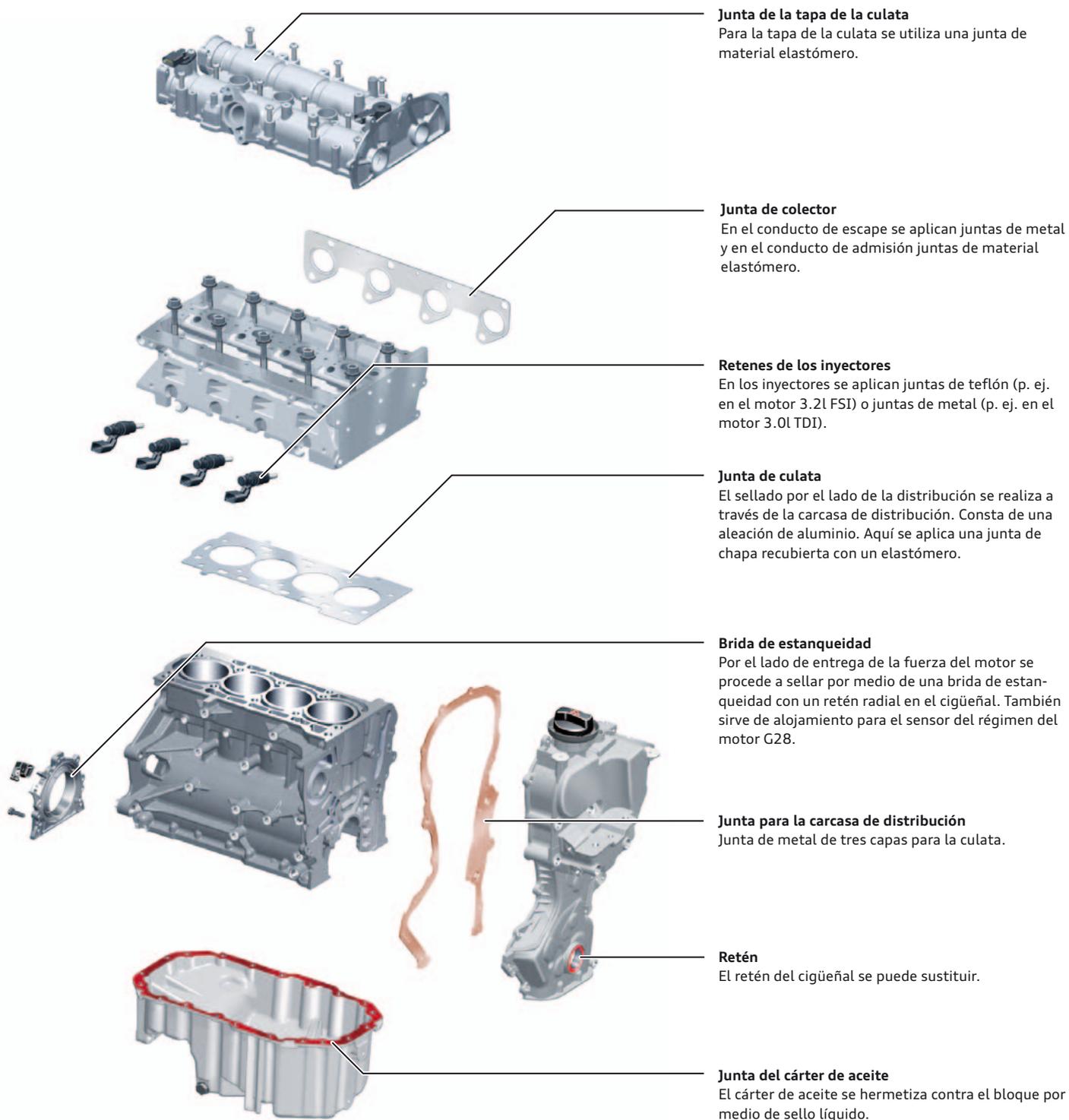
Juntas en el motor

En los motores de combustión se utilizan juntas en numerosas variantes y en muy diferentes composiciones de los materiales. Las juntas asumen principalmente la función de separar los diferentes medios en el motor, como son los gases, el líquido refrigerante y el aceite, y sellar hacia fuera. Durante toda la vida útil del automóvil tienen que soportar la acción de medios agresivos, altas presiones y temperaturas.

Sin embargo, las juntas también se utilizan para la transmisión de fuerza; así p. ej., la junta de la culata, entre el bloque y la culata, posee influencia considerable en el reparto de las fuerzas dentro de todo el sistema de tensado y las deformaciones causadas por ello en los componentes.

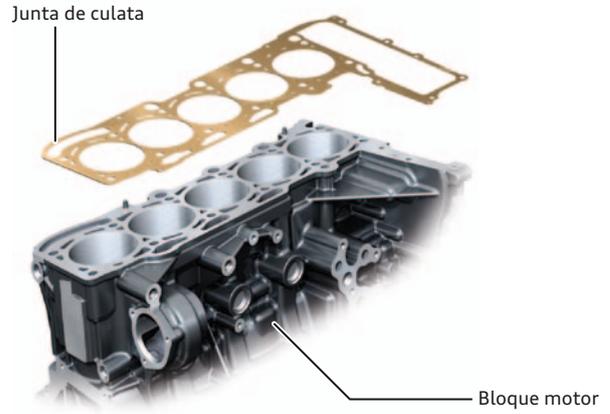
Cuadro general

(a título de ejemplo en el motor 1.4l TFSI, EA111)



Junta de culata

La junta de la culata establece el sellado entre la culata y el bloque motor para las cámaras de combustión así como para los conductos de líquido refrigerante y de aceite. A ello se añade la particularidad de que la junta de la culata asume un efecto estabilizador en algunos propulsores.

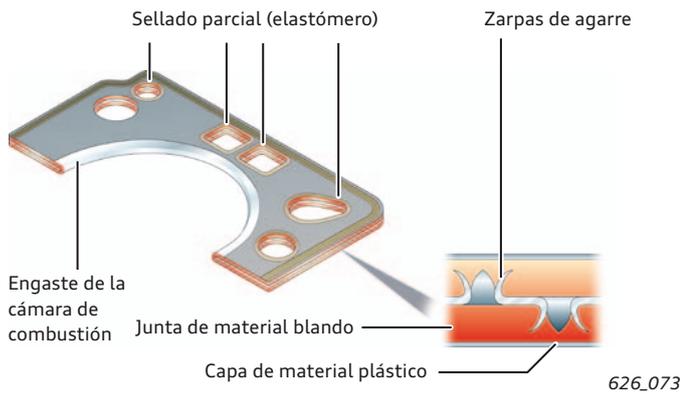


626_072

Arquitecturas

Juntas metálicas de material blando

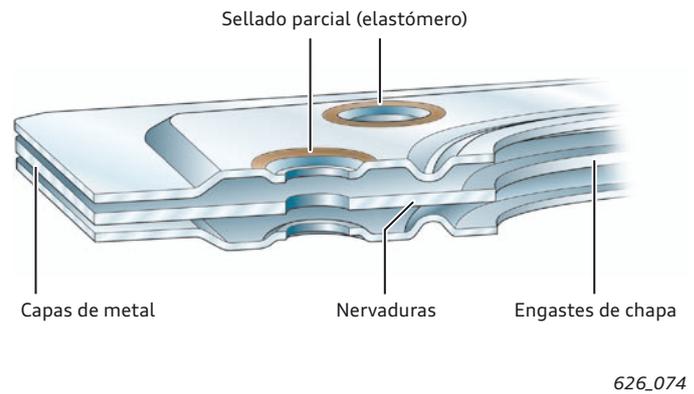
En algunos motores de gasolina se utilizan juntas metálicas de material blando. Su base está constituida por una chapa soporte de metal. Lleva zarpas de agarre, que sostienen a la junta de material blando dispuesta por ambos lados. Al apretar los tornillos de la culata el material blando se deforma y establece así un buen efecto de sellado. Inconveniente de esta arquitectura: altas temperaturas y oscilaciones intensas pueden provocar una reducción del efecto de prensado en la zona de la junta.



626_073

Juntas de culata de metal en varias capas

Las juntas de culata en metal de varias capas constan, como lo dice su nombre, de varias capas de metal. Entre ellas hay nervaduras y engastes de chapa. Los pasos para líquidos van engastados con un recubrimiento de material elastómero. Esta arquitectura garantiza óptimas propiedades de sellado, incluso al intervenir cargas intensas. Aparte del empleo predominante en motores Diesel, también se vienen utilizando cada vez más en los motores de gasolina.



626_074

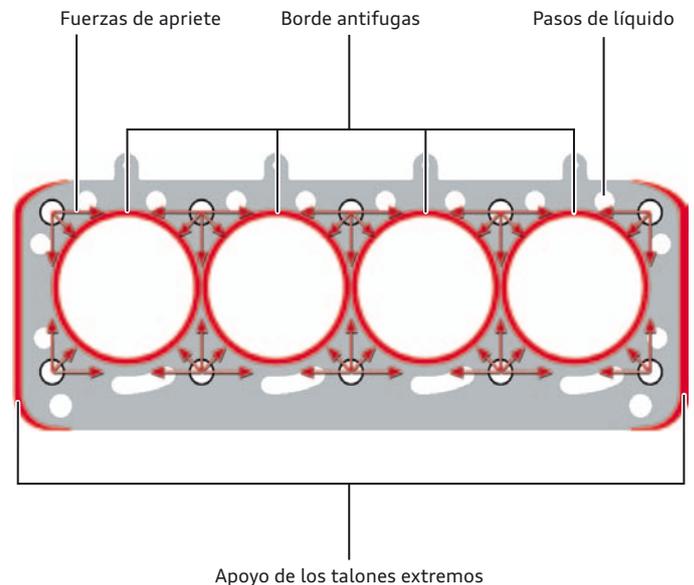
Zonas en una junta de culata

Engaste de la cámara de combustión

Con el engaste de la cámara de combustión, llamado también borde antifugas, se denomina el canto de estanqueidad en el cilindro. Tiene diferentes alturas a lo largo del borde hacia la cámara de combustión. Esta configuración especial hace que, después de apretar los tornillos de la culata, resulte más parejo el reparto de las fuerzas de apriete en las cámaras de combustión. Con ello se reducen las oscilaciones que ocurren en la juntura de estanqueidad y las contracciones en los cilindros.

Apoyo de los talones extremos

Los apoyos de los talones extremos se encuentran respectivamente en la zona de los dos cilindros de los extremos. En esas zonas establecen un reparto más parejo de las fuerzas de apriete que vienen dadas por los tornillos de la culata. Con ello se reduce la flexión de la culata y la contracción de los cilindros de los extremos.



626_075

Árboles de levas

El mando de las válvulas se realiza por medio de árboles de levas. Las posiciones de los árboles de levas determinan los tiempos de apertura y cierre de las válvulas. En la mayoría de los motores los árboles de levas se encuentran en la culata.

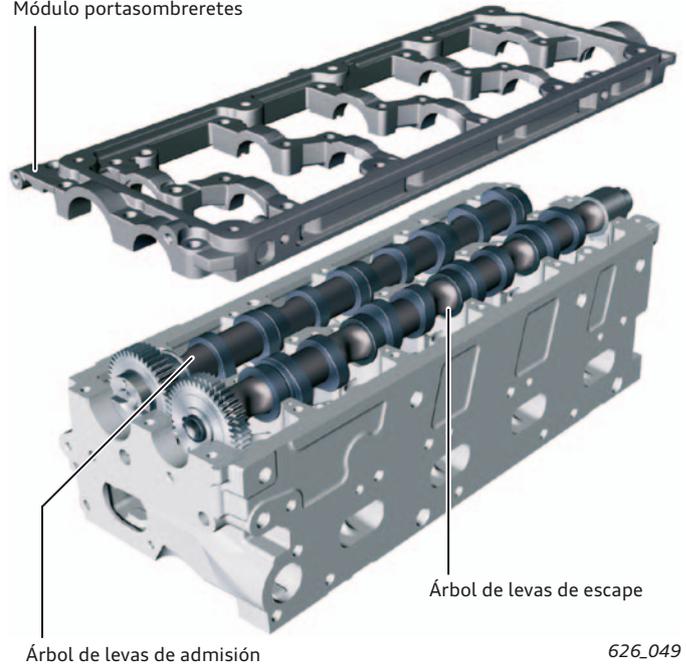
En general se alojan en cojinetes de deslizamiento, diseñados en forma de módulos portasombreretes o módulos portacojinetes. Este diseño constituye una aportación esencial a la rigidización de la culata. En lo que respecta a su fabricación se diferencia entre los árboles de levas fundidos y los ensamblados.

Árbol de levas ensamblado



626_231

Módulo portasombreretes



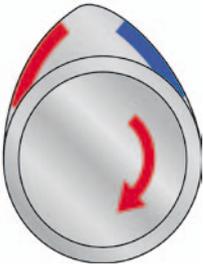
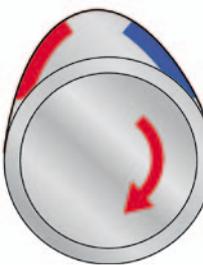
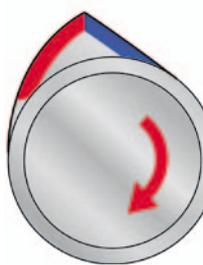
Árbol de levas de admisión

Árbol de levas de escape

626_049

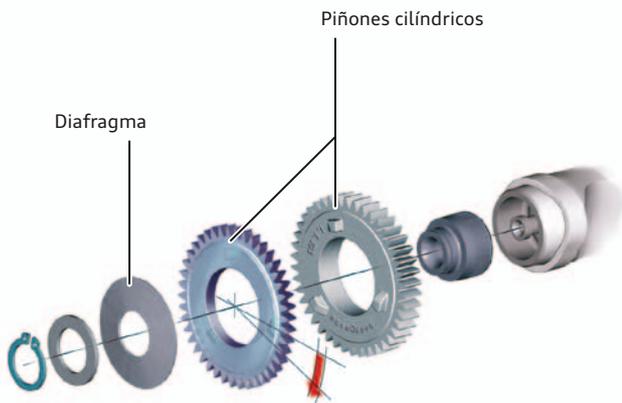
Geometría de las levas

La geometría de las diferentes levas es la que define el comportamiento de apertura de las válvulas que se les asignan. Esto se refiere a la duración de la fase de apertura, la alzada de la válvula y todo el desarrollo del movimiento.

	Leva aguda	Leva pronunciada	Leva asimétrica
<p> Abrir válvula</p> <p> Cerrar válvula</p>			
Función	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La válvula abre y cierra lentamente. ▶ La válvula sólo está abierta al máximo por corto tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La válvula abre y cierra rápidamente. ▶ La válvula está abierta durante más tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La válvula abre lentamente y cierra rápidamente. ▶ La válvula sólo está abierta al máximo por corto tiempo.
Aplicación	▶ Válvula de escape	▶ Válvula de admisión	▶ Válvula de escape
Efecto	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Los gases de escape se expanden uniformemente, sin presentar picos de presiones abruptos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Un intenso efecto de succión en el conducto de admisión. ▶ Fluye una gran cantidad de aire aspirado hacia el cilindro. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La apertura lenta se traduce en una descarga lenta de la presión. ▶ El cierre rápido impide contracorrientes de los gases.

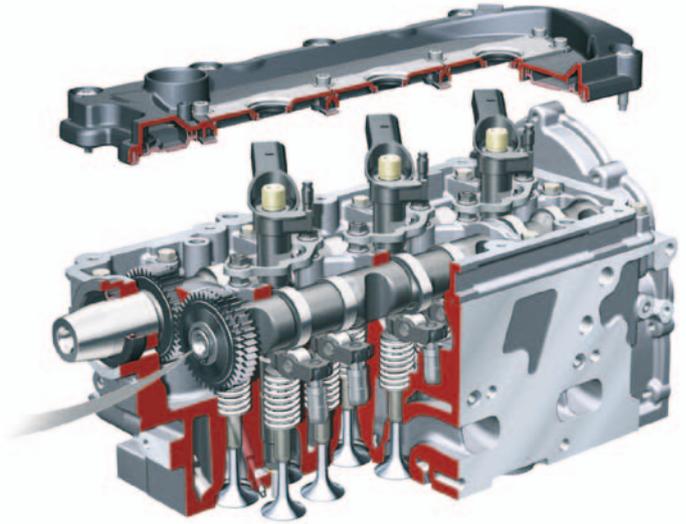
Compensación del juego entre flancos de los dientes

Los árboles de levas de admisión y escape de algunos motores están comunicados a través de un engranaje cilíndrico con compensación integrada para el juego entre flancos de los dientes. El piñón cilíndrico del árbol de levas de admisión es accionado por el piñón cilíndrico del árbol de levas de escape. La compensación del juego entre flancos de los dientes establece un accionamiento silencioso de los árboles de levas.



Estructura

La parte más ancha del piñón cilíndrico va fijada por retractilado en el árbol de levas y se encuentra comunicado así en arrastre de fuerza con éste. En la parte anterior hay varias rampas. La parte más estrecha del piñón cilíndrico va alojada de forma móvil en direcciones radial y axial. En la parte posterior del piñón cilíndrico móvil hay unas escotaduras, que hacen de contrapiezas para las rampas del piñón cilíndrico fijo.

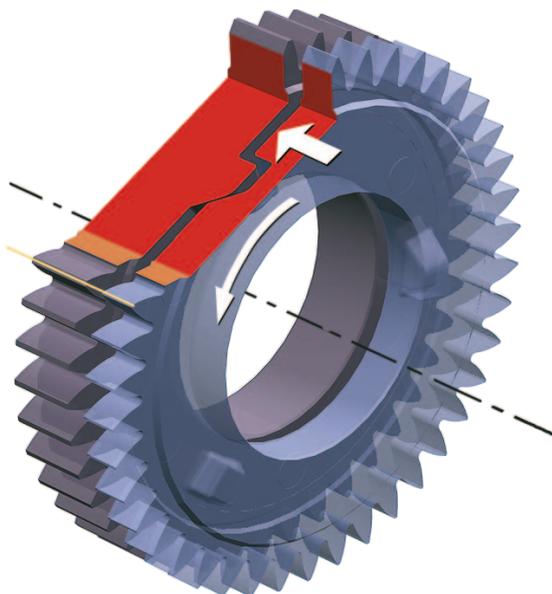


626_158

Funcionamiento

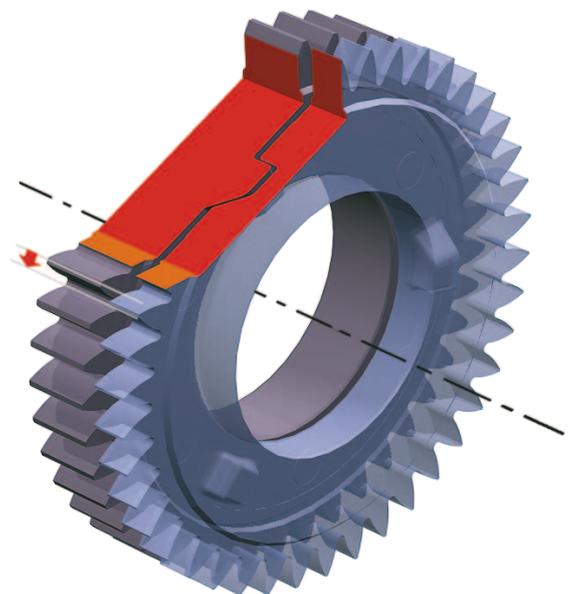
El piñón cilíndrico móvil es desplazado por la fuerza de un diafragma contra el piñón cilíndrico fijo. Las rampas hacen que ambos piñones cilíndricos realicen con ello un semigiro. Esto provoca un decalaje entre los dientes de ambos piñones, con el cual se establece la compensación del juego entre flancos de los dientes.

Posición de montaje



626_159

Compensación del juego



626_160

Distribución del motor

Mando de válvulas

En un motor de pistones alternativos se realiza el intercambio de gases de los cilindros a través de los conductos de admisión y escape. Los conductos tienen que abrir y cerrar para ello de forma periódica. La gestión de estas operaciones corre a cargo del mando de las válvulas. Consta de diversos componentes, que en la mayoría de los casos van alojados en la culata. Los motores multiválvulas disponen generalmente de 2 árboles de levas en cabeza.

También se les llama "motores dohc". Esta denominación se deriva del término inglés "double overhead camshaft". La apertura y el cierre de cada una de las válvulas corre a cargo de uno o dos árboles de levas. El árbol de levas de escape asume la función de gestionar las válvulas de escape.

Culata multiválvulas

Debido a que no todos los motores poseen la misma cantidad de válvulas por cilindro, también el mando de las válvulas se tiene que adaptar a la arquitectura del motor.

A lo largo de la evolución de los motores se logró mejorar el intercambio de gases a base de implantar cada vez más válvulas para los cilindros.

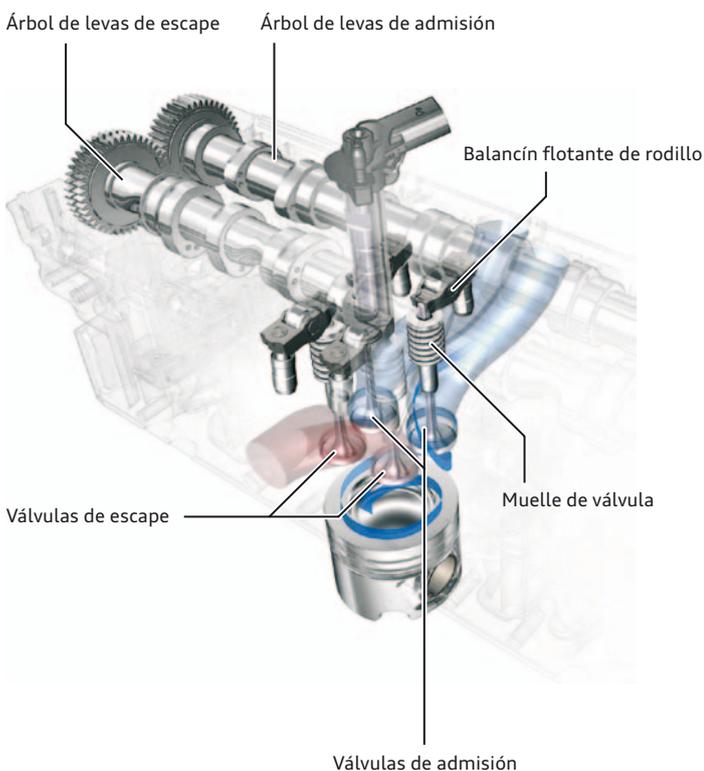
Las válvulas de admisión se controlan a través del árbol de levas de admisión. La apertura de las válvulas se realiza a través de taqués de vaso, balancines flotantes o balancines flotantes de rodillo, que se apoyan contra los elementos hidráulicos de compensación del juego. Las válvulas cierran impulsadas por un muelle. Las válvulas se diferencian fundamentalmente en válvulas de admisión y válvulas de escape.

El diámetro y la alzada de una válvula deben estar dimensionados de modo que el intercambio de gases se pueda llevar a cabo, en lo posible, sin impedimentos. Las válvulas de escape suelen tener un menor diámetro, porque los gases de escape pueden abandonar rápidamente la cámara de combustión impulsados por la presión que se fuga al abrir la válvula de escape.

Si en sus comienzos se instalaban solamente 2 válvulas por cilindro, hoy en día ya hay variantes de motores cuyos cilindros poseen hasta 5 válvulas.

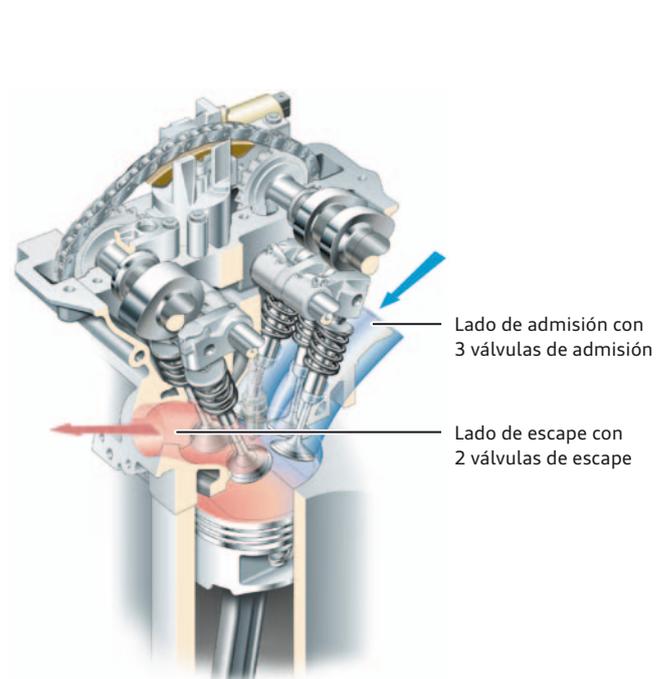
Sin embargo, por su menor complejidad de fabricación se ha generalizado la variante de 4 válvulas. A cada cilindro se le asignan aquí respectivamente 2 válvulas de admisión y 2 de escape.

Culata de 4 válvulas



626_077

Culata de 5 válvulas



626_045

Válvulas

Las válvulas están sometidas a sollicitaciones muy intensas. Aparte de las cargas mecánicas que intervienen al accionarlas, se añaden a ello las cargas térmicas y de fricciones. De ahí resultan unas exigencias correspondientes que se plantean a la estructura y a la composición del material. Algunas válvulas, por ejemplo, contienen una carga de sodio para poder disipar mejor las altas temperaturas.

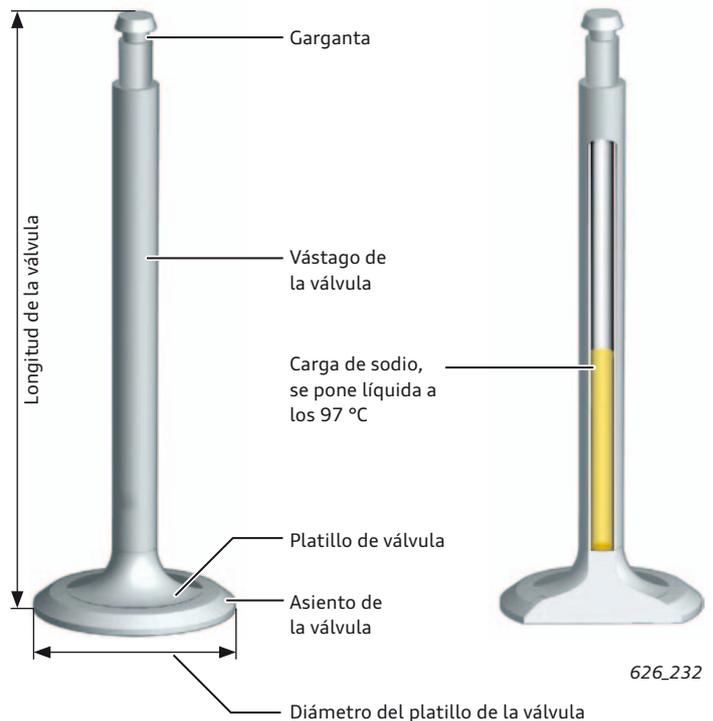
Las válvulas de escape se someten a sollicitaciones térmicas marcadamente más intensas que las válvulas de admisión, porque apenas si llegan a entrar en contacto con gases que las enfríen. Sobre todo a través del asiento de la válvula descargan su temperatura de hasta 700 °C.

Hay un trayecto largo hasta el vástago de la válvula, que también tiene efectos refrigerantes. Una carga de sodio contribuye a abreviar ese recorrido y facilitar el proceso de disipación de calor. En una comparación directa ya se puede reconocer por fuera que estas válvulas tienen el vástago ahuecado, porque en la mayoría de los casos el vástago es marcadamente más grueso. El espacio hueco en el vástago de la válvula se carga con escasos $\frac{2}{3}$ de sodio. A más de los 97 °C pasa al estado líquido y se lanza en vaivén por el movimiento alternativo de la válvula al abrir y cerrar. El mejor coeficiente de temperatura, p. ej. en comparación con el acero, es particularmente útil para la conductibilidad del calor.

Estructura



626_092

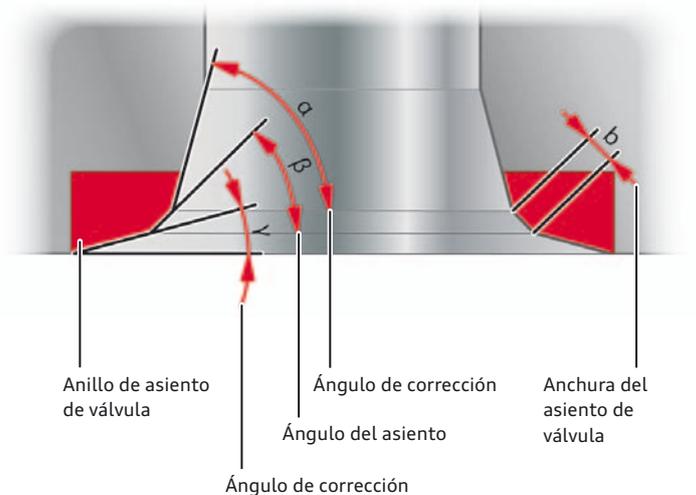


626_232

Asentar los asientos de las válvulas

Cuando se tienen que sustituir las válvulas dentro del marco de trabajos de reparación es necesario asentarlas en sus asientos de la culata, estableciendo una anchura específica de los asientos. Con motivo del desarrollo de una culata es posible aumentar el paso efectivo del aire por las válvulas a base de modificar de una forma específica el contorno del asiento y/o se puede generar un movimiento de turbulencia del aire aspirado. En una culata original consta normalmente de 3 ángulos, véase la figura. Por medio de varios ángulos se genera un "contorno en forma de trompeta".

En motores modernos ya no es posible aplicar un mecanizado en los asientos de las válvulas, porque los motores disponen exclusivamente de asientos templados.



626_094



Nota

Para asentar las válvulas en la culata deberán tenerse en cuenta en todo caso las instrucciones de trabajo que se proporcionan en el Manual de Reparaciones para el motor que corresponde.

Compensación del juego de válvulas

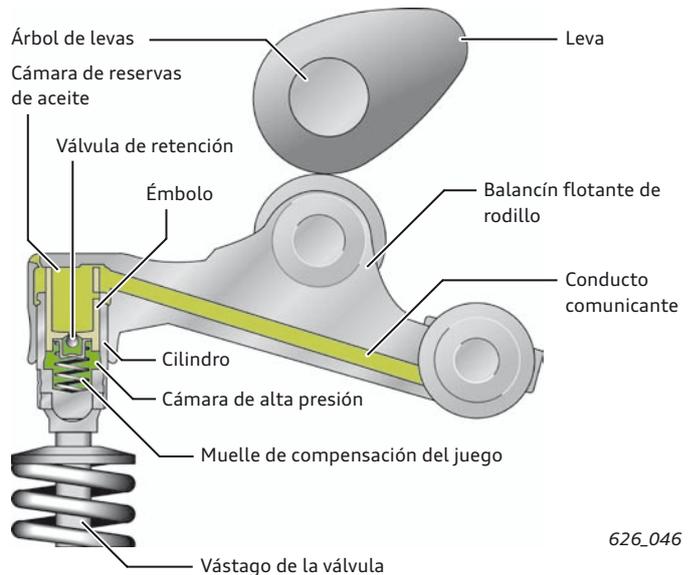
Las válvulas se dilatan durante el funcionamiento, de acuerdo con su material y el calor producido. Para que las válvulas sean capaces de cerrar de forma óptima en todas las condiciones operativas se prevé un juego entre las piezas que transmiten los movimientos en la distribución del motor. El juego de las válvulas de escape se prevé mayor que el de las válvulas de admisión. Esto tiene sus motivos en las mayores temperaturas a las que se exponen estas válvulas durante el funcionamiento.

Elemento de compensación en el balancín flotante de rodillo

Funcionamiento en motores de inyector-bomba

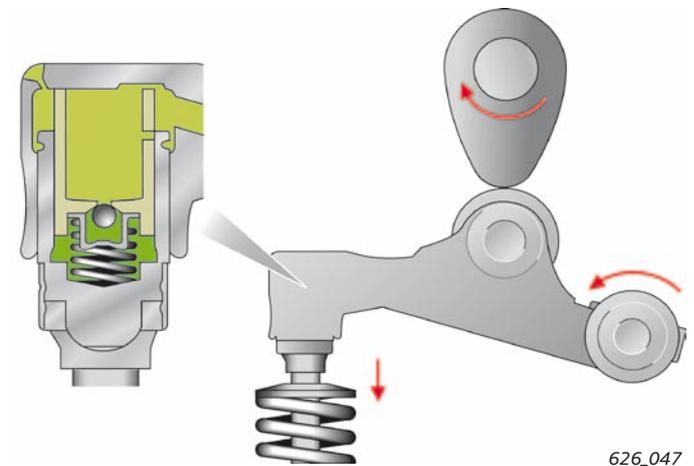
Los balancines flotantes de rodillo van alojados en disposición móvil con un eje enchufable y se accionan por medio del árbol de levas que va situado más arriba. El elemento de compensación del juego de las válvulas se encuentra directamente por encima del vástago de la válvula. La alimentación de aceite para los elementos de compensación pasa por el eje enchufable y un conducto comunicante en el balancín flotante de rodillo. En los elementos de compensación hay respectivamente un émbolo y un cilindro, implantados en disposición mutuamente móvil. Un muelle compensador en espiral se encarga de mantener separados ambos elementos. Esta separación hace que se reduzca el juego de las válvulas y continúa hasta que ya no haya juego entre el balancín flotante de rodillo y el árbol de levas. Una válvula de retención se encarga de regular el llenado y sellar la cámara de alta presión.

Las piezas del mando de válvulas que transmiten los movimientos se desgastan a lo largo del tiempo, lo cual se traduce en un aumento del juego de las válvulas. Para actuar en contra de este proceso, los propulsores modernos disponen de sistemas que compensan el juego de las válvulas. Se han establecido 2 sistemas a este respecto. Por una parte, se trata de sistemas que disponen de un elemento de compensación en el balancín flotante de rodillo y, por otra, de sistemas dotados de una compensación hidráulica del juego de las válvulas.



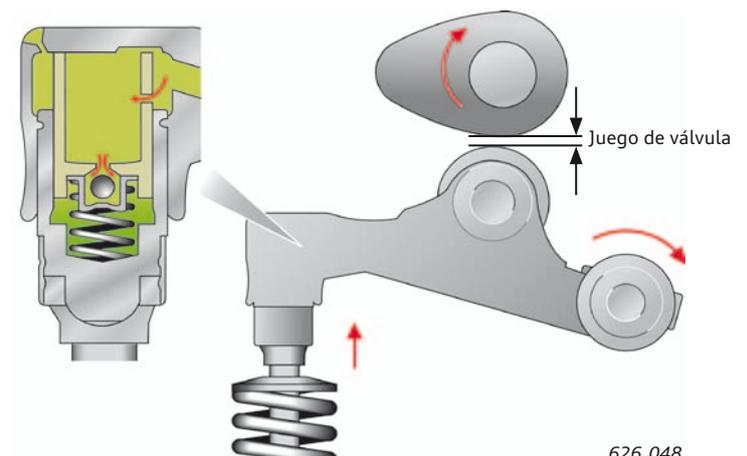
Leva en fase de ataque

La leva ejerce presión sobre el balancín flotante de rodillo, la válvula de retención cierra y se genera presión en la cámara de alta presión. Debido a que el aceite ya no puede escapar de la cámara de alta presión y tampoco se lo puede comprimir, el elemento de compensación de la válvula actúa como si fuera un componente rígido al abrir la válvula de admisión o bien la de escape. A través de una ranura anular entre el perno de presión y el casquillo guía puede escapar aceite superfluo.



Compensación del juego de válvulas

La leva ya no ejerce presión sobre el balancín flotante de rodillo y la válvula de admisión o bien de escape cierra. La presión en la cámara de alta presión disminuye. El muelle de compensación del juego separa al cilindro y el pistón hasta que ya no haya juego entre la leva y el balancín flotante de rodillo. La válvula de retención abre y fluye aceite de la cámara de reservas hacia la cámara de alta presión, ahora más grande.

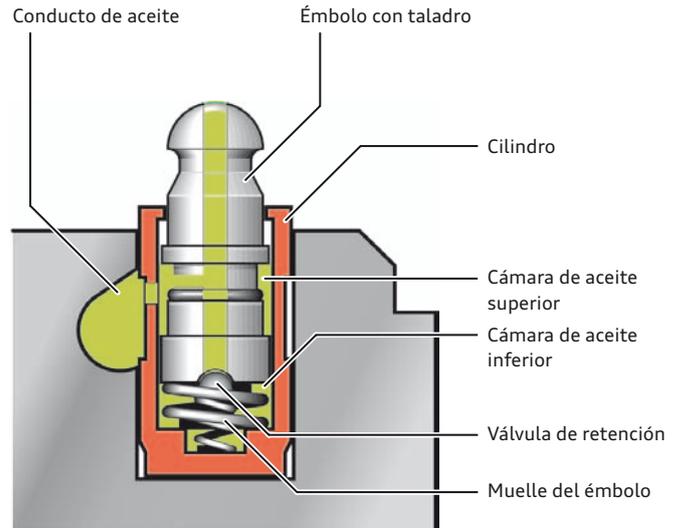


Compensación del juego de válvulas mediante elemento de apoyo hidráulico

Este sistema compensa las variaciones de longitud de los componentes en el mando de las válvulas, a base de accionar hidráulicamente los elementos de transmisión del movimiento. El juego de las válvulas se mantiene a cero al estar el motor en funcionamiento.

Estructura

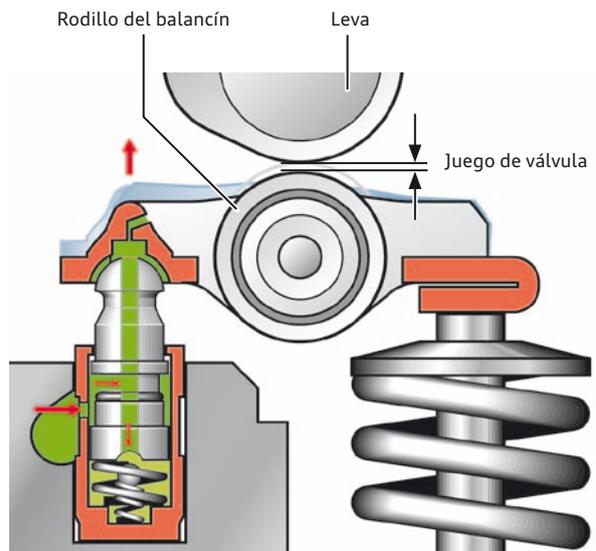
El elemento de apoyo hidráulico consta de un émbolo, un cilindro y un muelle del émbolo, y se encuentra en comunicación con el circuito de aceite del motor. En la cámara de aceite inferior hay además una válvula de retención.



626_095

Compensación del juego de las válvulas

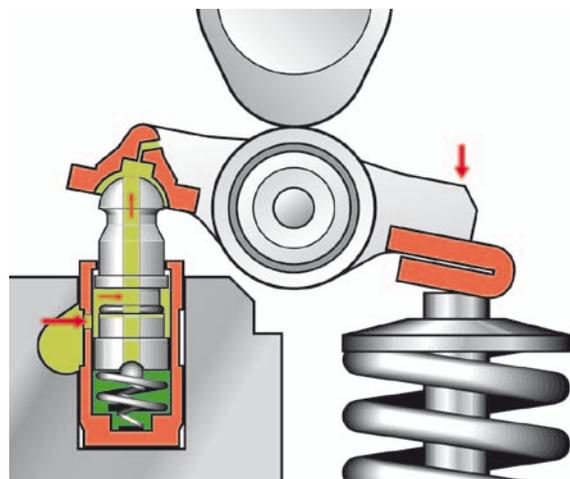
Si surge un juego de las válvulas, el muelle del émbolo se encarga de sacar al émbolo del cilindro al grado que el rodillo del balancín apoye contra la leva. Al salir el émbolo se reduce la presión del aceite en la cámara inferior. La válvula de retención abre y se produce un reflujó de aceite. En cuanto se encuentra compensada la diferencia de presiones entre las cámaras de aceite superior e inferior, la válvula de retención cierra de nuevo.



626_097

Leva en fase de ataque

En cuanto la leva ataca contra el rodillo del balancín, la presión aumenta en la cámara de aceite inferior. Debido a que el aceite encerrado no es compresible, el émbolo no sigue ingresando más en el cilindro. El elemento de apoyo actúa ahora como si fuera un elemento rígido, en el que se apoya el balancín flotante de rodillo. Para la compensación se abre la válvula correspondiente.



626_100

Reglaje del árbol de levas

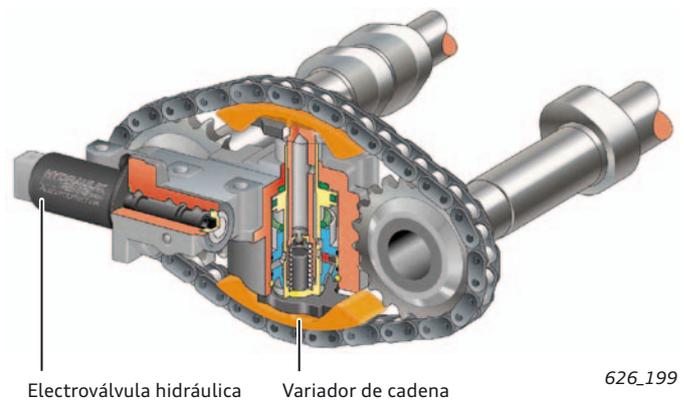
En los motores que no llevan distribución variable, los árboles de levas van comunicados con el cigüeñal por medio de un enlace no variable. Los árboles de levas se accionan a un régimen equivalente a la mitad del del motor por medio de distribuciones de correa dentada o de cadena. De acuerdo con ello, los tiempos de apertura de las válvulas vienen definidos fijamente en el diseño de esos motores. Debido a que los tiempos de apertura de las válvulas distribuyen acompasadamente el intercambio de gases del motor, también reciben el nombre de tiempos de distribución. El tiempo durante el cual se encuentran abiertas simultáneamente las válvulas de admisión y escape se llama cruce de válvulas. Los tiempos del cruce de válvulas ejercen una influencia decisiva sobre las propiedades de un motor. Así por ejemplo, un cruce de válvulas breve se traduce en una entrega de pares máximos intensos a regímenes bajos, pero también tiene por consecuencia una baja entrega de potencia máxima a regímenes superiores.

En cambio, los largos cruces de válvulas aportan una mayor entrega de potencia máxima, pero a costas de la entrega de par a regímenes bajos. La causa de ello reside en los fenómenos de flujo supeditados al régimen durante el ciclo de la admisión. Mediante reglajes específicos de los árboles de levas o bien mediante la aplicación de una distribución variable de las válvulas resulta posible modificar los tiempos de distribución en función del régimen y la carga del motor, de modo que se consiga un llenado de los cilindros lo más eficiente posible en todas las gamas de regímenes. Esto se puede realizar por medio de diversos sistemas, como p. ej.:

- ▶ Reglaje del árbol de levas mediante variador de cadena
- ▶ Reglaje del árbol de levas mediante variador celular de aletas
- ▶ Audi valvelift system

Reglaje del árbol de levas mediante variador de cadena

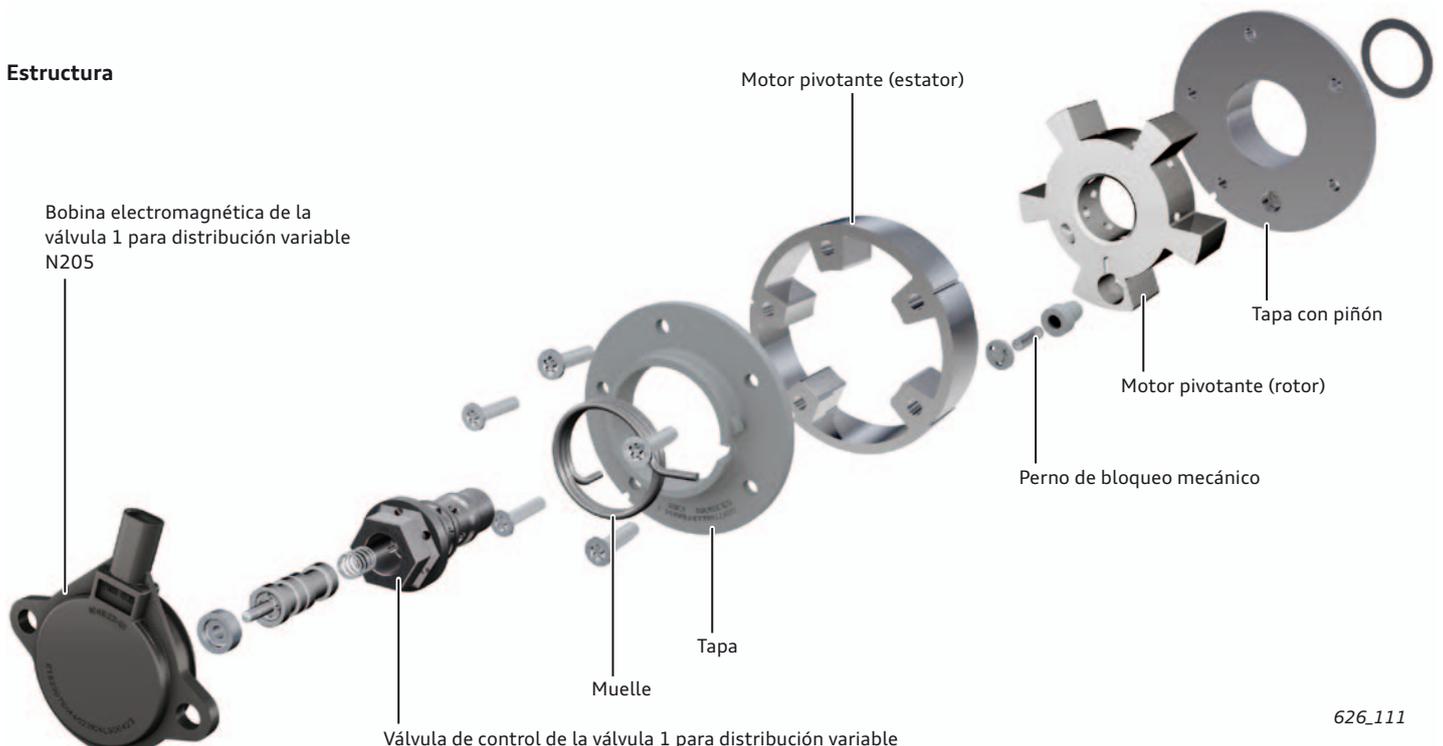
En el caso del reglaje del árbol de levas mediante un variador de cadena se procede a regular solamente el árbol de levas de admisión. Al mismo tiempo se tensa la cadena. La excitación corre a cargo de una electroválvula hidráulica. Para conmutar de la posición básica a la posición de entrega de par se oprime el variador de cadena hacia abajo. Con esto se modifica el punto de reenvío de la cadena. La posición del árbol de levas de admisión varía en dirección de avance.



Reglaje del árbol de levas mediante variador celular de aletas

Con este sistema se pueden hacer variar por separado ambos árboles de levas. Los ángulos de reglaje de ambos árboles de levas pueden ser por ello diferentes. El reglaje se controla aquí por medio de rotores, que se mueven obedeciendo a unos flujos de aceite correspondientemente controlados.

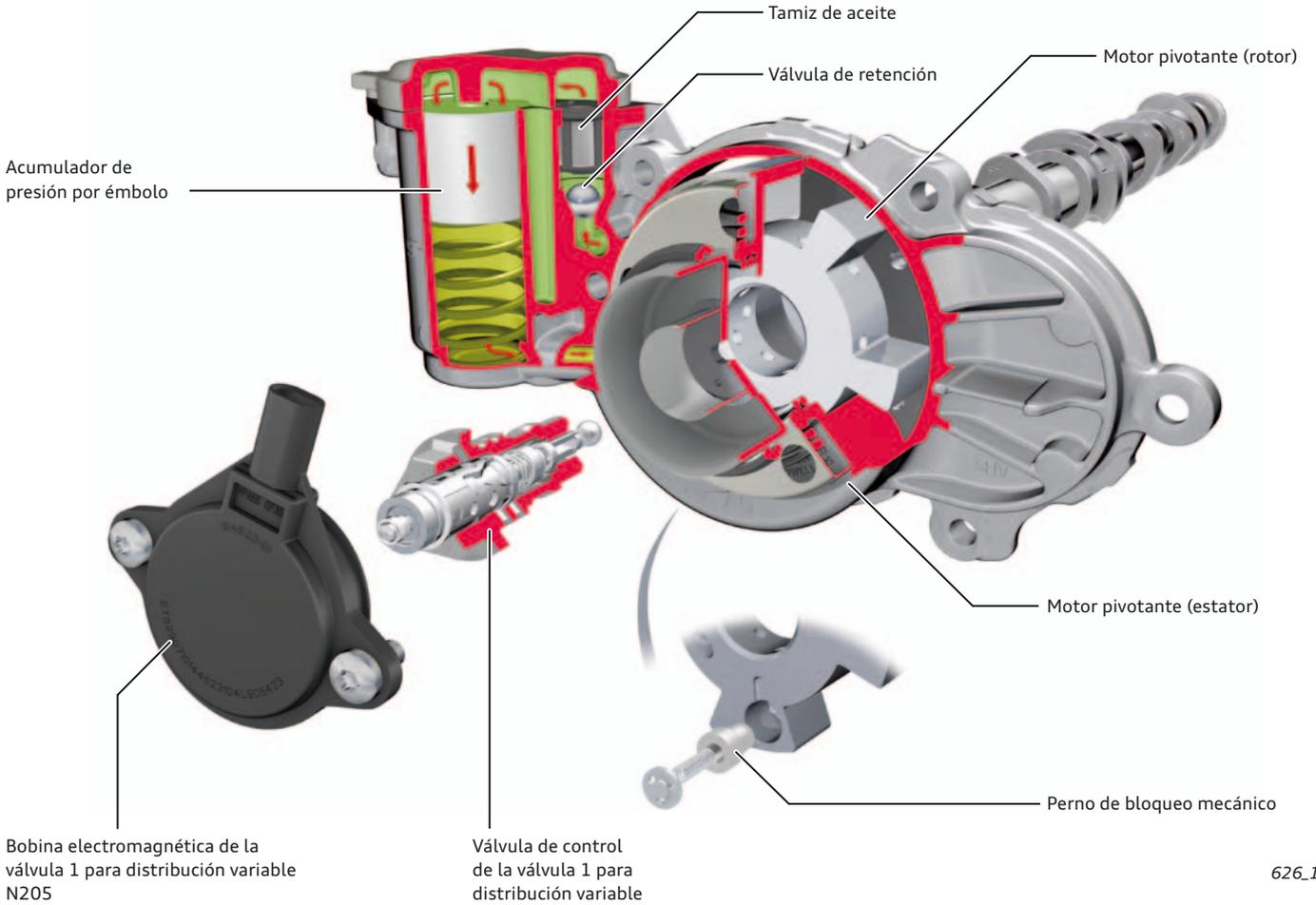
Estructura



Funcionamiento

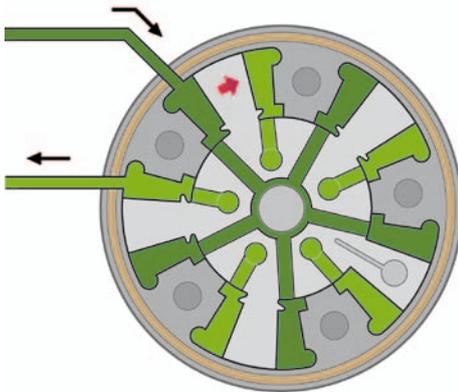
El motor pivotante recibe aceite a presión suministrado por la bomba de caudal volumétrico regulado, a través de un conducto de presión propio en la culata. El reglaje del árbol de levas corre a cargo de la unidad de control del motor, mediante válvula proporcional de 4/2 vías excitada por ancho de pulsos. El anillo interior de aletas (rotor) del motor pivotante es solidario con el árbol de levas.

El anillo exterior (estator) está comunicado fijamente con un piñón, que engrana en un piñón del árbol de levas accionado. El movimiento de reglaje del árbol de levas con respecto al cigüeñal se consigue aplicando aceite a presión en las cámaras de trabajo (A) y (B) entre rotor y estator. Para conseguir un reglaje rápido del motor pivotante se almacena interinamente el aceite a presión en un acumulador de presión por émbolo.



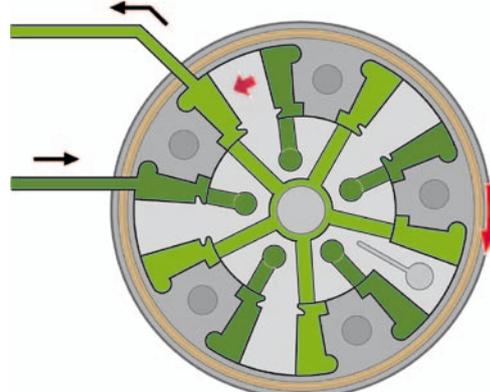
626_112

Reglaje de "avance"



626_200

Reglaje de "retraso"



626_201



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el reglaje del árbol de levas a través de variador celular de aletas.

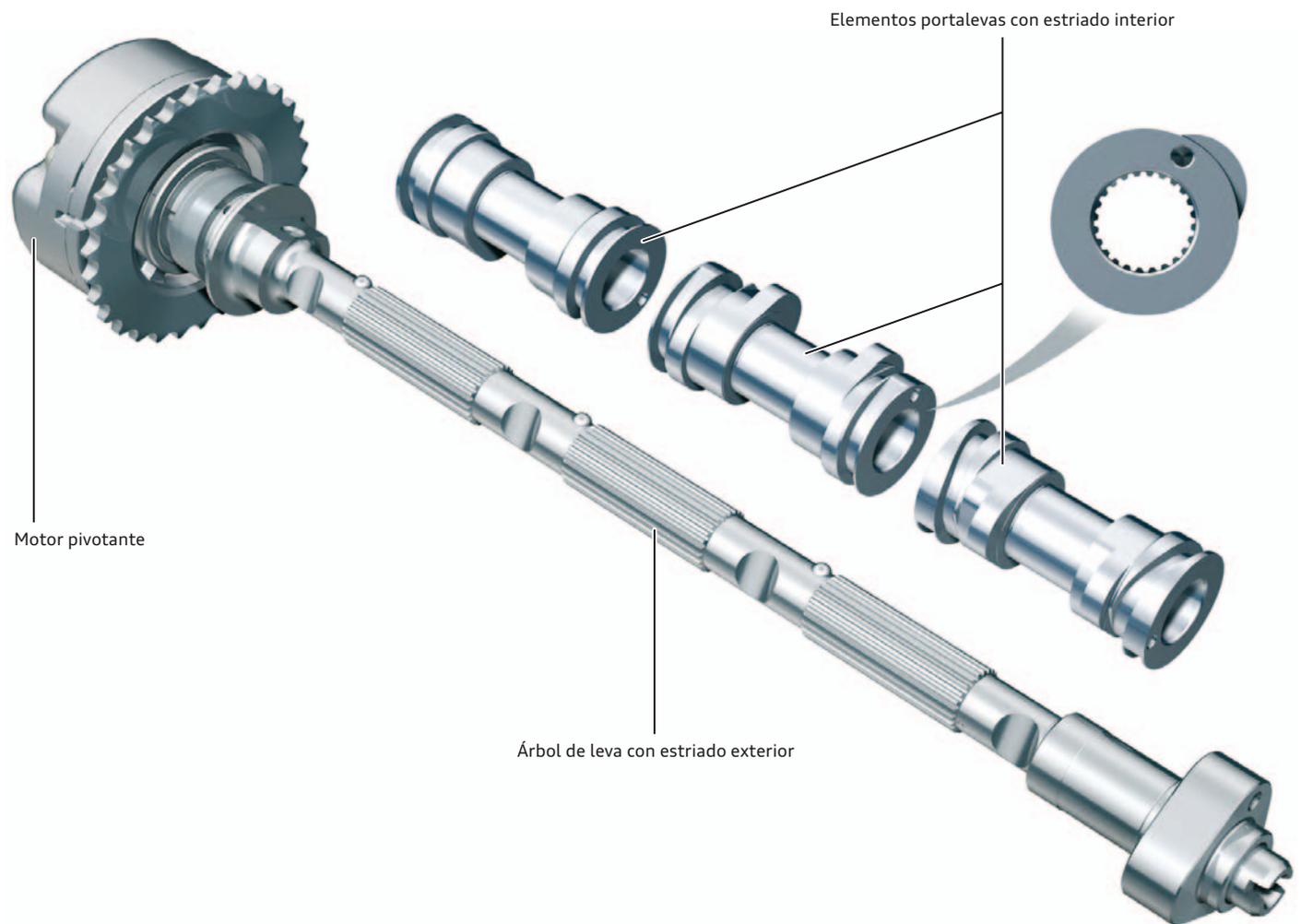
Audi valvelift system

Otra posibilidad para influir en los tiempos del cruce de las válvulas la ofrece el Audi valvelift system. Este sistema se basa en una gestión de 2 fases para la alzada de la válvula. El sistema se acciona directamente en el árbol de levas. Para ello se utilizan los llamados elementos portalevas, situados directamente en los árboles de levas, que se pueden desplazar axialmente. En los elementos portalevas hay 2 diferentes perfiles de levas situados directamente uno detrás de otro.

Uno de ellos produce alzadas de válvula cortas y el otro alzadas largas. Cambiando la posición de los elementos portalevas se accionan las válvulas en función del estado de las cargas que intervienen. Algunos motores utilizan este sistema adicionalmente para gestionar la desactivación de los cilindros con el sistema "Cylinder on demand".

Estructura del árbol de levas

Los árboles de levas tienen unas estrías que alojan a los elementos portalevas. Estos casquillos cilíndricos son desplazables axialmente por 7 mm y disponen de 2 contornos de leva.



626_117



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el Audi valvelift system.

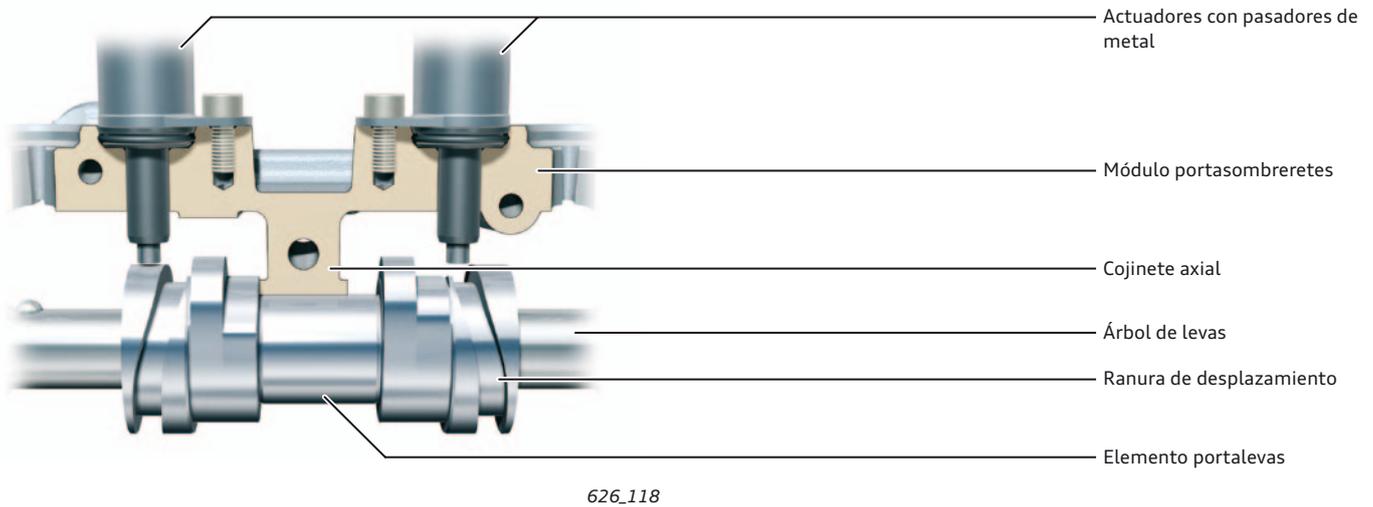


Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la desactivación de los cilindros mediante Audi valvelift system.

Alojamiento del árbol de levas

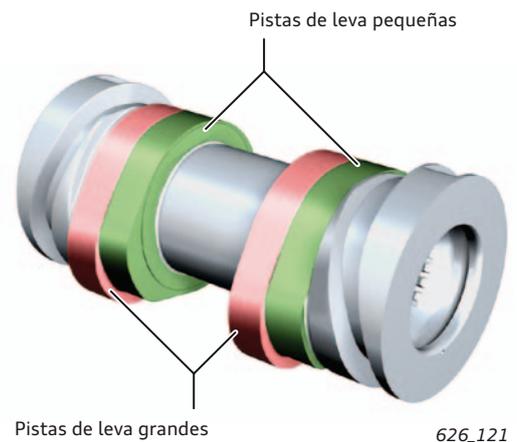
El desplazamiento longitudinal de los elementos portalevas corre a cargo de 2 pasadores de metal, dispuestos perpendicularmente al árbol de levas en la culata y que pueden emerger impulsados por unos actuadores electromagnéticos. Se sumergen en las ranuras que van integradas en los elementos portalevas. El pasador de metal entra en una ranura de contorno espiroidal para el desplazamiento, en el extremo de los elementos portalevas. La trayectoria espiroidal de la ranura hace que el elemento portaleva se desplace longitudinalmente al girar.

Al final de la fase de desplazamiento, el contorno que tiene el fondo de la ranura hace que el pasador metálico del actuador, ahora sin corriente, sea empujado de nuevo a su posición de partida. El elemento portalevas queda apoyado ahora en posición exacta contra un lado del cojinete axial. La devolución a la posición original del elemento portalevas corre a cargo del 2º pasador de metal, conjuntamente con una ranura de desplazamiento que hay por el lado opuesto.



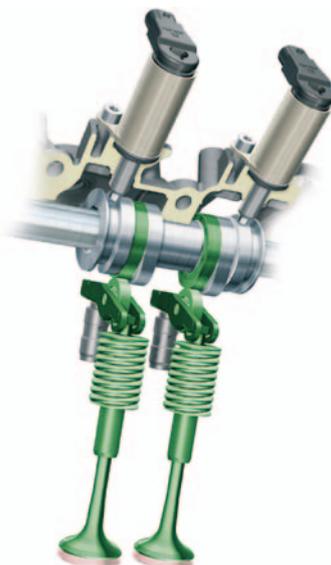
Contorno de leva

Los elementos portalevas poseen respectivamente 2 contornos de leva para cada válvula. Los tiempos de distribución de las levas están diseñados de acuerdo con las características deseadas para el motor. Las pistas de leva pequeñas realizan una alzada de apertura de válvula de 6,35 mm. La longitud de la fase de apertura se cifra en 180° ángulo cigüeñal. La válvula de escape cierra a los 2° después de PMS. La alzada completa con las pistas de leva grandes es de 10 mm, con una longitud de apertura de 215° ángulo cigüeñal. La válvula de escape cierra a los 8° a PMS.

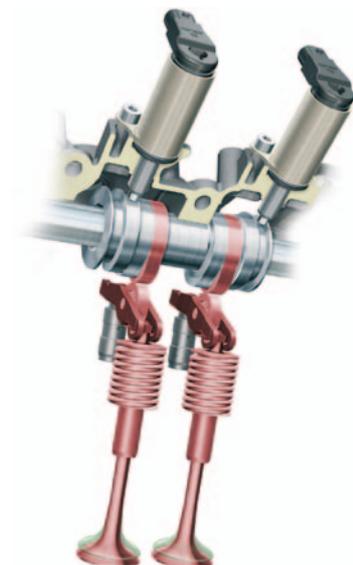


Carrera de válvula

Pistas de leva pequeñas
(regímenes bajos)



Pistas de leva grandes
(regímenes altos)



Lubricación del motor

Tanto un motor de gasolina como un motor Diesel poseen una gran cantidad de piezas móviles, como p. ej. pistones, válvulas o cigüeñal. Cuando el motor marcha, las piezas se mueven y se tocan, por ejemplo los émbolos tocan la pared del cilindro. Esto provoca pérdidas de energía y desgaste. El objetivo más importante a este respecto consiste en mantener ambos parámetros lo más reducidos que sea posible.

A continuación le proporcionamos, a título de ejemplo, un cuadro general de los puntos de lubricación y los componentes que participan en el circuito de aceite de un motor.

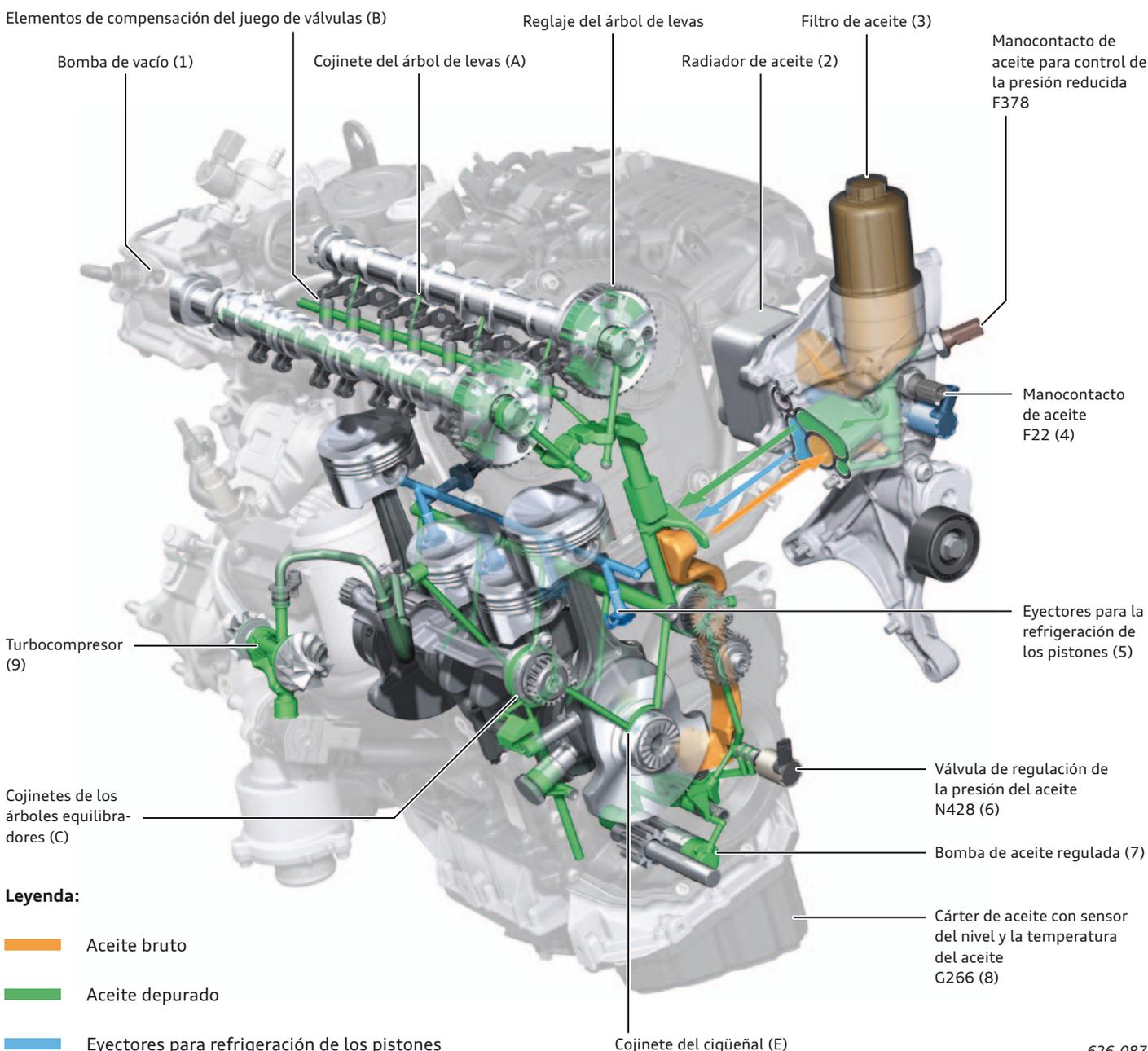
El objetivo de reducir desgastes y pérdidas de energía se alcanza por medio de un sistema de lubricación (circuito de aceite), que tiene que cumplir con los planteamientos siguientes:

- ▶ Reducir fricciones
- ▶ Disipar el calor
- ▶ Sellar en detalle
- ▶ Eliminar residuos
- ▶ Proteger contra corrosión
- ▶ Amortiguar sonoridad y golpes
- ▶ Reducir el consumo de combustible
- ▶ Asegurar o aumentar la vida útil

Es particularmente importante que la lubricación funcione de forma fiable en todas las condiciones operativas. En caso contrario puede ocurrir muy rápidamente un mayor desgaste o incluso un daño en el motor.

Puntos de lubricación y componentes en el circuito de aceite

La rotulación en el gráfico va dotada adicionalmente con los números en la figura de la página 57.



Lubricación central por circulación a presión

La mayoría de todos los motores de cuatro tiempos está equipada con un sistema de lubricación central por circulación a presión. Es, hoy por hoy, el sistema de lubricación más frecuentemente aplicado en los motores de gasolina y Diesel.

Funcionamiento fundamental

Una bomba aspira el aceite del cárter a través de un tamiz. En la mayoría de los casos es accionada por el cigüeñal a través de una cadena o de piñones. Tiene conectada a continuación una válvula limitadora de presión, para limitar la presión del sistema y evitar con ello daños en éste.

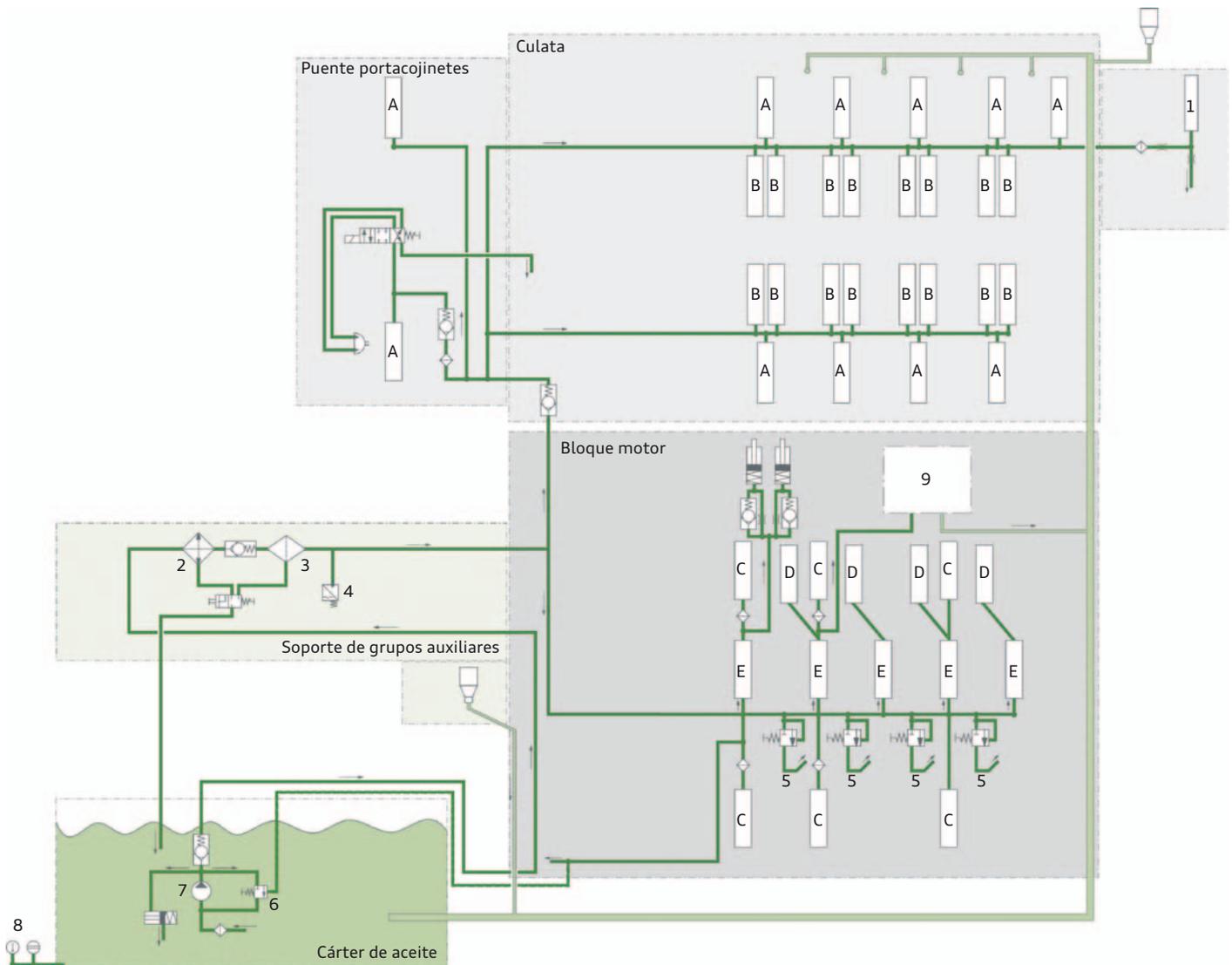
El cárter de aceite se encuentra en la parte más baja del motor y se utiliza como recipiente para acumular el aceite del motor. Su superficie se utiliza al mismo tiempo para la disipación del calor que posee la carga de aceite. Hay cárteres de aceite que llevan incluso nervaduras de refrigeración. Un sensor situado en el cárter capta el nivel y la temperatura del aceite.

En los motores de altas prestaciones se implanta un radiador de aceite adicionalmente en el circuito. Puede constituir una unidad compartida con el elemento de filtración o también se puede integrar en el sistema como un componente autárquico.

El precepto supremo consiste aquí en mantener un trayecto corto, para que el aceite pueda llegar lo más rápidamente posible hasta los puntos de lubricación.

En algunos motores se refrigeran con eyectores de aceite los componentes que se encuentran sometidos a sollicitaciones intensas, como sucede con las cabezas de los pistones. Un filtro, ejecutado frecuentemente en forma de elemento de papel, depura el aceite antes de que se destine a la lubricación. Si el filtro está obstruido o el aceite todavía está muy frío, resulta demasiado grande la resistencia que se le opone al paso por el filtro. En este caso se abre una válvula de evasión, también llamada válvula de cortocircuito. El aceite pasa en este caso sin filtración hacia los puntos de lubricación. En la mayoría de los casos, esta válvula de evasión va integrada en el filtro de aceite.

El aceite pasa por conductos y tuberías hacia los puntos de lubricación en el motor. Uno o varios sensores detectan la presión del aceite en el motor. Para evitar el flujo inverso del aceite al estar parado el motor se instalan válvulas antirretorno.



Legenda:

- Circuito de baja presión
- Circuito de alta presión

- A** Cojinetes de los árboles de levas
- B** Elementos de compensación
- C** Cojinetes de árboles equilibradores
- D** Bielas
- E** Cojinetes del cigüeñal

626_235

Bombas de aceite

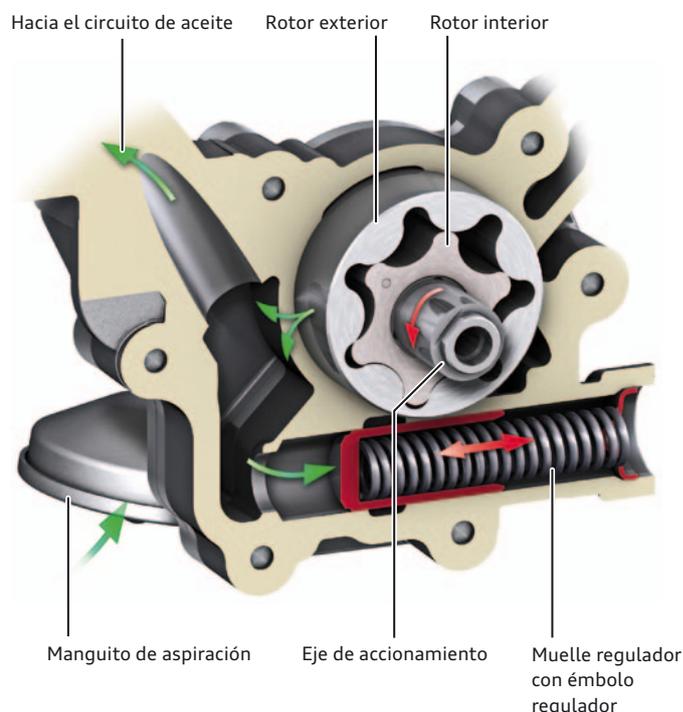
Una bomba de aceite tiene asignada la tarea fundamental de alimentar el circuito de aceite y, con éste, todos los puntos de lubricación con la cantidad de aceite que se necesita y, respectivamente, con la presión requerida. En Audi se implantan para ello diversas arquitecturas.

Bomba Duocentric (tomando como ejemplo la del motor 1.4l TFSI, CAVG, EA111)

El rotor interior se acciona por medio del eje del piñón de cadena e impulsa con ello al rotor exterior. El rotor exterior gira dentro del anillo regulador. Los rotores interior e exterior giran respectivamente con ejes de giro diferentes. Durante el movimiento de giro se produce por ello un aumento del espacio por el lado aspirante. Se aspira aceite y se pasa hacia el lado impelente. Con la disminución del espacio por el lado de presión se impele aceite hacia el circuito.

La bomba Duocentric es una bomba de aceite constante, es decir, que siempre impele volumen invariable. La presión del aceite se regula con un émbolo sometido a fuerza de muelle en el interior de la bomba. La válvula reguladora de presión abre a una presión de $4 \pm 0,5$ bares. El aceite eliminado por control vuelve al cárter.

El desarrollo ulterior de las bombas de aceite está enfocado, sobre todo, a regular su caudal en función de las necesidades, de modo que sólo se alimente la cantidad de aceite justa que necesita el motor en ese momento.



626_107

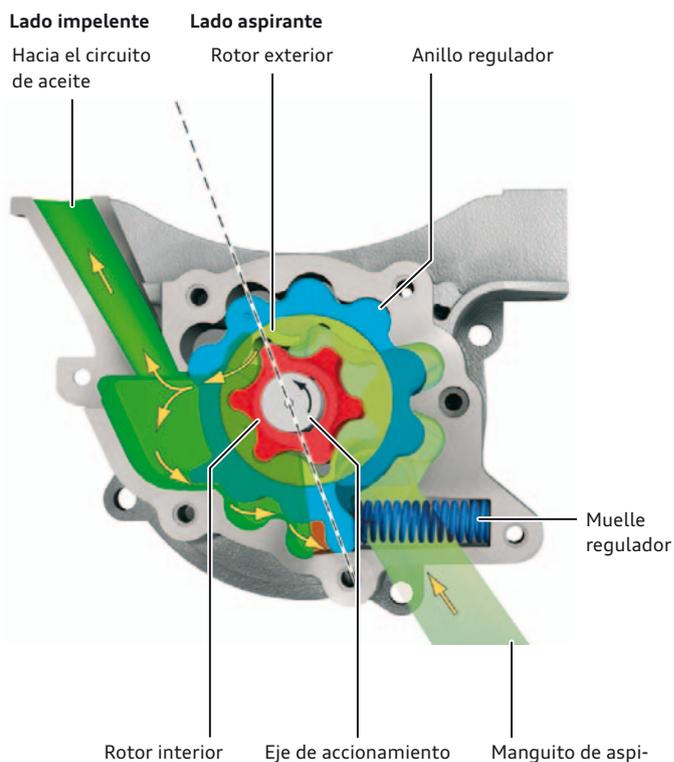
Bomba Duocentric regulada (tomando como ejemplo la del motor 1.4l TFSI, CAXC, EA111)

El funcionamiento equivale básicamente al de una bomba de aceite Duocentric simple. Sin embargo, se agrega a ello una regulación, que adapta el caudal a las necesidades momentáneas del motor.

Ciclo de regulación

Si aumenta la demanda de aceite al subir el régimen del motor, se produce una caída de la presión en el circuito de aceite. Esto hace que actúe la fuerza del muelle regulador y desplace el anillo de regulación de modo que crezca la cámara en la bomba. El caudal impelido por la bomba aumenta.

Si se reduce el régimen del motor y con éste la demanda de aceite, se produce un ascenso de la presión. Esto desplaza al anillo de regulación y contrae el muelle regulador. Por el semigiros del anillo de regulación se reduce la cámara de la bomba. Por ello disminuye la cantidad de aceite impelida.



626_114



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la bomba Duocentric.

Bomba de engranajes exteriores regulada (tomando como ejemplo la del motor 2.0l TFSI, EA888)

En una bomba de engranajes exteriores el aceite se transporta dentro de una carcasa, entre los huecos de los dientes de dos piñones, siendo uno de ellos el accionado. En algunas bombas de engranajes exteriores un rodete de bomba es desplazable axialmente (rodete de bomba impulsado). Por medio del desplazamiento se puede influir de una forma específica en la cantidad impelida y también en la presión de alimentación del aceite hacia el circuito.

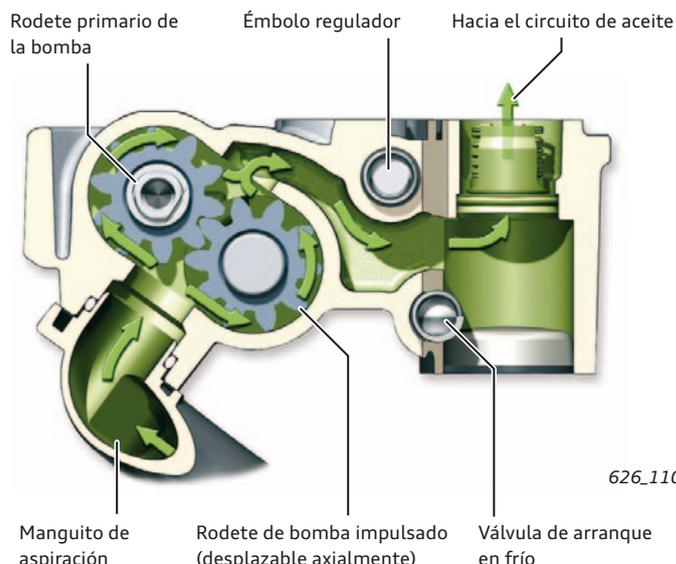
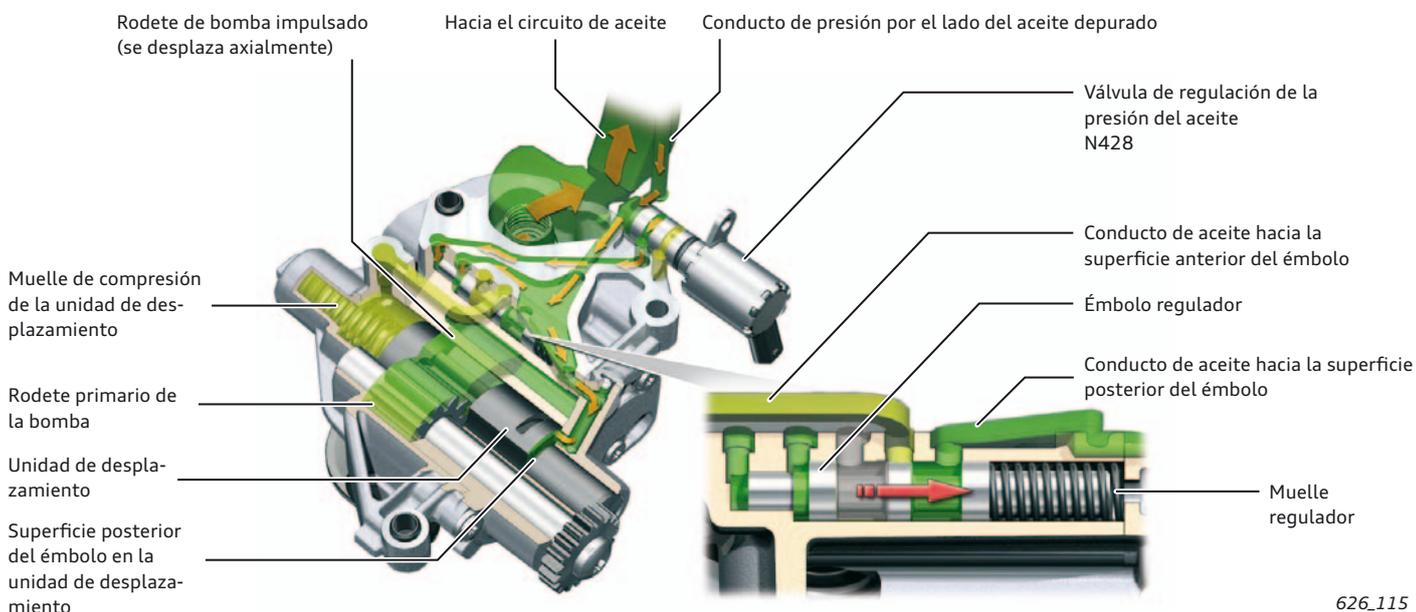
A través de la válvula de regulación de la presión del aceite N428 la unidad de control del motor gestiona y mantiene abierto o bien cerrado un conducto de presión conmutable, de modo que las superficies del émbolo regulador estén sometidas a la presión del aceite en función del estado operativo.

El concepto de la regulación consiste en implementar 2 diferentes presiones. La regulación de la presión se consigue regulando el caudal impelido por los rodetes de la bomba. Se impele una cantidad de aceite exactamente equivalente a la necesaria para establecer la presión deseada del aceite depurado a continuación del radiador y filtro de aceite.

Esto se obtiene por medio de un movimiento axial de la unidad de desplazamiento y con ello de ambos rodetes de la bomba, uno hacia el otro. Cuando los dos rodetes de la bomba se encuentran exactamente enfrentados es cuando se dispone del caudal impelido máximo. Cuando el desplazamiento del rodete impulsado de la bomba alcanza su mayor magnitud es cuando el caudal impelido es mínimo (únicamente se impele el aceite desplazado entre los dientes de los rodetes de la bomba).

Etapa de presión baja

Si aumenta el régimen del motor, también sube levemente la presión del aceite y provoca un desplazamiento del émbolo regulador en contra de la fuerza que opone el muelle regulador. Con ello se cierra el conducto de presión hacia la superficie delantera del émbolo en la unidad de desplazamiento y al mismo tiempo abre la comunicación hacia el retorno sin presión al cárter de aceite. La fuerza hidráulica en la superficie posterior del émbolo en la unidad de desplazamiento es ahora superior a la fuerza del muelle. Por ese motivo la unidad de desplazamiento se mueve en contra de la fuerza del muelle de presión. El piñón impulsado de la bomba se desplaza axialmente con respecto al piñón de accionamiento. El caudal volumétrico se reduce y se adapta a las necesidades del aceite del motor. Con la adaptación del caudal volumétrico la presión del aceite se mantiene a un nivel relativamente constante.



626_110



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la regulación de la presión del aceite para una bomba de engranajes exteriores.

Conmutación a la etapa de presión superior

A partir de un régimen de aprox. 3.500 rpm se conmuta a la etapa de presión superior. Para ello se corta la corriente para la válvula de regulación de la presión del aceite N428. Esto hace que el conducto de presión conmutable se cierre y al mismo tiempo abra hacia la cámara sin presión en el cárter de aceite. Debido a que ahora ya no interviene la superficie eficaz del émbolo regulador, se impone la fuerza del muelle regulador. El muelle regulador se desplaza al grado que abre el conducto hacia la superficie delantera del émbolo en la unidad de desplazamiento. La presión del aceite que actúa ahora sobre la superficie delantera del émbolo, y el muelle de compresión, oprimen la unidad de desplazamiento nuevamente en retorno, de modo que ambos rodetes de la bomba marchen ahora de inmediato nuevamente de un modo casi paralelo y la bomba pase al modo de caudal máximo.

626_115

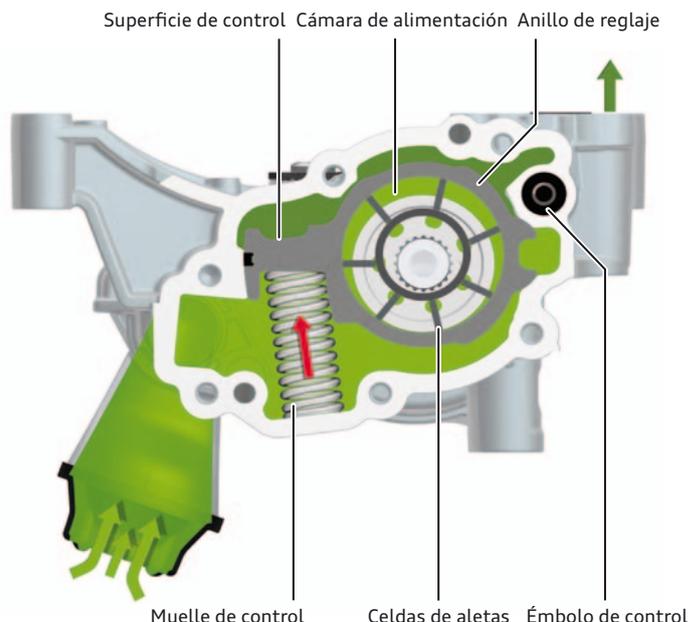
Bomba celular de aletas (tomando como ejemplo la del motor 2.0l TDI, EA288)

La bomba celular de aletas está diseñada de modo que pueda trabajar en 2 etapas de presión. Aparte de ello se adaptan continuamente las necesidades de aceite del motor a base de regular el caudal volumétrico de la bomba (en ambas etapas de presión).

La bomba dispone para ello de un anillo de reglaje alojado en disposición excéntrica, que forma parte de la cámara interior de la bomba. Con el semigiro del anillo de reglaje varía el tamaño de la cámara interior de la bomba y con ello también el caudal impelido y, respectivamente después de la conmutación, también la presión en el sistema.

A medida que aumenta el régimen del motor, las mayores necesidades de aceite en los consumidores provocan una caída de presión en el sistema. Como consecuencia de ello resulta que el muelle de control desplaza el anillo de reglaje, de modo que crece la cámara interior de la bomba. Con ello aumenta el caudal impelido por la bomba.

Si se reduce el régimen del motor y con éste las necesidades de aceite, se produce un ascenso de la presión. La mayor presión actúa sobre la superficie de control del anillo de reglaje y decala éste de modo que se reduzca la cámara interior de la bomba. El caudal impelido por la bomba disminuye.



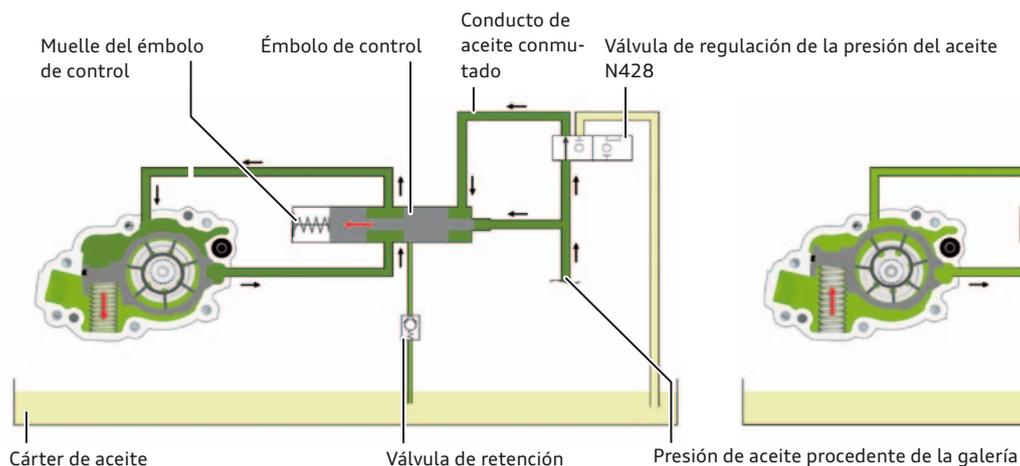
626_203

Regulación de la presión del aceite

Bajo nivel de presión (baja cantidad impelida)

En la gama de regímenes inferiores, la válvula de regulación de la presión del aceite N428, que tiene tensión aplicada, recibe potencial de masa por parte de la unidad de control del motor J623 y libera el conducto de aceite conmutado sobre el émbolo de control. La presión del aceite actúa ahora sobre ambas superficies del émbolo de control, lo desplaza superando la fuerza del muelle del émbolo y abre el paso hacia la superficie de control del anillo de reglaje. La presión del aceite actúa sobre la superficie de control. La fuerza que de ahí resulta es superior a la del muelle de control y se encarga de pivotar el anillo de reglaje en sentido antihorario hacia el centro de la bomba celular de aletas, con lo cual se reduce la cámara de alimentación entre las celdas de aletas. El nivel de presión inferior se conmuta en función de los parámetros indicados a continuación, con lo cual se reduce la potencia necesaria para el accionamiento de la bomba de aceite:

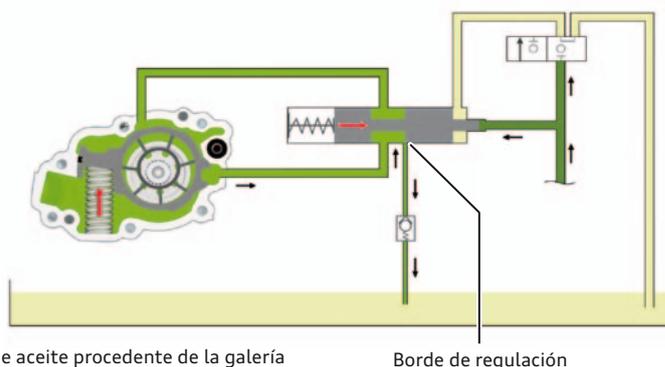
- ▶ Carga del motor
- ▶ Régimen del motor
- ▶ Temperatura del aceite
- ▶ Otros parámetros operativos



626_236

Alto nivel de presión (alta cantidad impelida)

En la gama de regímenes superiores o de cargas intensas (aceleración a plena carga) la válvula de regulación de la presión del aceite N428 es separada del terminal de masa por parte de la unidad de control del motor J623, de modo que se produzca la desaireación en el conducto de aceite conmutado. La fuerza de la superficie restante, expuesta a la presión del aceite, es menos intensa que la fuerza del muelle en el émbolo de control, por lo cual éste cierra el conducto hacia la superficie de control del anillo de reglaje. Al no tener aplicada la presión del aceite, el muelle de control se encarga de pivotar el anillo de reglaje en sentido horario, en torno al contrasoposte. El anillo de reglaje pivota ahora a partir de la posición central y amplía la cámara de alimentación entre las celdas de aletas. Con el crecimiento de las cámaras entre las celdas de aletas crece la cantidad de aceite impelida. Los taladros de paso de aceite y el juego de los cojinetes del cigüeñal oponen una resistencia al mayor caudal del aceite y hacen que aumente la presión. De esta forma se ha podido realizar una bomba de aceite regulada por caudal volumétrico, con 2 etapas de presión.



626_237

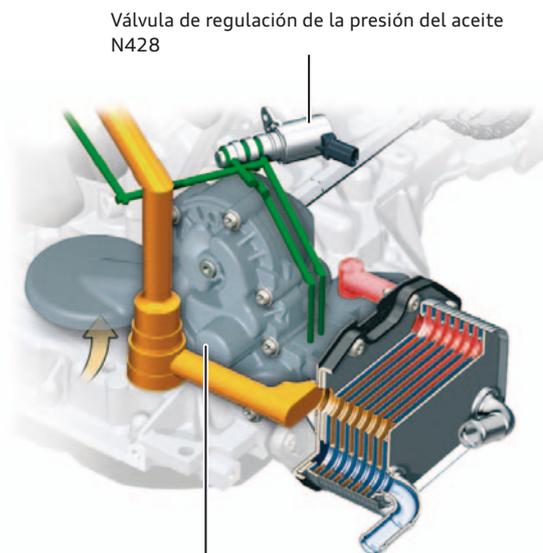
Bomba de caudal variable con péndulos (tomando como ejemplo la del motor 3.2l FSI)

La llamada bomba de caudal variable con péndulos requiere una potencia de accionamiento mucho menor que las bombas implantadas hasta ahora.

Con un caudal volumétrico reducido en un 30 %, la bomba trabaja con el caudal regulado y, por tanto, en función de las necesidades. De ahí resulta un consumo de combustible más favorable. Una válvula gestionada eléctricamente, la válvula de regulación de la presión del aceite N428, se encuentra en el bloque, por encima de la bomba de aceite.



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la bomba de caudal variable con péndulos.



626_108

Bomba de caudal variable con péndulos

Estructura

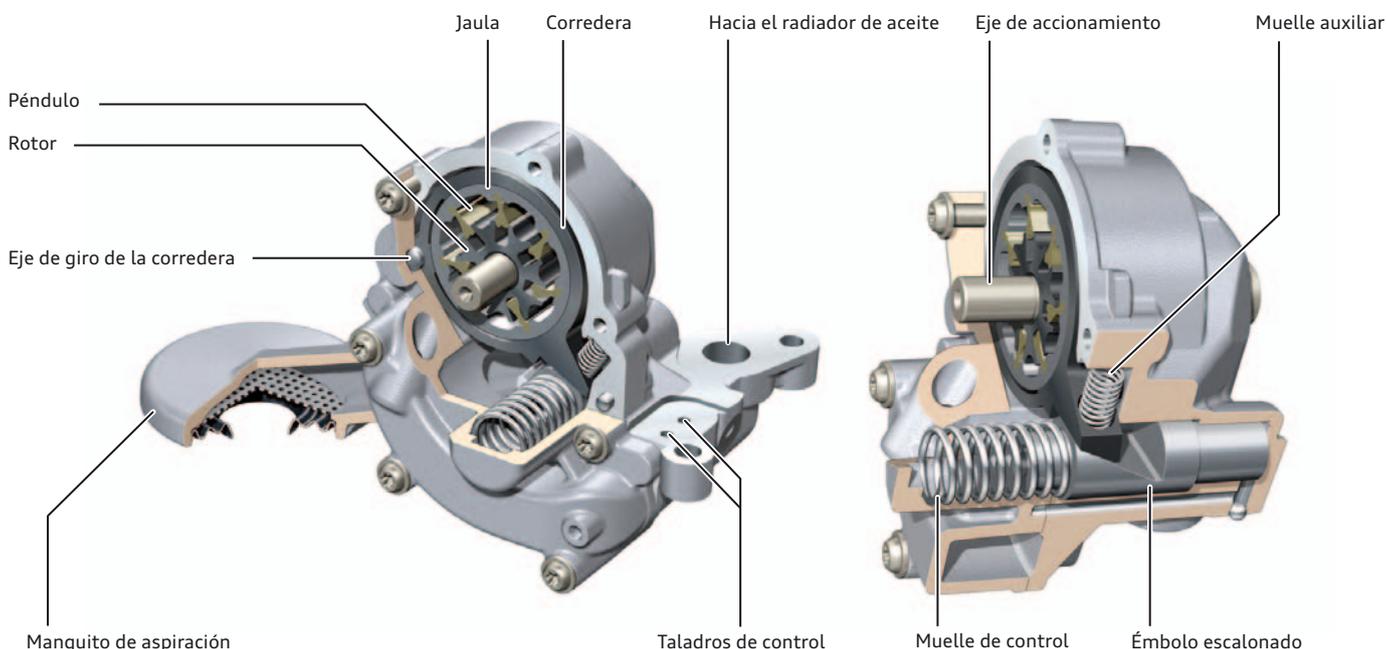
La bomba se acciona a partir de un ramal de cadena, a través de su eje (véase el cuadro general de la distribución de cadena). El eje se encuentra comunicado fijamente con el rotor. Éste está comunicado a su vez con la jaula en arrastre de forma, a través de 7 péndulos. Los péndulos en el rotor se guían dentro de las ranuras radiales. El rotor, los péndulos y la jaula giran conjuntamente en la corredera. Ésta sirve al mismo tiempo como buje de la jaula. El rotor va alojado en disposición excéntrica con respecto a la corredera y la jaula. De esa forma, de un modo parecido al de una bomba celular de aletas, se configuran cámaras de diferente tamaño en cada una de las celdas.

La particularidad consiste en que la corredera en la carcasa de la bomba va alojada en disposición pivotante, en contra de la fuerza de un muelle auxiliar. Las diferentes celdas se configuran entre 2 péndulos, la jaula, el rotor y las tapas laterales de la bomba.

Funcionamiento

Al girar la bomba, aumenta el tamaño de las celdas en la zona aspirante. Esto genera una depresión que aspira al aceite a través del tamiz hacia el interior de la bomba. Por el movimiento de giro se transporta el aceite hacia el lado impelente. El tamaño de las celdas se reduce allí y el aceite sale a presión de la bomba. La cantidad de aceite se transporta en función de las necesidades.

La bomba se regula por medio de la presión del aceite en la galería principal. Para ello se ramifica un caudal parcial de la galería de aceite principal, que se hace pasar por un tubo de control y la válvula de regulación de la presión del aceite N428 hacia la bomba de aceite.



626_120

Filtro de aceite

Todos los motores de gasolina y Diesel disponen de un filtro de aceite, que se instala habitualmente en el caudal principal del aceite. Asume la función de depurar el aceite, reteniendo partículas de desgaste y otros residuos, por ejemplo de la combustión. Básicamente se aplican 2 arquitecturas, véase la figura.

- ▶ Cartucho del filtro de aceite atornillado (filtro desechable)
- ▶ Filtro de aceite con cartucho desechable (filtro de carcasa)

Mientras que un filtro desechable se tiene que sustituir completo con cada cambio de aceite, en el caso del filtro de carcasa solamente se cambia el contenido, es decir, el cartucho del filtro.

Filtro de aceite como cartucho desechable
(filtro de carcasa)



Cartucho de filtro de aceite atornillado
(filtro desechable)

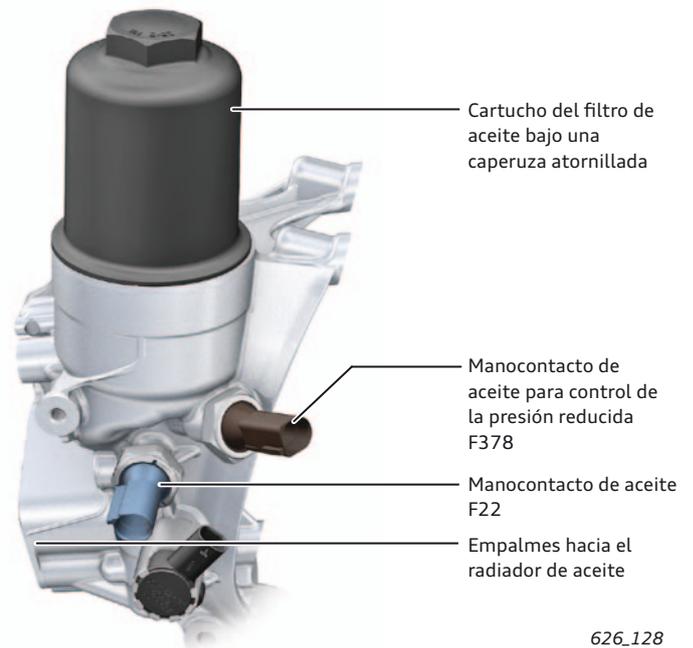


626_124

Módulos de filtración de aceite

Los filtros de aceite suelen ir integrados en un módulo por separado. Aparte de las ventajas que ofrece ello para la fabricación, el sistema también ofrece la posibilidad de alojar numerosos componentes más. A ellos pertenecen, por ejemplo, diversos sensores, actuadores o también un radiador de aceite.

En la práctica hay módulos de filtración de aceite con filtro desechable, pero también los hay con filtro de carcasa.

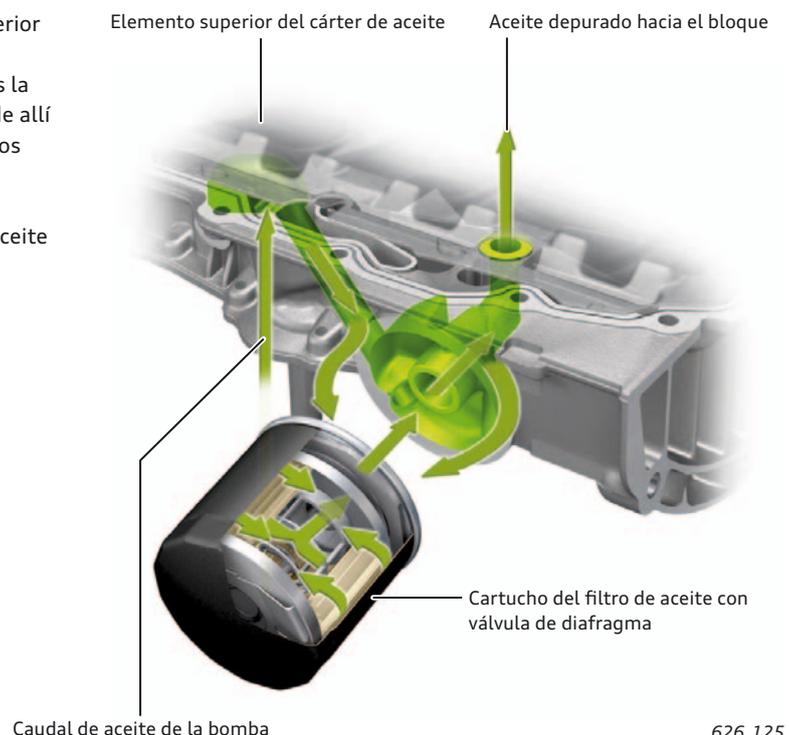


626_128

Cartucho del filtro de aceite directamente en el motor (tomando como ejemplo el del motor 1.4l TFSI, EA211)

El cartucho del filtro de aceite va atornillado al elemento superior del cárter de aceite. Durante el funcionamiento el aceite fluye desde la bomba, pasando por un conducto, hasta el filtro. Tras la depuración, sigue por una tubería ascendente en el bloque y de allí continúa a través del radiador de aceite. Acto seguido pasa a los diferentes puntos de lubricación.

Una válvula de diafragma en el filtro de aceite impide que el aceite se vacíe del filtro al estar parado el motor.

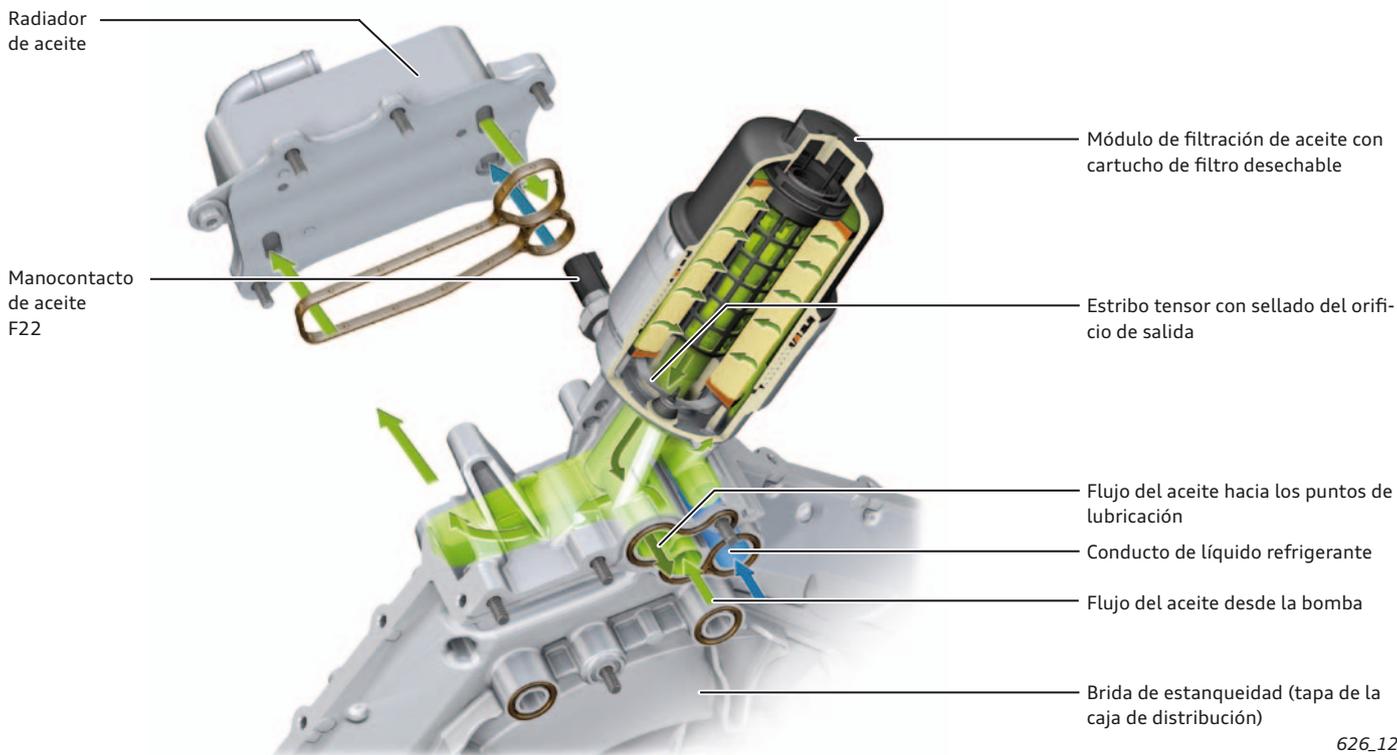


626_125

Módulo de filtración de aceite con cartucho desechable (tomando como ejemplo el del motor 3.0l TFSI, EA837)

El módulo de filtración de aceite forma parte de la brida de estanqueidad (tapa de la caja de distribución) en la parte posterior del motor. La arquitectura fundamental equivale a la de otros módulos de filtración de aceite verticales, como por ejemplo del motor EA888. Se ha eliminado el manguito que abre y cierra la salida del aceite del módulo de filtración.

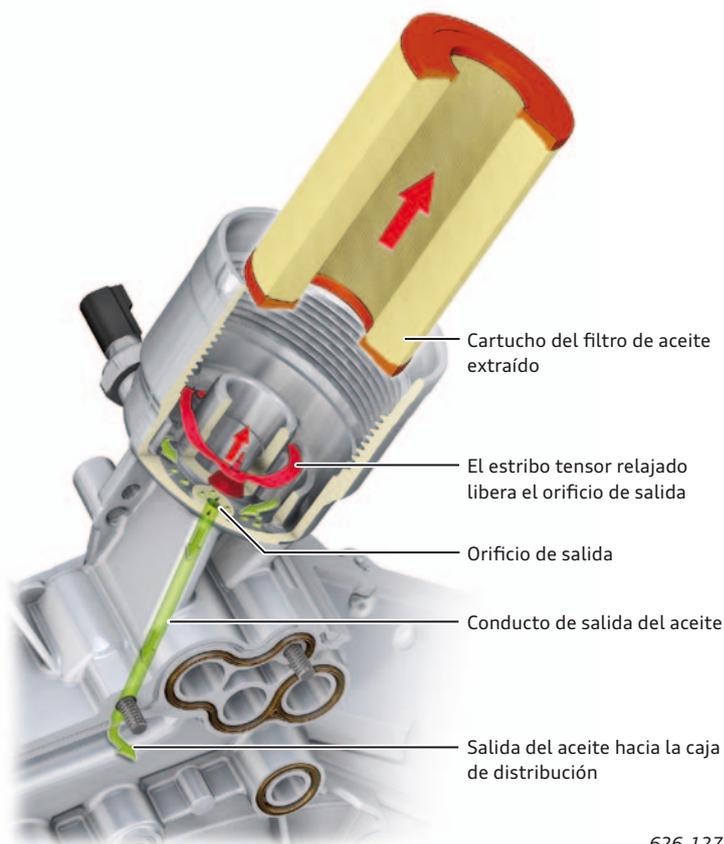
Esta función corre a cargo de un estribo tensor que tiene integrada una caperuza de estanqueidad. El aceite procedente de la bomba fluye a través del filtro y luego se enfría en el radiador de aceite. Después de ello se conduce hacia los puntos de lubricación del motor.



Retorno de aceite al efectuar un cambio de aceite

Al retirar el cartucho del filtro de aceite se relaja el estribo tensor y abre el paso del orificio de salida. El aceite restante en el módulo de filtración puede escapar hacia esa salida.

Al cambiar el filtro de aceite, es decir, antes de montar el cartucho nuevo se tiene que revisar o bien establecer el asiento correcto del estribo tensor. Si el estribo tensor no sella correctamente, no se podrá generar presión de aceite.



Nota

Para el cambio de aceite hay que tener en cuenta las indicaciones que se proporcionan en el Manual de Reparaciones para el desmontaje y montaje del cartucho del filtro de aceite, y especialmente las relacionadas con el manejo del estribo tensor.

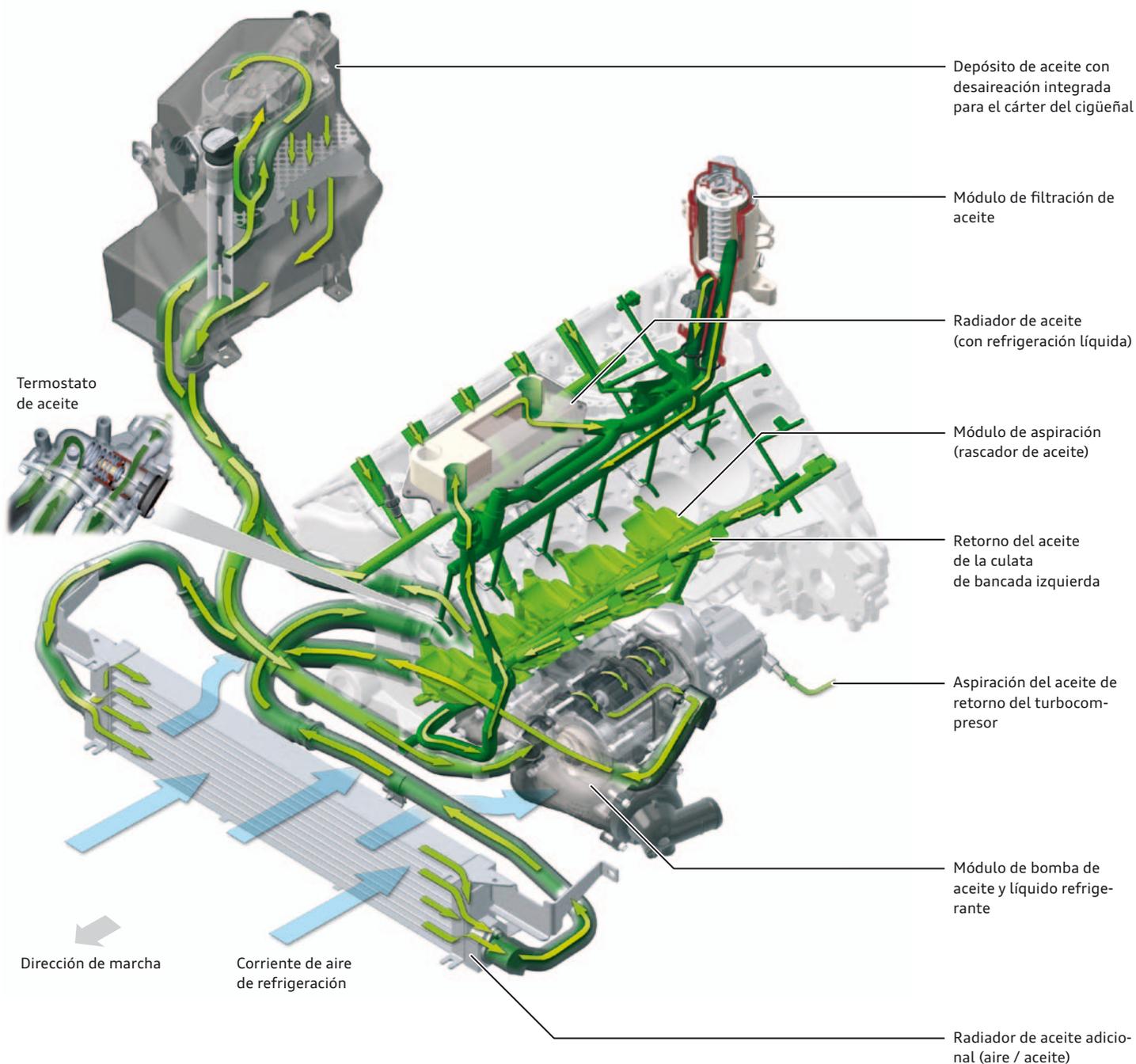
Lubricación por cárter seco (tomando como ejemplo la del motor 5.0l V10 TFSI en el Audi RS6, tipo 4F)

Para poder establecer la alimentación fiable con aceite a presión en un motor de un vehículo deportivo, y que ello funcione en todas las condiciones dinámicas y al tomar las curvas con altas velocidades, se aplica una lubricación por cárter seco.

Un motor con lubricación por cárter seco posee un módulo aspirante en lugar del cárter de aceite propiamente dicho, a través del cual se aspira todo el aceite que vuelve de los cojinetes, las culatas y la caja de la cadena.

El aceite aspirado pasa, impulsado por el módulo de bomba de aceite, a través de un termostato hacia el depósito de aceite. Desde allí se aspira nuevamente el aceite y el módulo de bomba lo impele a presión hacia el circuito del motor. Según sea la posición del termostato de aceite, el transporte del aceite hacia el depósito se realiza ya sea de forma directa o pasando por el radiador adicional para aceite (aire / aceite). Al cambiar el aceite se debe tener en cuenta que se abran todos los tornillos de descarga del aceite.

Estructura del sistema

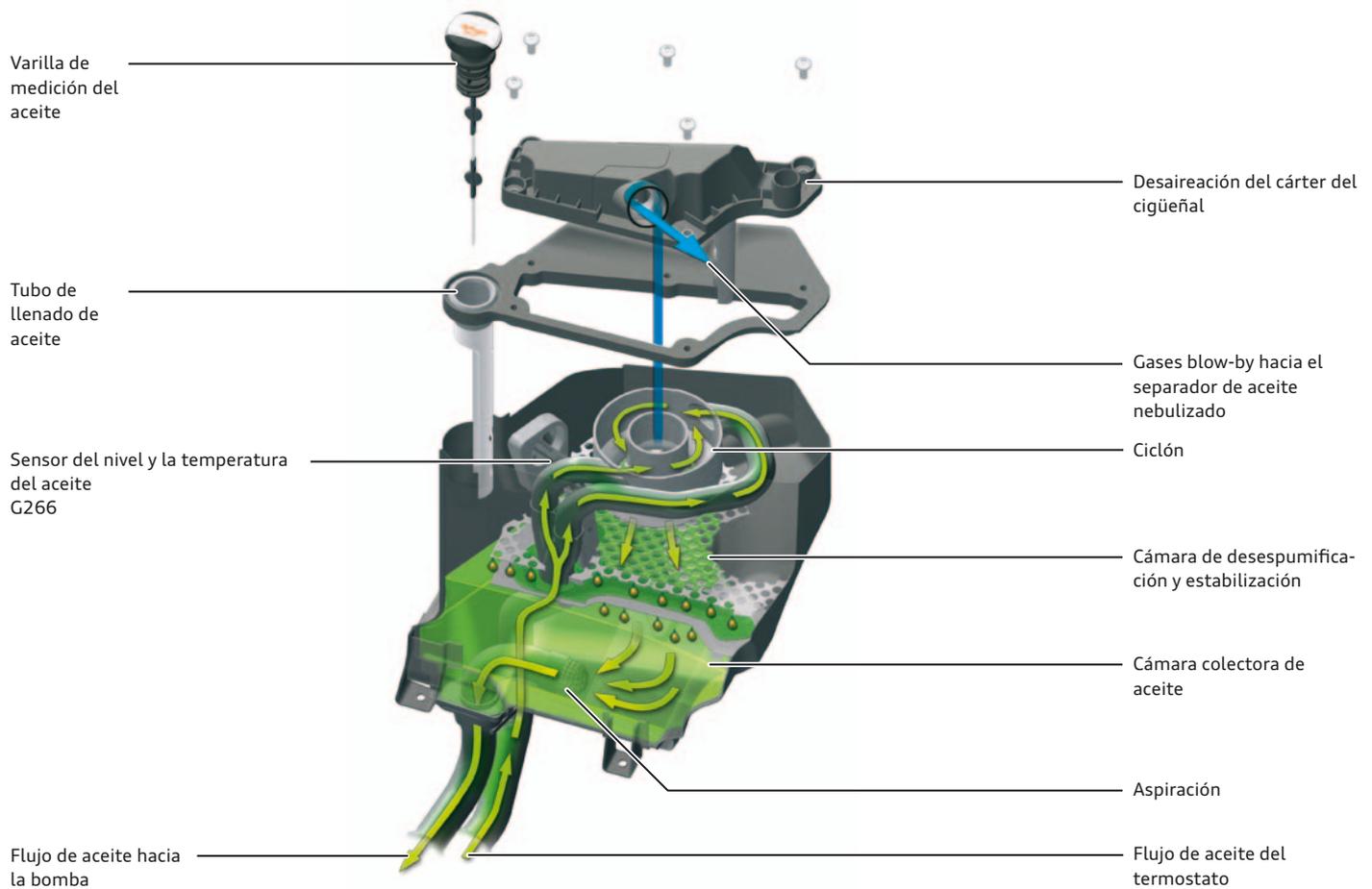


Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el funcionamiento de la lubricación por cárter seco.

Depósito de aceite

El aceite que el módulo de bomba impele hacia el depósito ingresa en éste a través de un tubo de 2 flujos, que desemboca en un ciclón. Con la entrada del aceite en el ciclón se lo somete a rotación y se desgasifica al mismo tiempo. Al escurrir el aceite en el depósito, pasa por chapas antioleaje, con lo cual se desespumifica y estabiliza el aceite.

Los gases blow-by (fugados de los cilindros) ascendentes pasan a la parte superior del depósito de aceite en el separador. En el depósito de aceite van instalados el tubo de llenado, la varilla de medición del nivel y el sensor del nivel y la temperatura del aceite G266.

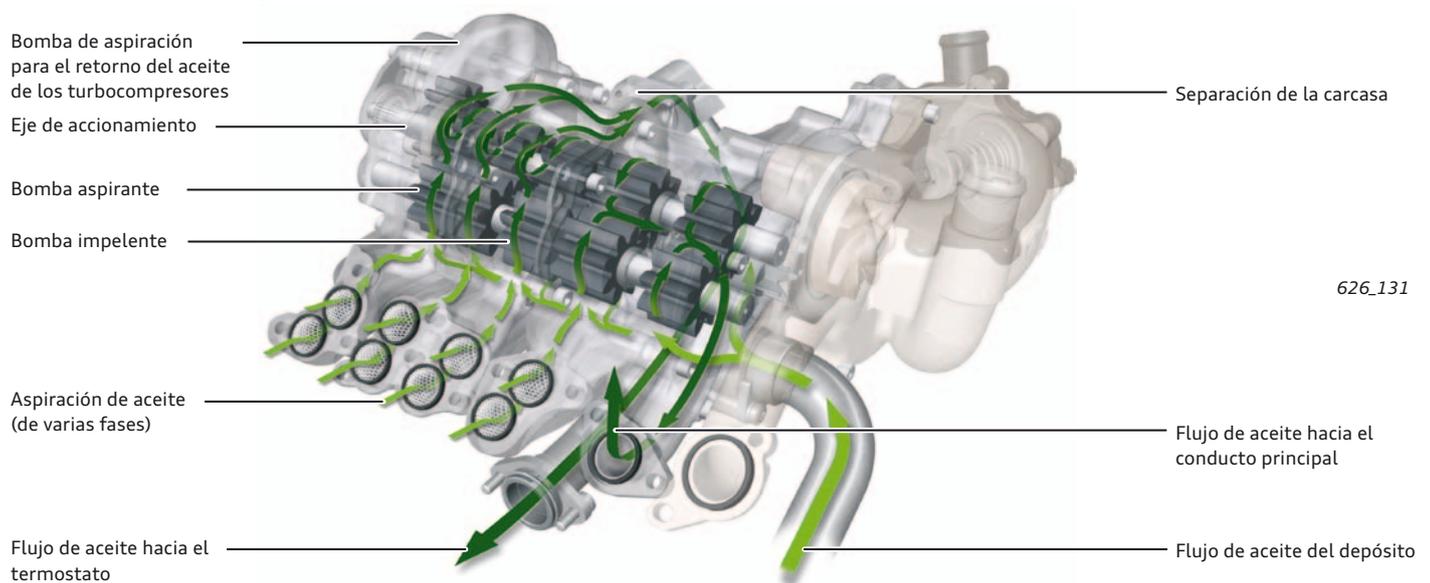


Módulo de bomba de aceite

626_130

El módulo de bomba de aceite se instala por fuera del motor y se acciona con la distribución de cadena. Consta de la bomba aspirante e impelente para el llenado del depósito de aceite, la bomba aspirante e impelente para el sistema de aceite del motor y la bomba de aspiración para el aceite de retorno del turbocompresor. La bomba de aceite constituye una unidad integral compartida con la bomba de líquido refrigerante.

En la bomba aspirante se aspira, a través del módulo de aspiración, el aceite que vuelve de los puntos de lubricación, y se transporta hacia el depósito de aceite. En la bomba impelente se aspira del depósito el aceite refrigerado y se impele hacia el circuito del motor.



626_131

Detección del nivel de aceite en vehículos Audi más recientes (tomando como ejemplo la del Audi A4, tipo 8K)

El indicador electrónico del nivel de aceite se implantó por primera vez en el Audi A4 (tipo 8K) y desde entonces se ha proliferado hacia muchos otros vehículos de Audi. Al cliente se le visualiza con ello toda la información necesaria en el cuadro de instrumentos o bien en el menú Car del MMI.

Posibles indicaciones en el cuadro de instrumentos



626_135



626_134



626_136



626_137

Indicador electrónico del nivel de aceite

Para el cálculo del nivel de aceite se aplican 2 métodos de medición.

La medición dinámica se realiza durante la marcha. Son importantes factores de medición al respecto:

- ▶ Régimen del motor
- ▶ Aceleración longitudinal y transversal por parte de la unidad de control del ESP
- ▶ Contacto del capó del motor (El capó debe estar cerrado.)
- ▶ Temperatura del motor (El motor debe tener temperatura operativa.)
- ▶ Ciclo dinámico después del último contacto de capó >50 km
- ▶ Dentro del ciclo dinámico debe haber una determinada cantidad de valores de medición.

La medición dinámica es la más exacta y la que se utiliza principalmente. Sin embargo, no siempre halla aplicación.

La medición se interrumpe en los casos siguientes:

- ▶ Valores de aceleración superiores a 3 m/s²
- ▶ Temperatura del aceite >140 °C
- ▶ Se accionó el conmutador de contacto para el capó del motor F266.

Comprobador para indicador del nivel de aceite T40178

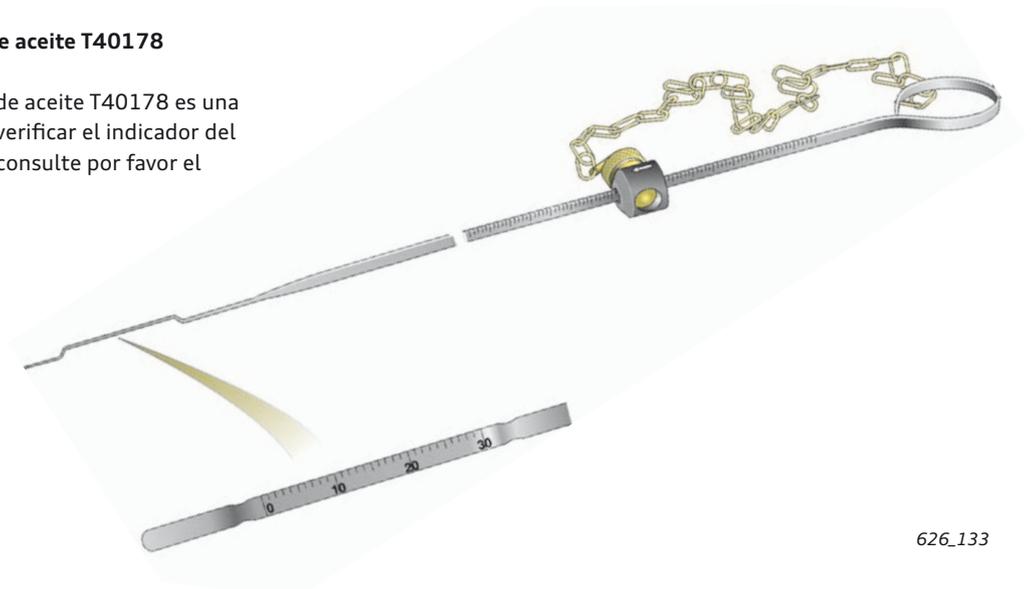
El comprobador para indicador del nivel de aceite T40178 es una herramienta especial que se utiliza para verificar el indicador del nivel de aceite. Para la aplicación exacta consulte por favor el Manual de Reparaciones.

La varilla de medición del nivel de aceite se suprime con la implantación del indicador electrónico del nivel de aceite. Para los talleres se ha desarrollado un comprobador para el indicador del nivel de aceite T40178. Para la forma de proceder exacta a la hora de comprobar el nivel de aceite haga el favor de consultar el sistema ELSA (Mantenimiento a la milésima) y el manual de instrucciones del vehículo.

La medición estática se realiza con:

- ▶ Encendido "ON" (Para obtener aquí lo más rápidamente posible un valor de medición ya se inicia la medición desde el momento en que se abre la puerta del conductor.)
- ▶ Temperatura del aceite del motor > 40 °C
- ▶ Motor parado durante más de 60 segundos

En la medición estática se consideran adicionalmente los valores de la aceleración del ESP (vehículo en posición inclinada). Aparte de ello se utiliza colateralmente la señal del freno de estacionamiento. Al haber niveles que pudieran provocar un daño en el motor, se produce un aviso de llenado subnormal o llenado excesivo.



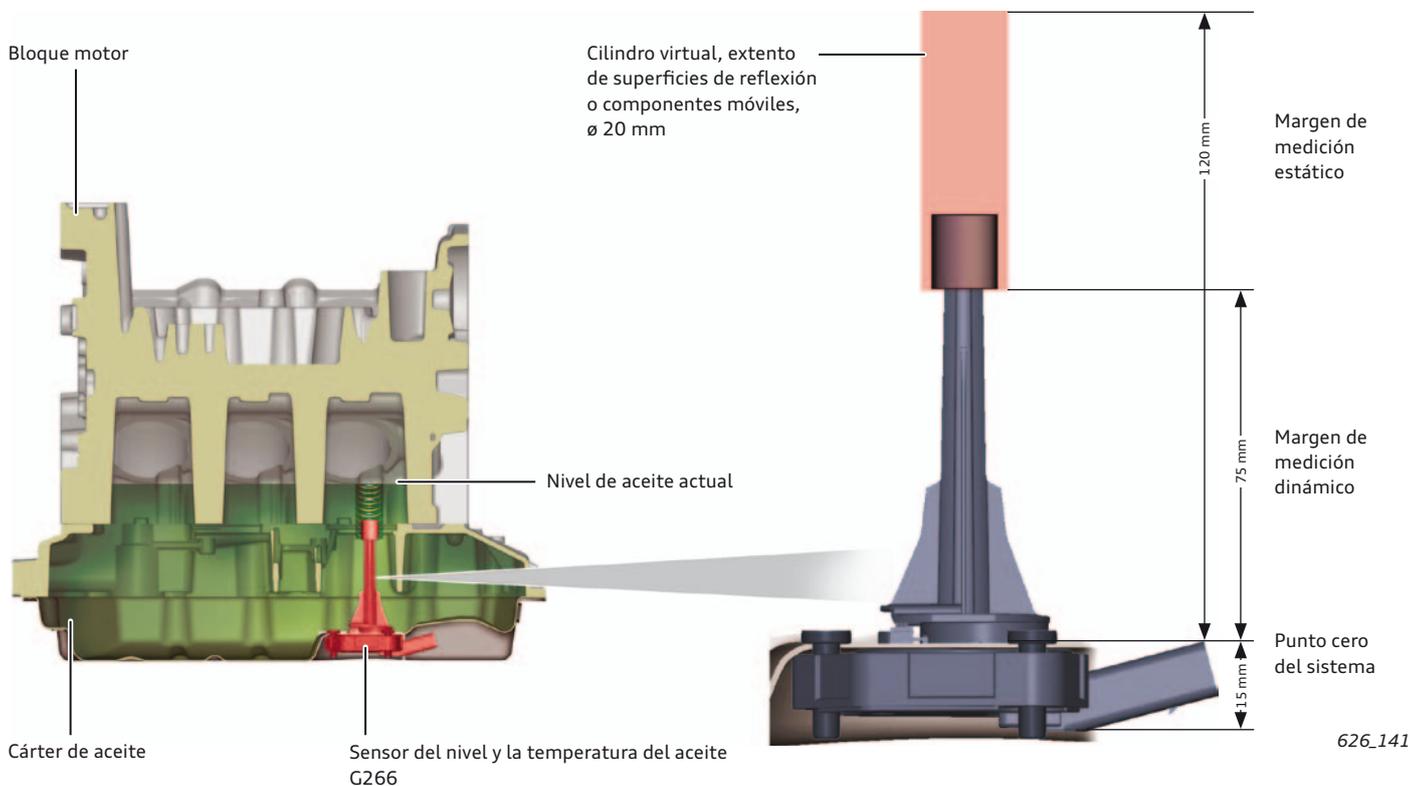
626_133

Sensor del nivel y la temperatura del aceite G266 (sensor de nivel de aceite PULS)

El sensor va atornillado en el cárter de aceite y trabaja según el principio ultrasónico. La abreviatura PULS significa "Packaged Ultrasonic Level Sensor".

Los impulsos de ultrasonidos transmitidos son reflejados por la capa límite entre aceite y aire. El nivel del aceite se determina analizando la diferencia del tiempo que transcurre desde que se transmite el impulso hasta que vuelve, teniendo en cuenta la velocidad del sonido.

El sensor del nivel de aceite PULS constituye la base para un indicador de nivel de aceite con cálculos realistas y la posibilidad de verificar el nivel a través del indicador en el cuadro de instrumentos o en el MMI. La primera implantación del sistema fue en el Audi A5 (tipo 8T) con el motor 3.2l FSI. Se suprime la varilla de medición del nivel de aceite que se utilizaba hasta entonces.



Cambio de aceite en vehículos Audi más recientes (tomando como ejemplo la del Audi A4, tipo 8K)

Según la especificación para el área de Servicio se debe aspirar el aceite del motor dentro del marco de una inspección. Los trabajos que ello involucra se han tenido en cuenta en la especificación de los tiempos de mano de obra.

Aspirar aceite

Por medio de un eyector y una tubería de aire comprimido se genera depresión en el depósito del equipo de extracción de aceite por succión. Hay sondas de aspiración disponibles con diferentes diámetros (5 – 8 mm). Para que sea posible aspirar la total cantidad de aceite del motor se ha instalado un elemento de plástico especial en el extremo inferior del tubo de aspiración de aceite, que hace las veces de guía para la sonda de aspiración, véase la figura. De este modo se puede introducir la sonda de aspiración hasta el fondo del cárter de aceite.

Aparte de ello, en algunos motores hay una canaleta guía para la sonda de aspiración en el fondo del cárter de aceite. La sonda de aspiración se conduce por medio de la canaleta guía hasta el punto más bajo del cárter de aceite.



Nota

Al cambiar el aceite deberán tenerse en cuenta en todo caso las indicaciones que se proporcionan en la documentación del Mantenimiento a la milésima sobre si se permite extraer el aceite por succión.

Aceites de motor

En un motor hay grandes diferencias de temperaturas. Esto no debe provocar, por ningún motivo, la interrupción o ruptura de la película lubricante. Otras sollicitaciones químicas y mecánicas, pero también la dilución del aceite por presencia de combustible conducen al envejecimiento y ensuciamiento del lubricante, y con ello a una menor capacidad lubricante.

Ingredientes del aceite de motor

Los lubricantes modernos constan de un alto porcentaje de aceite básico y aditivos. Los aceites básicos se pueden dividir en 3 grupos principales:

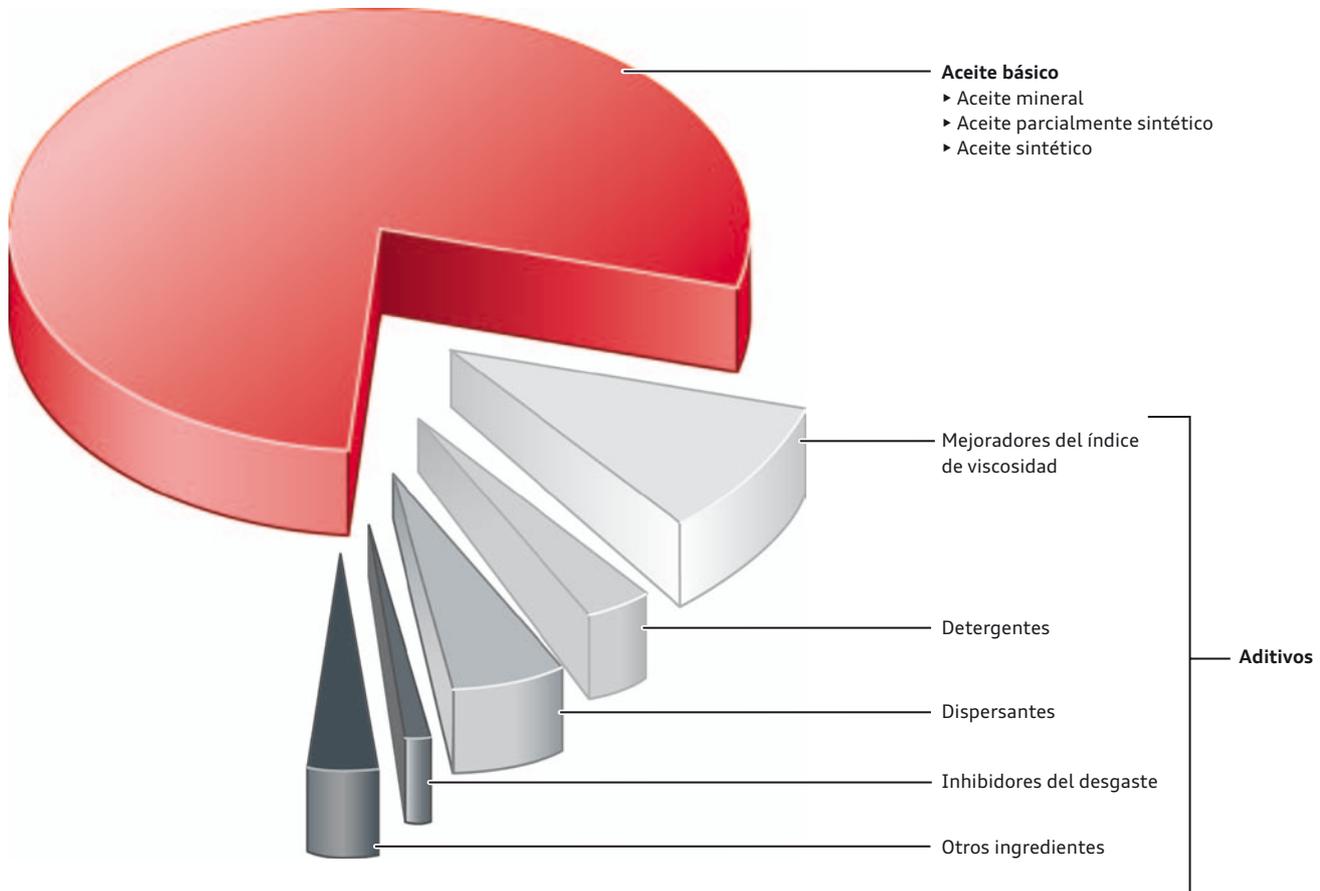
- ▶ **Aceites minerales:** los aceites minerales no son otra cosa que una gran cantidad de combinaciones de hidrocarburos. Se producen por la destilación del petróleo como materia prima. Una característica típica es la configuración irregular de las moléculas de los hidrocarburos.
- ▶ **Aceites parcialmente sintéticos:** el 2º grupo viene constituido por los aceites parcialmente sintéticos. Expresado en términos simples se trata de aceites minerales afinados, con unas propiedades correspondientemente mejores.
- ▶ **Aceites sintéticos:** los aceites sintéticos se obtienen a partir de la gasolina bruta. A diferencia del aceite mineral básico se producen aquí cadenas moleculares con una configuración ordenada.

De ahí resultan unos altos niveles de exigencias que se plantean a las características de un aceite de motor.

Aditivos

Para mejorar las propiedades operativas se agregan a los aceites básicos unos aditivos y sustancias activas solubles en el aceite, llamados en general aditivos, así p. ej.:

- ▶ Detergentes, que actúan como disolventes de la suciedad.
- ▶ Dispersantes, que mantienen las partículas en flotación.
- ▶ Mejoradores del índice de viscosidad
- ▶ Inhibidores del desgaste, que ofrecen una protección contra el desgaste.
- ▶ Inhibidores de la oxidación, que ofrecen una protección contra el envejecimiento.
- ▶ Inhibidores de la corrosión, que ofrecen una protección anticorrosión.



Viscosidad

La característica más importante de todos los aceites básicos es su viscosidad, la cual expresa qué tan tenaz es un aceite líquido. La viscosidad viene determinada por la temperatura. Esto significa, que a baja temperatura el aceite es más espeso y a alta temperatura es más delgado. Con el índice de viscosidad se puede saber con exactitud cuáles son estas características. Indica la fluidez que presenta un aceite a diferentes temperaturas. La viscosidad del aceite se mide con un viscosímetro especial. El índice de viscosidad, por su parte, es un valor numérico que se obtiene por cálculo.

Diagrama de viscosidad y temperatura

Un aceite de viscosidad constante posee la misma viscosidad a todas las temperaturas (línea roja). Esto prácticamente no es posible.

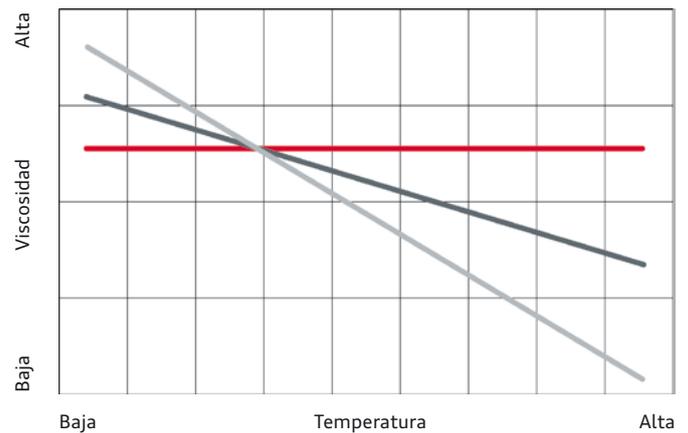
Un aceite con un mal comportamiento de la viscosidad (característica en gris claro) es muy espeso al hacer frío y extremadamente delgado al hacer calor. Esto lo hace utilizable solamente dentro de un limitado margen de temperaturas, porque sólo dentro de éste se dispone de una película lubricante segura.

Un aceite con un comportamiento de viscosidad adecuado (característica en gris oscuro) llega más rápidamente hasta los puntos de lubricación cuando hace frío que un aceite con un mal comportamiento de la viscosidad. Y también a altas temperaturas sigue formando todavía una película lubricante segura.

Índice de viscosidad

- ▶ **Aceites sintéticos:** 120 – 150
- ▶ **Aceites minerales:** 90 – 100

En un diagrama de viscosidad y temperatura se puede reconocer bastante bien el comportamiento de la viscosidad al variar la temperatura. El valor numérico ofrece información acerca de la inclinación de las curvas características, es decir, que el valor crece cuanto más plana es la característica. El índice de viscosidad se utiliza para la catalogación según el sistema SAE. En el caso de los aceites minerales el índice de viscosidad se cifra entre los 90 y 100. Y los aceites de fabricación sintética, por su parte, presentan un índice marcadamente superior, cifrado alrededor de 120 hasta 150.



- Ideal comportamiento de la viscosidad
- Mal comportamiento de la viscosidad
- Adecuado comportamiento de la viscosidad

626_098

Sistema SAE

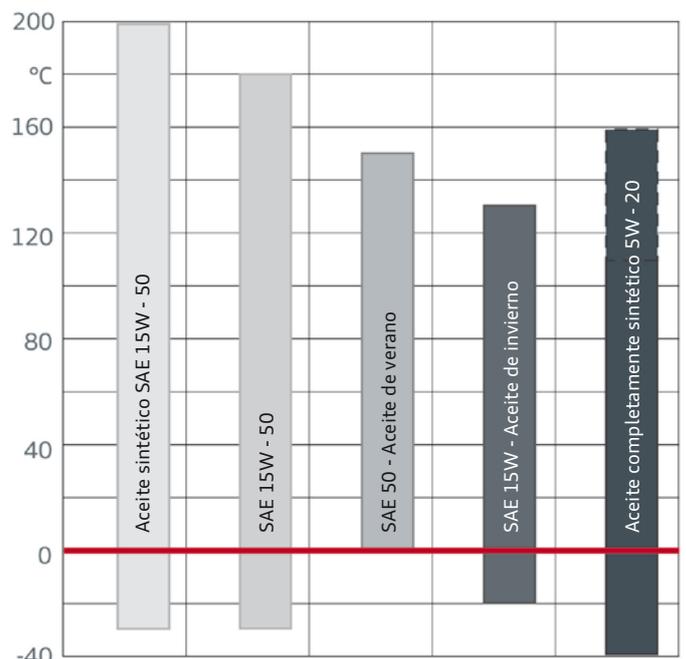
La viscosidad fue la base de la primera clasificación según el sistema SAE (SAE = Society of Automotive Engineers). Facilita la selección de los aceites para motores y engranajes dentro de los diferentes márgenes de temperaturas. Así por ejemplo, existen aceites monogrado especiales, p. ej. un aceite de invierno – SAE 15W y un aceite de verano – SAE 50.

La división dentro de las clases de viscosidad SAE comienza con 0W y finaliza con 60. Debido a que los aceites de motor se utilizan independientemente de las fluctuaciones de las temperaturas en la diferentes temporadas del año, su identificación se divide en 2 tipos. Son los llamados aceites multigrado, que cubren varias clases de viscosidad a la vez.

La primera cifra representa el comportamiento de la fluidez en frío, en invierno, por lo que se identifica con una "W" (winter). Cuanto más bajo es este número, tanto mejor es el comportamiento del aceite en frío.

La otra cifra caracteriza la viscosidad mínima a 100 °C, es decir, al someterse a una alta sollicitación mecánica, por ejemplo en la gama de altas revoluciones. Cuanto más alta es esta cifra indicativa, tanto más espeso es el aceite a altas temperaturas.

El sistema SAE apenas si hace algún enunciado relacionado a la calidad, porque la viscosidad viene a ser solamente una de muchas características de la calidad.



626_099

Normas sobre aceites

En numerosas normas sobre aceites de motores se han especificado las propiedades de los aceites. La clasificación americana API se ha propagado en el mundo entero. En Europa, la asociación de fabricantes de automóviles (ACEA) es la que determina los estándares de la calidad de los aceites. Describe las exigencias mínimas que se plantean a los aceites de motor y especifica el estándar a nivel mundial. Sin embargo, mientras tanto existen en parte otras normas bastante más específicas para los aceites.

Ejemplos de criterios para fijar normas sobre aceites de motor:

- ▶ Estabilidad a la oxidación
- ▶ Desgaste
- ▶ Sedimentos a alta temperatura
- ▶ Consumo de aceite
- ▶ Reducción del consumo de combustible

Intervalos de mantenimiento flexibles

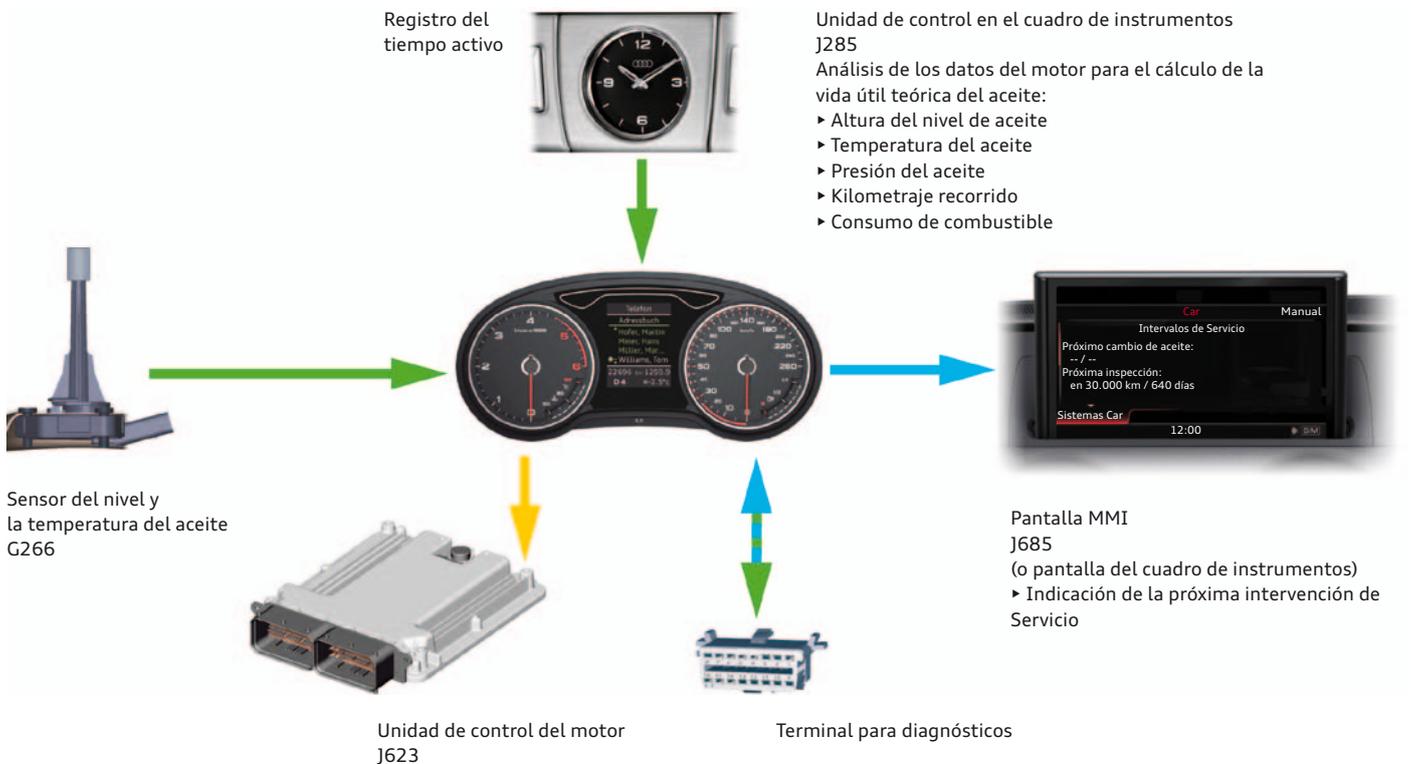
Muchos modelos de vehículos de Audi disponen de intervalos de mantenimiento flexibles, con la indicación de la próxima intervención del Servicio. Una unidad de control analiza para ello diversos datos del motor y calcula con ellos una vida útil teórica del aceite de motor.

Con la mayor duración de uso del aceite en el motor, se encuentra expuesto a cada vez más intensas manifestaciones de envejecimiento, como por ejemplo el espesamiento o la formación de lodo de aceite. Esto se pretende evitar por medio de aceites particularmente delgados y muy cargados de aditivos. Con una carga de estos aceites los vehículos pueden trabajar durante un tiempo bastante más largo.

En los trabajos de mantenimiento dedicados a esos vehículos se tienen que comprobar por ello en todo caso los correspondientes datos del vehículo. Si se trata de un vehículo con intervalos de mantenimiento flexibles, únicamente se deben emplear las clases de aceites que se autorizan especialmente para ello.

Los vehículos de mayor antigüedad, no previstos para intervalos de mantenimiento flexibles, no se deben cargar con estos aceites, porque podrían producirse daños en el motor.

Determinación de intervenciones del Servicio



626_103



Remisión

En Audi Service Net (MOS capítulo 6.2) hay indicaciones sobre las normas actuales de los aceites de motor y una lista de los fabricantes de aceites y de las clases de aceite que ofrecen.

Sistemas parciales

Desaireación del cárter del cigüeñal

Durante el funcionamiento del motor intervienen corrientes de fuga en los segmentos de los pistones, que dejan pasar pequeñas cantidades de gases entre el pistón y la pared del cilindro hacia el bloque.

Estos llamados gases blow-by se fugan por los segmentos de los pistones hacia abajo. Por ello es necesario aspirarlos del bloque y conducirlos a la combustión. Esta función corre a cargo de la desaireación del cárter del cigüeñal.

Funcionamiento fundamental

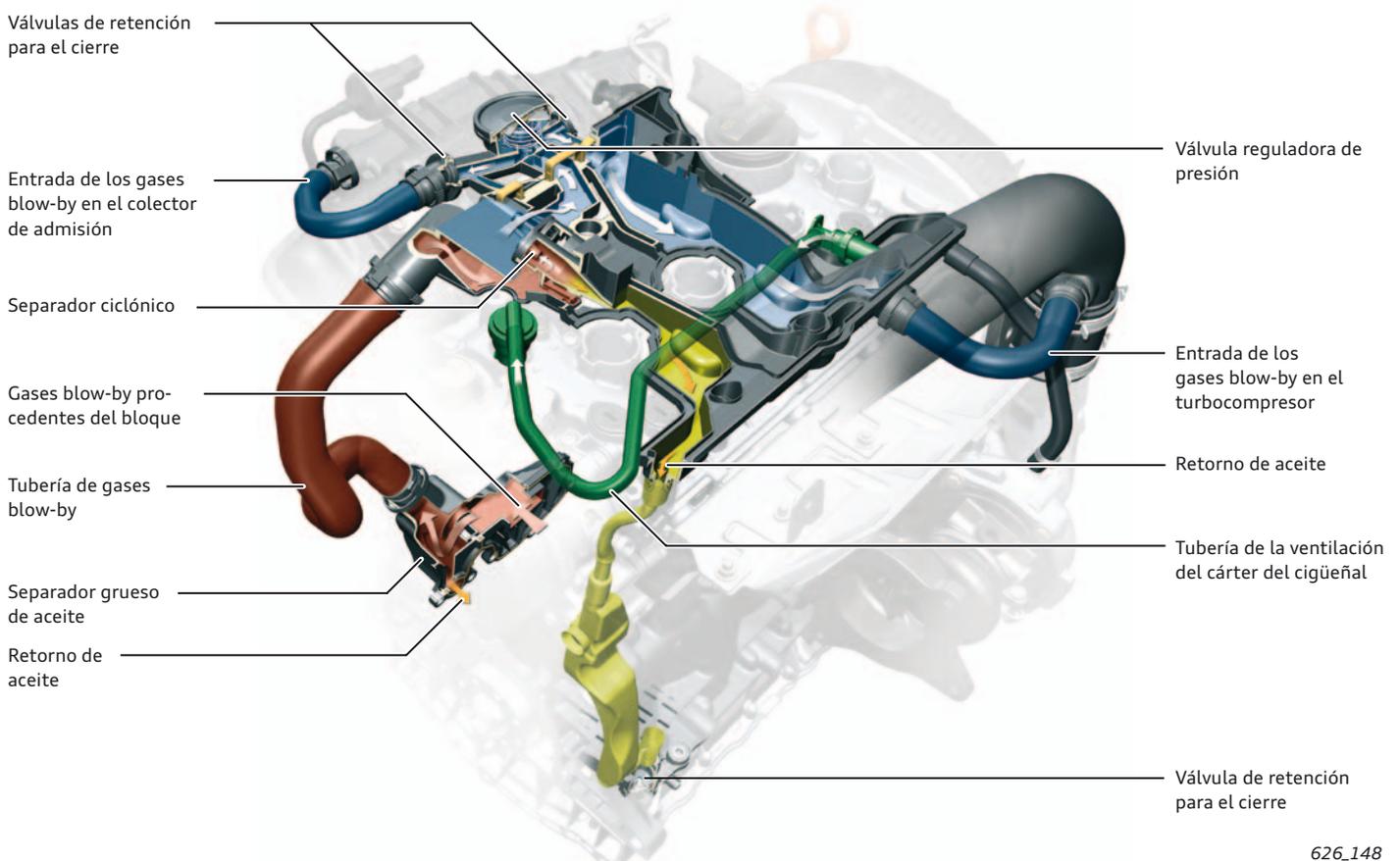
A través de un conducto se aspiran los gases blow-by del bloque. Para ello se utiliza la depresión del colector de admisión. En un tramo de la tubería va integrado un separador de aceite grueso. Separa las partes líquidas de las gaseosas. El aceite así separado se capta y fluye directamente de vuelta al cárter a través de un retorno.

El gas pre-depurado ahora pasa hacia un separador de aceite nebulizado. Allí se captan las más refinadas partículas de aceite todavía existentes y se conducen hacia el cárter. Las partes gaseosas se alimentan a través del colector de admisión directamente hacia las cámaras de combustión y se queman allí. El aire exterior necesario se alimenta al sistema a través de la desaireación del cárter del cigüeñal (PCV).

Estructura y funcionamiento (a título de ejemplo en el motor 1.8l TFSI, EA888)

En el EA888 se realiza la desaireación del cárter del cigüeñal a través del bloque motor. Para ello se instala un separador de aceite por debajo de la bomba de líquido refrigerante, dentro del cual se conducen los gases blow-by a través de un laberinto. Este separador de aceite grueso trabaja en 2 fases de separación, según el principio de las placas de rebote. El aceite captado por separación se devuelve al cárter a través de los retornos. Los gases ahora pre-depurados se conducen hacia la cubierta de diseño del motor, en la que hay un separador de aceite nebulizado. Está ejecutado como un separador ciclónico de una sola fase, con una válvula bypass conectada en paralelo, que retiene por filtración las más refinadas partículas de aceite todavía contenidas. El aceite así separado se conduce hacia la culata.

A través del conducto de retorno de aceite del motor se hace pasar hacia el cárter el aceite de motor que ha escurrido. Para evitar la aspiración del aceite de motor hay una válvula de retención en el cárter. Los gases blow-by depurados pasan ahora hacia la válvula reguladora de presión de 2 fases. Con ello se evita que se produzca una depresión demasiado intensa en el bloque. La válvula reguladora de presión se instala en una carcasa conjuntamente con 2 válvulas de retención. Regulan la aspiración de los gases depurados en la zona de admisión. Si hay depresión en el colector de admisión, los gases blow-by se aspiran directamente hacia el colector. Si hay presión de sobrealimentación, los gases blow-by se alimentan hacia el turbocompresor.

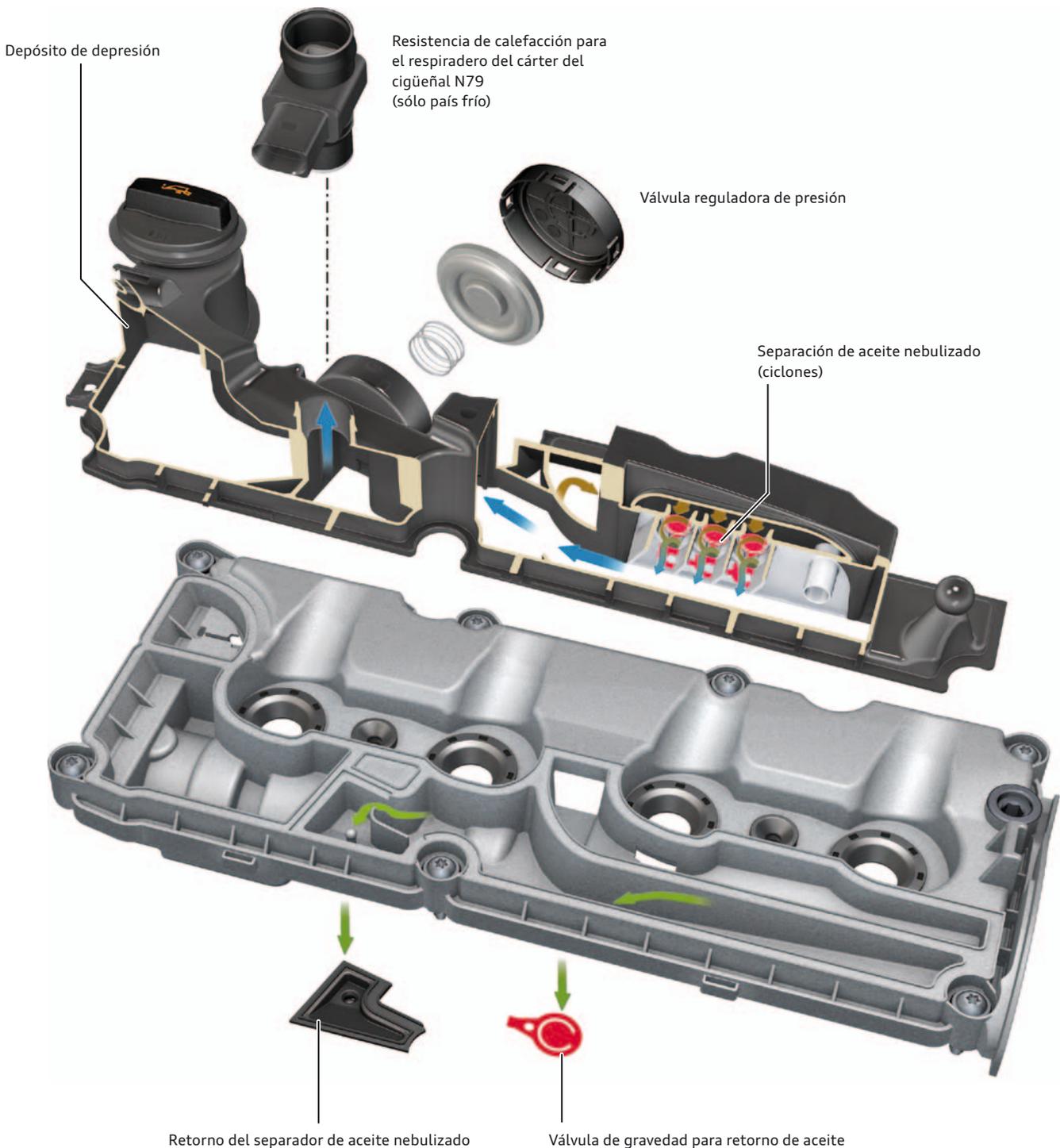


Estructura y funcionamiento (a título de ejemplo en el motor 2.0l TDI, EA288)

La tapa de la culata es un componente fabricado en poliamida. Su misión esencial consiste en establecer el sellado de la culata e integrar el depósito de depresión.

Integra también otras funciones, tales como la separación de aceite basto y de aceite nebulizado procedente de los gases fugados de los cilindros (blow-by), así como la regulación de la presión en el cárter del cigüeñal. Los gases blow-by pasan del cárter del cigüeñal a través de orificios pequeños hacia el separador grueso de aceite, para ingresar desde allí en los ciclones.

Ahí sucede la separación del aceite nebulizado. Después de pasar por los ciclones, los gases blow-by ingresan en la válvula reguladora de presión. Luego son alimentados a la combustión a través del colector de admisión.



626_247

Sistema de refrigeración del motor

Aparte de la energía mecánica, los motores de combustión transforman en calor una parte considerable de la energía que se les alimenta. Las fuentes de la generación de calor son, en primer lugar, el proceso de la combustión, pero también lo son las fricciones endométricas.

Para proteger los componentes contra un mayor desgaste y su posible destrucción, es preciso disipar el calor del motor. Esto se realiza por medio de una refrigeración específica, que también ejerce una influencia directa en las propiedades operativas indicadas a continuación y, por tanto, también en las condiciones económicas de un motor:

- ▶ Llenado de los cilindros
- ▶ Consumo de combustible
- ▶ Tendencia al picado (sólo motor de gasolina)
- ▶ Compresión

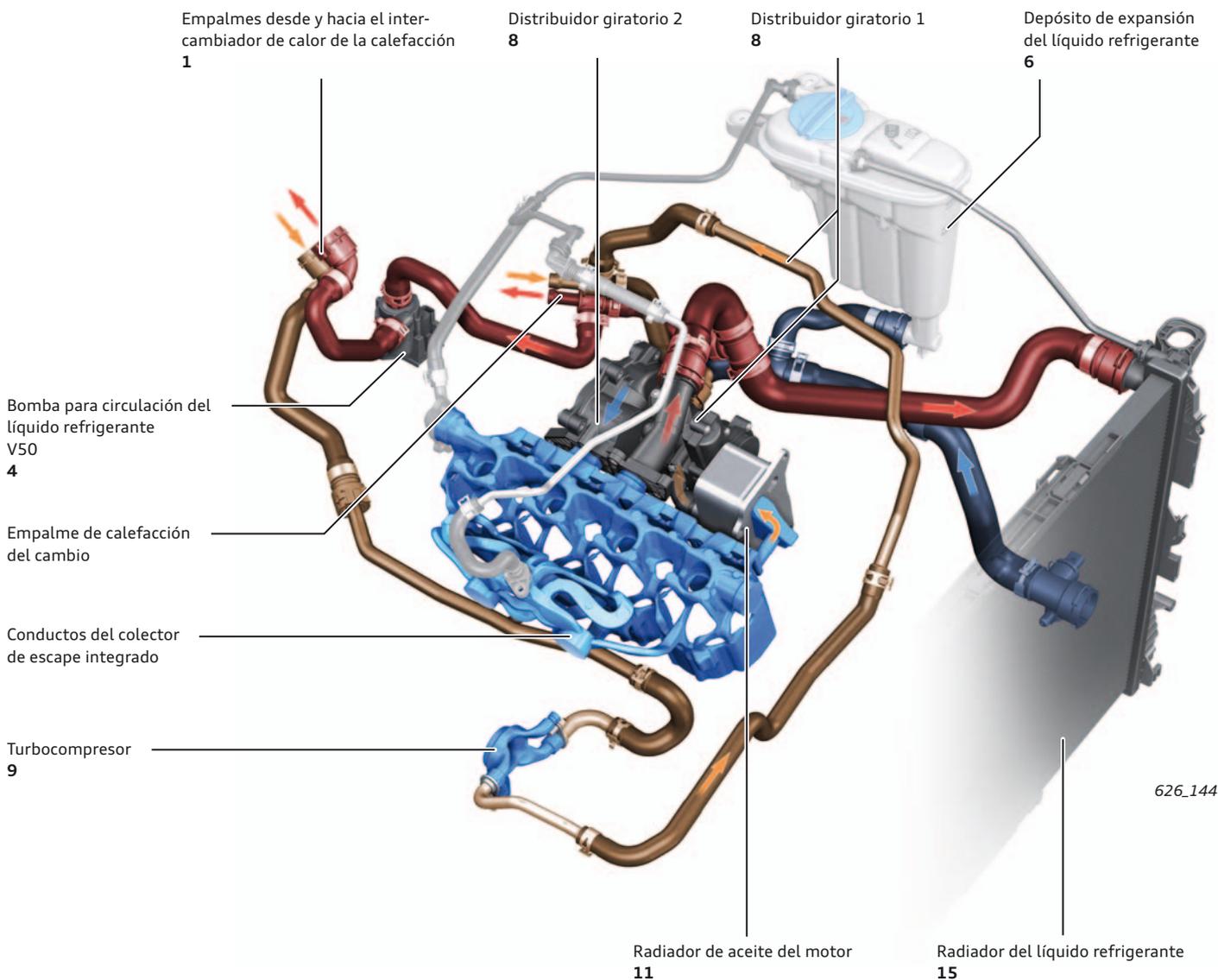
Componentes en el circuito de refrigeración

La figura muestra, a título de ejemplo, la estructura de un circuito de refrigeración con sus componentes. La estructura de un circuito de refrigeración depende esencialmente de los factores siguientes:

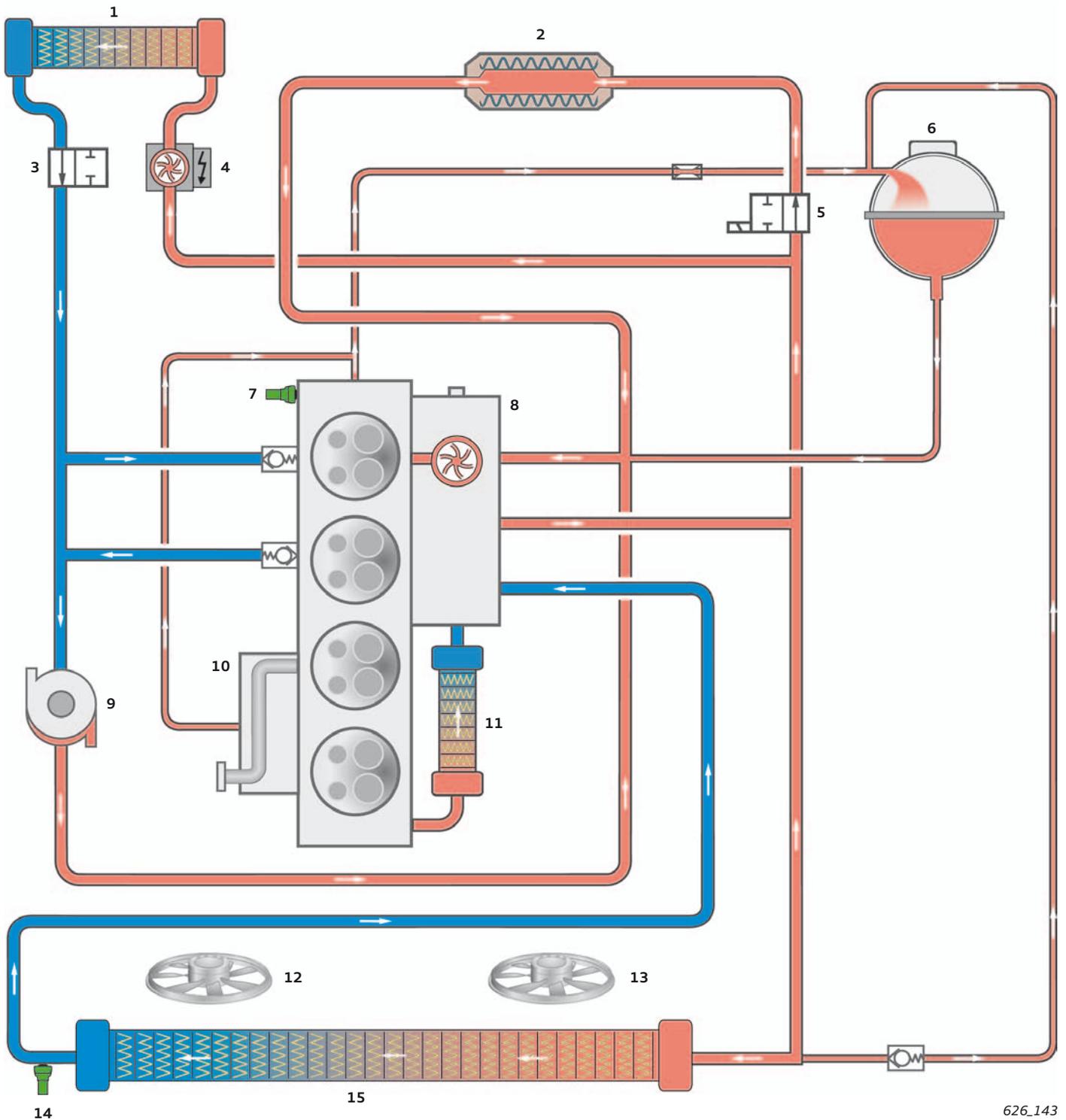
- ▶ Tamaño y arquitectura del motor
- ▶ Tipo y arquitectura del sistema de sobrealimentación
- ▶ Equipamientos opcionales, como p. ej. calefacción independiente
- ▶ Tamaño del vehículo (cantidad de intercambiadores de calor)

De ahí resultan numerosas exigencias que se plantean a un sistema de refrigeración. Debe ser ligero y compacto y, sin embargo, aportar una buena refrigeración. Además es importante asegurar una refrigeración de todos los componentes relevantes, en función de las necesidades.

La figura muestra el circuito de refrigeración en un vehículo con motor 1.8l TFSI, EA888, gen. 3 con cambio manual y sin calefacción independiente. La rotulación en el gráfico va dotada adicionalmente con los números de la leyenda que figura en la página siguiente.



Estructura del sistema



626_143

- █ Líquido refrigerante enfriado
- █ Líquido refrigerante calentado

Leyenda:

- | | | | |
|----------|---|-----------|---|
| 1 | Intercambiador de calor de la calefacción | 9 | Turbocompresor |
| 2 | Radiador de aceite para engranajes | 10 | Colector de escape integrado (IAGK) |
| 3 | Válvula de cierre del líquido refrigerante del Climatronic N422 | 11 | Radiador de aceite del motor |
| 4 | Bomba para circulación del líquido refrigerante V50 | 12 | Ventilador del radiador V7 |
| 5 | Válvula del líquido refrigerante para el cambio N488 | 13 | Ventilador 2 del radiador V177 |
| 6 | Depósito de expansión del líquido refrigerante | 14 | Sensor de la temperatura del líquido refrigerante en la salida del radiador G83 |
| 7 | Sensor de la temperatura del líquido refrigerante G62 | 15 | Radiador del líquido refrigerante |
| 8 | Bomba de líquido refrigerante con actuador para regulación de la temperatura del motor N493 (distribuidores giratorios 1 y 2) | | |

Sistema de refrigeración de 2 circuitos

Para reducir la fricción en el motor y las emisiones de éste se ha procedido a desarrollar decididamente más a fondo el sistema de refrigeración. Una orientación del desarrollo hizo que surgieran motores dotados de 2 circuitos de refrigeración independientes.

Así por ejemplo, el circuito de refrigeración del motor Audi V6 TDI está ejecutado como sistema Split Cooling, es decir, que el bloque y las culatas se irrigan a través de 2 circuitos de refrigeración paralelos, conectados por separado. La bomba de líquido refrigerante situada por el frente en la V interior trabaja de forma continua y transporta el líquido refrigerante en el bloque, respectivamente a los lados de escape del grupo. Allí se divide el caudal hacia las culatas y el bloque, para volver al lado aspirante de la bomba de líquido refrigerante después de haber recorrido los dos subcircuitos parciales. La entrada del líquido refrigerante en el circuito de la culata se realiza por los lados de escape de las bancadas de cilindros, a través de una válvula de retención, respectivamente. Las válvulas de retención sirven para evitar reflujos de líquido refrigerante entre las dos bancadas de cilindros y la disipación involuntaria del calor del bloque, que ello supondría.

Circuito de refrigeración del bloque

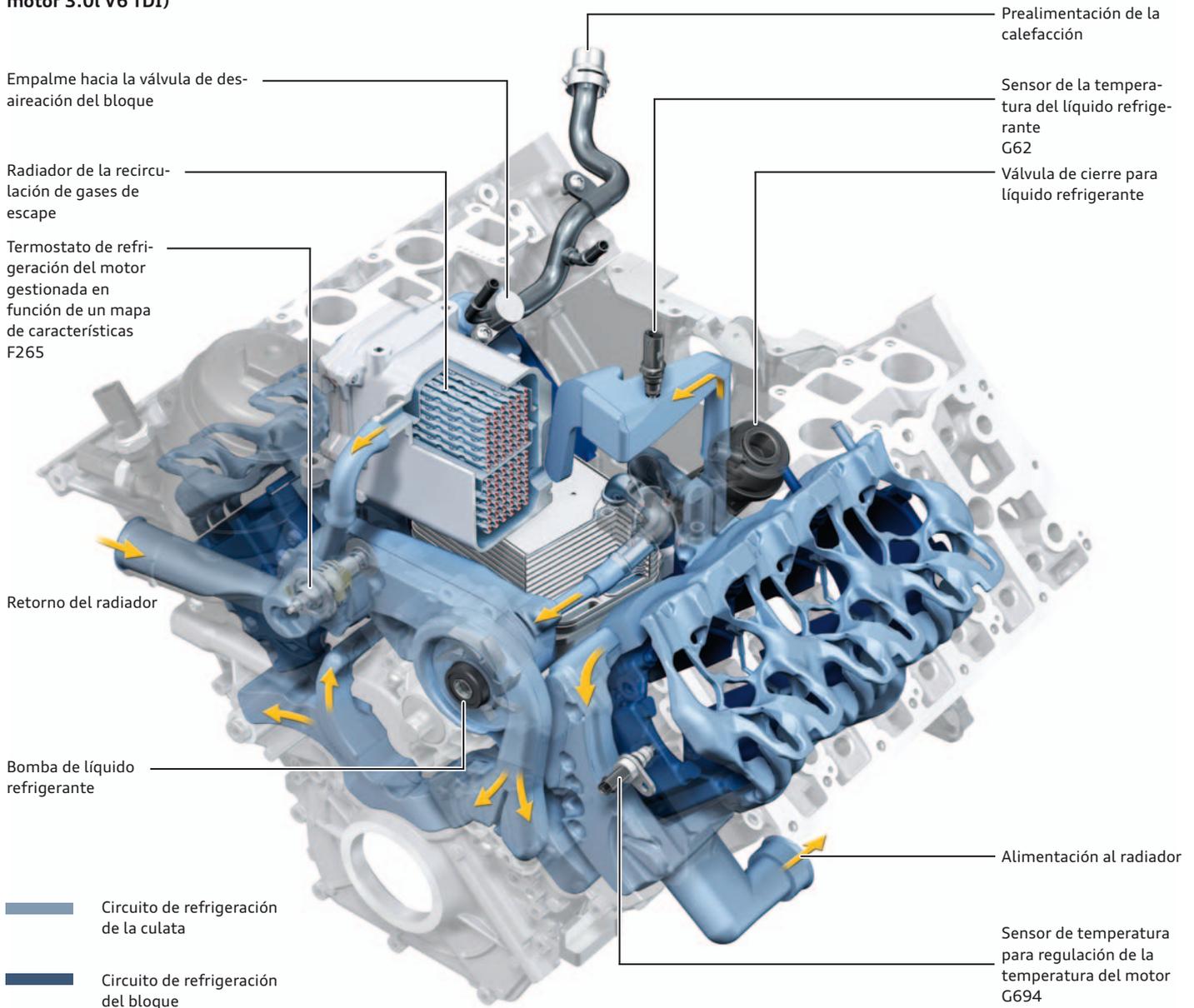
Primeramente se cierra el circuito de refrigeración del bloque por medio de la válvula de bola gestionada por depresión que se instala a la salida del líquido refrigerante,

y el motor trabaja con el líquido refrigerante inmóvil, para abreviar así la fase de calentamiento del motor y reducir los efectos de fricción. Una vez que el motor se encuentra a temperatura operativa en todos los puntos, se procede a regular el nivel de las temperaturas en el circuito de refrigeración del bloque con ayuda de la válvula de bola gestionada por depresión, estableciéndose alrededor de los 105 °C. El mecanismo del cigüeñal puede trabajar por ello dentro del margen de temperaturas óptimo en lo que respecta a las fricciones. La válvula de bola es excitada para ello por la válvula del líquido refrigerante para la culata N489 por medio de una señal modulada en ancho de pulso (PWM).

Circuito de refrigeración de la culata

El nivel de las temperaturas en el circuito de refrigeración de la culata se regula con la ayuda de un termostato gestionado por mapa de características y dotado de elemento dilatante de cera, en versión calefactable. En la fase de calentamiento el termostato se encuentra sin corriente y abre a partir de los 90 °C. De esta forma, hasta que se alcanza esta temperatura no se suministra energía de calor al radiador principal del líquido refrigerante. Aplicando corriente al termostato para la refrigeración por mapa de características se puede bajar el nivel de la temperatura en el circuito de refrigeración de la culata - dentro del marco de los límites físicos impuestos al radiador.

Componentes del motor (tomando como ejemplo los del motor 3.0l V6 TDI)



626_252

Bomba de líquido refrigerante

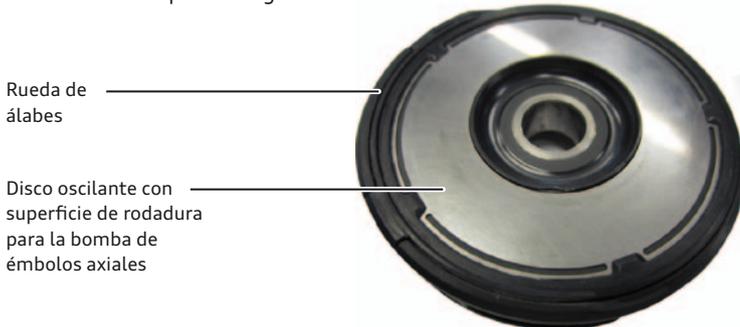
En el circuito de refrigeración de un motor de combustión con refrigeración líquida una bomba de líquido refrigerante se encarga de hacer circular el líquido. Según el motor de que se trate se aplica una bomba de líquido refrigerante en parte con diferentes rodetes. Para el accionamiento, la bomba de líquido refrigerante se asocia ya sea a la distribución o al ramal de correa del motor, es decir, que al estar el motor en funcionamiento alimenta permanentemente líquido refrigerante.

Bomba de líquido refrigerante, conmutable

La corredera de regulación puede ser desplazada hidráulicamente sobre la rueda de álabes, de modo que no se produzca ningún caudal impelido del líquido refrigerante. La rueda de álabes incluye una placa de acero inoxidable, empotrada en la fundición a manera de disco oscilante.

Líquido refrigerante inmóvil

Una bomba de émbolos axiales integrada en la carcasa es accionada por medio del disco oscilante. Obedeciendo al movimiento alternativo del disco oscilante, la bomba de émbolos axiales impele líquido refrigerante a través de la válvula del líquido refrigerante para la culata N489 de vuelta hacia el circuito de refrigeración. Si se aplica corriente a la electroválvula se cierra el conducto de retorno en el circuito de líquido refrigerante. Por el movimiento alternativo de la bomba de émbolos axiales se genera una presión hidráulica en el émbolo anular. La corredera de regulación se desplaza contra la fuerza de un muelle de compresión, disponiéndose en torno a la rueda de álabes y sella contra el bloque. No tiene lugar ninguna circulación del líquido refrigerante.

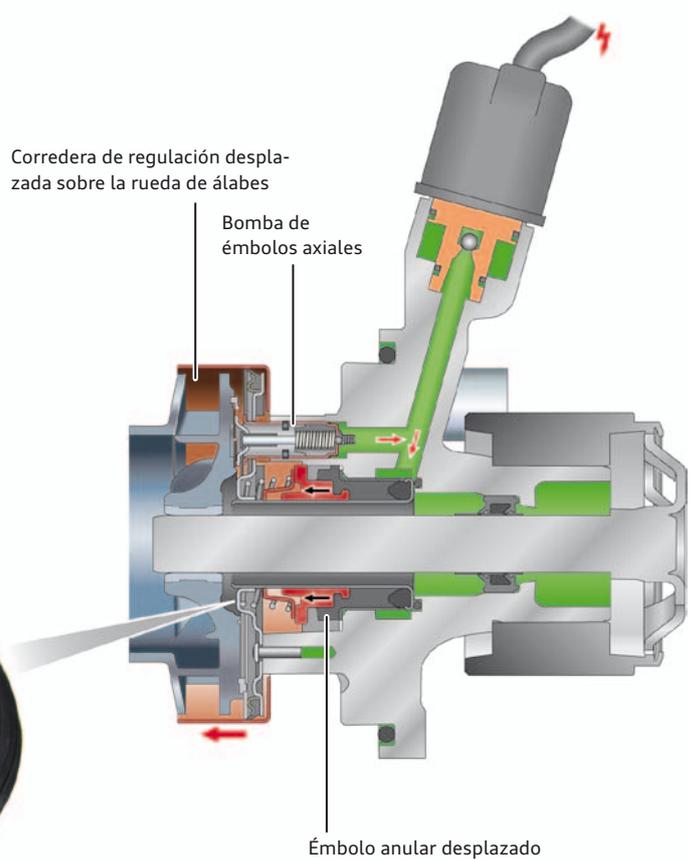


Rueda de álabes

Disco oscilante con superficie de rodadura para la bomba de émbolos axiales

En algunos motores se procede a cubrir el rodete de la bomba de líquido refrigerante en determinadas situaciones operativas, para establecer el estado de "líquido refrigerante inmóvil". Después del arranque del motor esto se traduce en una fase de calentamiento más rápida en determinadas áreas del motor.

Válvula del líquido refrigerante para la culata N489 conmutada



Corredera de regulación desplazada sobre la rueda de álabes

Bomba de émbolos axiales

Émbolo anular desplazado

El líquido refrigerante circula

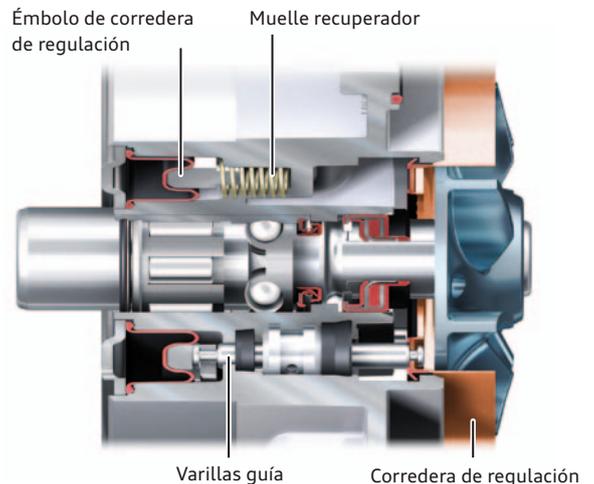
Si se corta la corriente de la electroválvula, el conducto de retorno abre en el circuito de líquido refrigerante, el émbolo anular es retraído por el muelle de compresión y arrastra a la corredera de regulación hacia la posición de partida.

La rueda de álabes vuelve a quedar despejada y comienza la circulación del líquido refrigerante. La bomba de émbolos axiales siempre se encuentra en funcionamiento al estar el motor en marcha.

Arquitectura con confirmación de la depresión

Por evacuación de la cámara de depresión se ejerce una fuerza sobre el émbolo de la corredera de regulación. Las varillas guía de la corredera de regulación son oprimidas por ello en contra de la fuerza del muelle sobre la rueda de álabes hacia el bloque motor. Con esta operación se logra estrangular el lado de presión a la salida de la bomba. Con los muelles recuperadores que se hallan implantados 3 veces en el contorno se tiene la seguridad de aumentar el caudal pleno si surgen problemas con la alimentación de depresión.

A una temperatura del líquido refrigerante por debajo de los $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ no se excita la bomba, porque con ello se podrían dañar las juntas y el diafragma. Tampoco es excitada la bomba cuando se vuelve a arrancar el motor.



Émbolo de corredera de regulación

Muelle recuperador

Varillas guía

Corredera de regulación

626_256

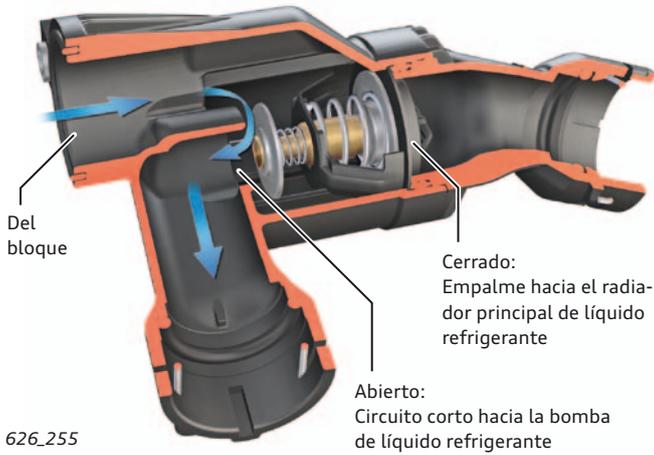
626_151

Termostato de líquido refrigerante como válvula de 3/2 vías

El termostato de líquido refrigerante, según la versión de que se trate, incluye realmente 1 ó 2 termostatos. Se acciona a través de un elemento dilatante de cera.

En la mayoría de los casos el termostato de líquido refrigerante se monta directamente en el motor. En algunos casos el termostato de líquido refrigerante se integra adicionalmente en la carcasa de la bomba de líquido refrigerante.

Circuito de refrigeración menor (microcircuito)



Circuito de refrigeración mayor (circuito de alta temperatura, regulado)



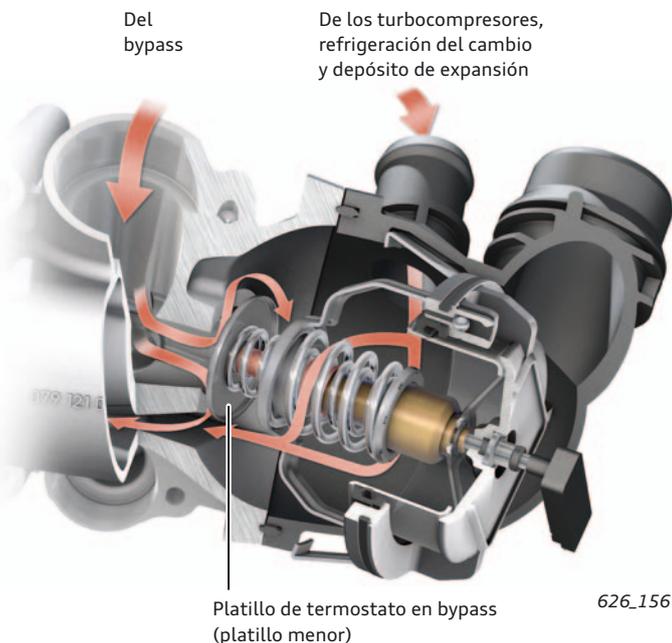
Termostato de refrigeración del motor gestionada en función de un mapa de características F265

Para incrementar el rendimiento se regula electrónicamente la temperatura del líquido refrigerante de acuerdo con un mapa de características. La regulación de la temperatura del líquido refrigerante tiene que considerarse como un sistema completo. La puesta en práctica de la temperatura teórica del líquido refrigerante se realiza con la ayuda del termostato de líquido refrigerante con calefacción eléctrica F265 y el ventilador hidrostático gestionado en función del régimen. A partir del régimen del motor, la carga del motor, la temperatura exterior y la temperatura del aceite del motor se calcula una temperatura teórica del líquido refrigerante. También la regulación de picado tiene influencia en la temperatura teórica del líquido refrigerante al tratarse de un motor de gasolina. Al producirse una combustión detonante se rebaja, si es posible, la temperatura teórica del líquido refrigerante. La temperatura teórica del líquido refrigerante es el parámetro determinante para la regulación del F265 (termostato).

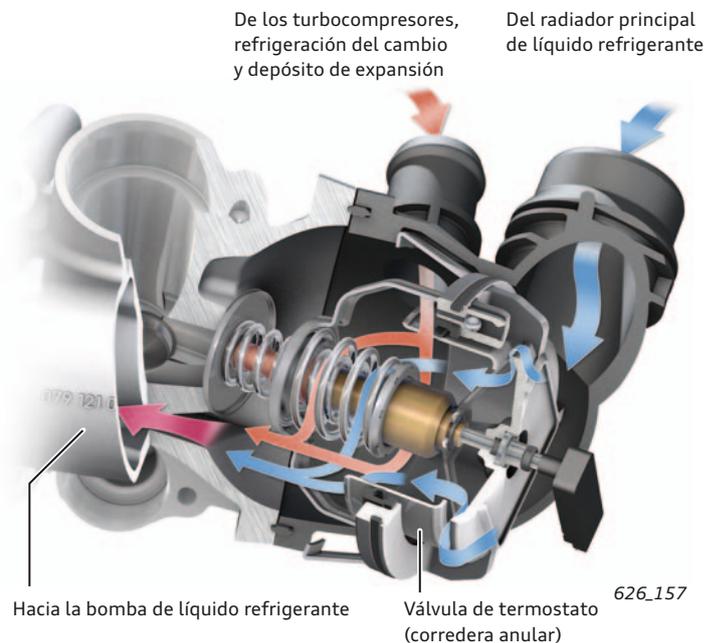
El termostato, en el ejemplo (motor 4.0l V8 TFSI) va situado por el lado aspirante de la bomba de líquido refrigerante. Abre por elemento de cera controlado por temperatura. Adicionalmente puede reducirse la temperatura de la apertura por medio de un elemento calefactor. Esta excitación corre a cargo de la unidad de control del motor, en la cual está programado un mapa de características.

La unidad de control recurre para el cálculo a los parámetros de entrada temperatura del aire, carga del motor, velocidad de marcha y temperatura del líquido refrigerante. De ahí calcula el caldeo eléctrico sin escalonamientos para el elemento dilatante. La mecánica del termostato corresponde a la de un termostato de corredera anular.

Termostato cerrado (bypass abierto)



Termostato abierto (bypass cerrado)



Gestión térmica de vanguardia (ITM)

ITM es un sistema parcial en la unidad de control del motor. Los sistemas parciales transmiten a ITM su "estado operativo" (p. ej. necesidades de calefacción, ninguna necesidad térmica, etc.) La función ITM pondera las solicitudes, decide cuál abonado tiene la mayor prioridad y define con ello las excitaciones que son necesarias para los actuadores. ITM transmite solicitudes de excitación a los abonados y éstos se encargan de excitar entonces los actuadores.

El caldeo de los grupos mecánicos se realiza en 2 fases:

- ▶ Fase 1: con la realización de la función de líquido refrigerante inmóvil se obtiene un rápido ascenso de la temperatura en el motor. Debido a ello se pierde menos potencia por fricción. Asimismo puede optimizarse la inyección.
- ▶ Fase 2: ahora se utiliza el líquido refrigerante caliente para calentar rápidamente el aceite para engranajes con ayuda de un intercambiador de calor. El reenvío del caudal térmico se realiza por medio de una válvula de conmutación eléctrica gestionada por la unidad de control del cambio. Para evitar que intervengan tensiones térmicas demasiado intensas y no se haga circular completo de inmediato el líquido refrigerante caliente del motor (las fricciones del motor volverían a declinar) se hace intervenir una fase de mezcla periodificada.

Calefacción del habitáculo

Si el cliente desea calefactar lo más rápidamente posible el habitáculo se realiza el transporte más rápido posible del calor para la calefacción del interior. En este caso no se ejecuta la función del líquido refrigerante inmóvil en el motor.

Refrigeración/caldeo del aceite para engranajes

Sin embargo, el aceite para engranajes no sólo se calefacta. También se lo puede refrigerar si es necesario. Debido a que para ello no hay ningún circuito de refrigeración aparte, la refrigeración se establece al nivel de temperaturas que tiene el circuito de líquido refrigerante del motor.

En la fase de la temperatura óptima del cambio se interrumpe la corriente de líquido refrigerante hacia el radiador de aceite del cambio por intervención de la válvula de conmutación.

Cuadro general técnico sobre la gestión térmica de vanguardia en motores Audi V6

Motor 2.8l V6 FSI	Motor 3.0l V6 TFSI	Motor 3.0l V6 TDI
▶ Bomba de líquido refrigerante, conmutable	▶ Bomba de líquido refrigerante, conmutable	▶ Válvula del líquido refrigerante para la culata N489
▶ 2 sensores: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694 ▶ Sensor de la temperatura del líquido refrigerante G62 	▶ 2 sensores: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694 ▶ Sensor de la temperatura del líquido refrigerante G62 	▶ 3 sensores: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694 ▶ Sensor de la temperatura del líquido refrigerante en la salida del radiador G83 ▶ Sensor de la temperatura del líquido refrigerante G62
▶ Calefactar/refrigerar el aceite para engranajes	▶ Calefactar/refrigerar el aceite para engranajes	▶ Calefactar/refrigerar el aceite para engranajes
▶ Desconexión de la calefacción	▶ Desconexión de la calefacción	▶ Desconexión de la calefacción
▶ El termostato abre a partir de los 95 °C	▶ El termostato abre a partir de los 87 °C	▶ Termostato para refrigeración del motor gestionada por mapa de características (65 °C – 90 °C)
		▶ Termostato de evasión del radiador de aceite

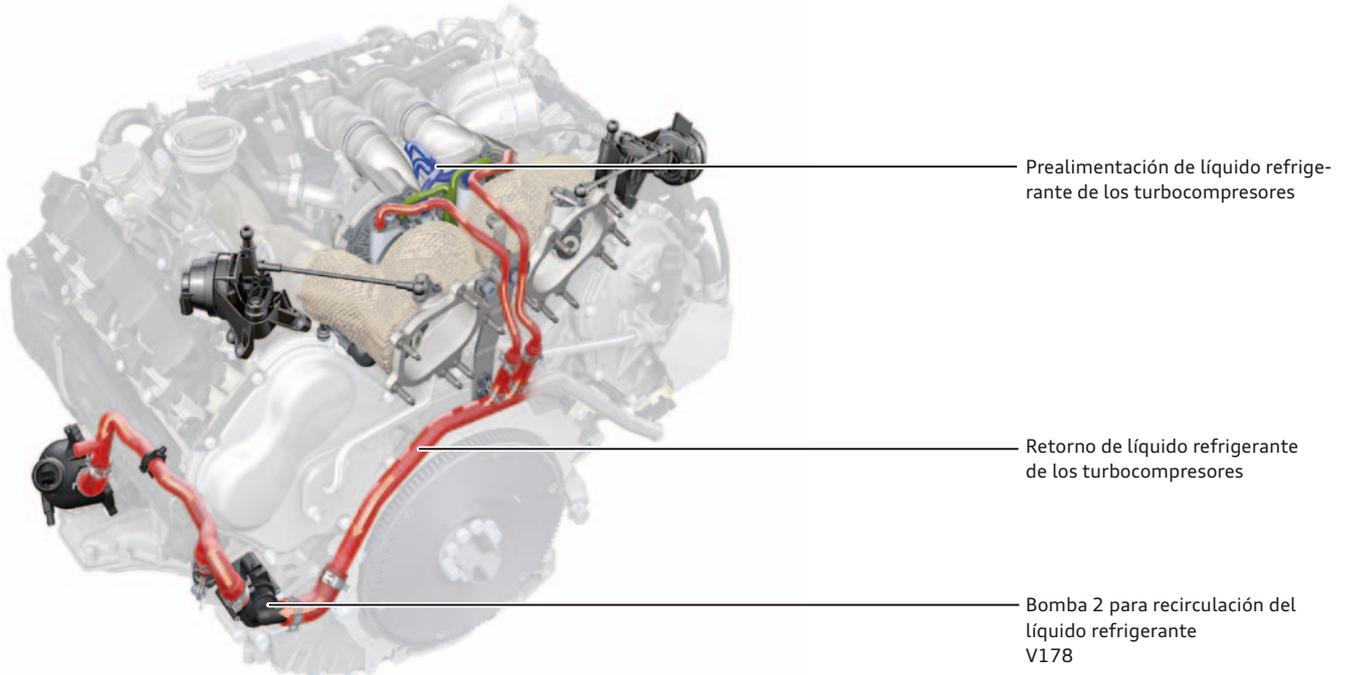


Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la gestión térmica del motor V6 TDI.

Bombas eléctricas de líquido refrigerante

Aparte de la bomba de líquido refrigerante con accionamiento mecánico que alimenta líquido refrigerante de forma permanente, también se aplican bombas de líquido refrigerante accionadas eléctricamente. Con éstas se pueden gestionar sistemas parciales en función de las necesidades, p. ej. el intercooler, la refrigeración del sistema de sobrealimentación o también la calefacción del habitáculo.

Además de ello es posible implementar un ciclo de continuación activa de la refrigeración al estar apagado el motor, para evitar una acumulación de calor en determinadas zonas del motor, p. ej. en el turbocompresor. La unidad de control del motor excita para ello las bombas de líquido refrigerante eléctricas de acuerdo con las necesidades. La figura muestra, a título de ejemplo, el circuito de refrigeración adicional para ambos turbocompresores en un motor 4.0l V8 TFSI.



626_152

Sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694

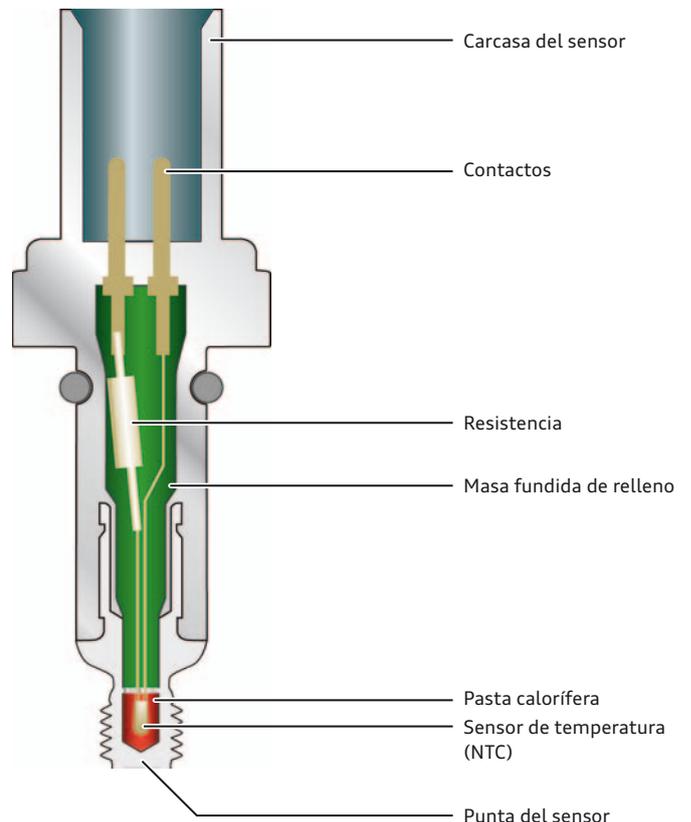
En algunos vehículos con motor de gasolina se aplica un sensor modificado para captar la temperatura del motor. La particularidad de esta arquitectura del sensor consiste en que se agranda la superficie por medio de la rosca en la zona de la transmisión del calor (calentamiento y enfriamiento más rápidos). El sensor de temperatura para regulación de la temperatura del motor G694 va atornillado en la culata, es decir, en un punto en el que se cuenta más rápidamente con temperaturas críticas de los componentes.

El motivo técnico por el cual se implanta el sensor de temperatura G694 es, sobre todo, la protección de los componentes. Sirve así como protección para el caso en que se rompa la correa poli-V del accionamiento de la bomba de líquido refrigerante y para el caso en que se pierda líquido refrigerante de forma repentina o gradual, estando un sensor convencional "al aire" sin poder transmitir ya información sobre la temperatura momentánea.

Con el nuevo sensor también se realiza una protección contra la "ebullición del líquido refrigerante", porque con la medición "más rápida" en el "punto crítico" se puede emitir más temprano un aviso de advertencia.

El control de la gestión térmica de vanguardia asume las funciones siguientes:

- ▶ Gestión de la fase de calentamiento con el líquido refrigerante inmóvil.
- ▶ Regulación del actuador (p. ej. bomba de líquido refrigerante conmutable)
- ▶ Calefacción, líquido refrigerante
- ▶ Ventilador del radiador, líquido refrigerante
- ▶ Protección de líquido refrigerante, ebullición



626_149

Alimentación de aire

Para establecer una combustión completa y una marcha fiable del motor es necesario mezclar el combustible y el aire en proporciones homogéneas. La alimentación del motor con la suficiente cantidad de aire exterior se realiza por medio del módulo del colector de admisión. El cuerpo básico del módulo del colector de admisión es de poliamida. Consta de 2 carcasas soldadas entre sí.

Válvula de mariposa en el colector de admisión

La válvula de mariposa regula el paso del aire exterior en el colector de admisión. En combinación con un sistema de gestión para la cantidad de combustible alimentada es así posible regular activamente el régimen y con éste también la potencia del motor. El mando de la posición de la mariposa se efectúa accionando el pedal acelerador, pero no en una relación de dependencia directa. En lugar de ello se transmite la posición del pedal acelerador a una unidad de control, la cual gestiona activamente la apertura o el cierre de la válvula de mariposa. También la celeridad con que abre o cierra la mariposa se capta con la unidad de control. Por motivos de seguridad se aplican 2 sensores de ángulo, cuyas características de resistencia trabajan en contrasentido, véase el diagrama. Si se avería un sensor de ángulo, el segundo mantiene en vigor la función de e-gas a través de un programa de marcha de emergencia.

Contactos para sensor de ángulo

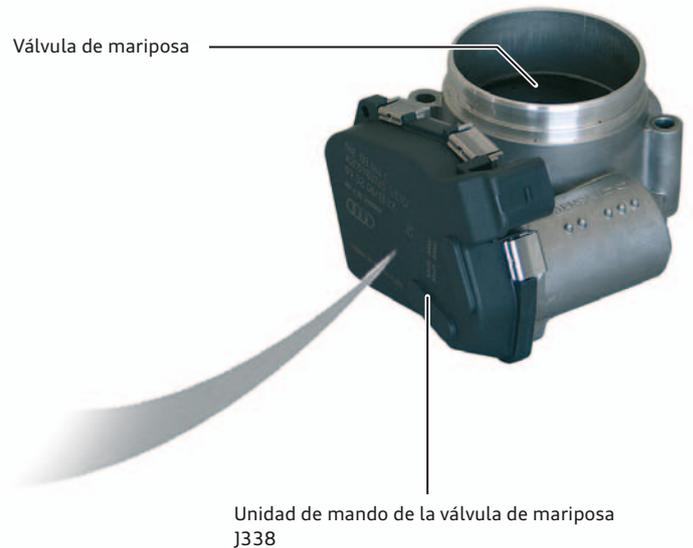


Según la variante del motor en cuestión se aplican diversas tecnologías en el módulo del colector de admisión:

- ▶ Válvula de mariposa en el colector de admisión
- ▶ Mariposas del colector de admisión
 - ▶ Chapaletas de turbulencia en motores Diesel
 - ▶ Chapaletas tumble en motores de gasolina
 - ▶ Chapaletas drumble
- ▶ Conmutador del colector de admisión en motores de gasolina

La unidad de mando de la válvula de mariposa J338 consta de:

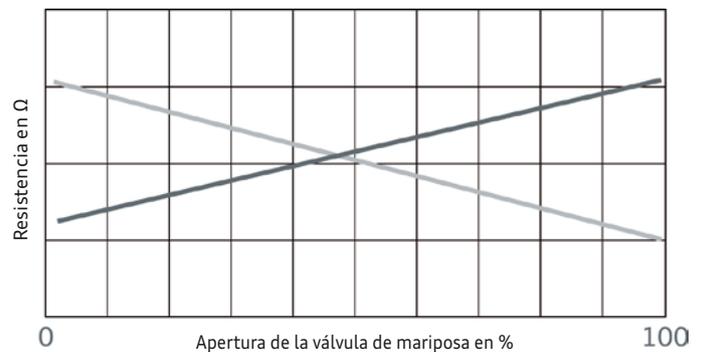
- ▶ Mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) G186
- ▶ Sensor de ángulo 1 del mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) G187
- ▶ Sensor de ángulo 2 del mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) G188



Unidad de mando de la válvula de mariposa J338

Señales de los sensores de ángulo

Los sensores de ángulo son 2 sensores magnetorresistivos. En la unidad de control del motor se emiten las posiciones de las mariposas en forma de una señal de tensión analógica, véase el diagrama. Las características de ambos sensores se desarrollan en contrasentido.



Leyenda:

- Sensor de ángulo 1 G187
- Sensor de ángulo 2 G188



Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre la alimentación de aire para un motor V8 TFSI.

626_264

626_265

Chapaletas tumble

Las chapaletas tumble se utilizan en motores con inyección directa de gasolina. Se encuentran en el conducto de admisión, poco antes del inyector. Con esas chapaletas se puede producir una turbulencia cilíndrica del aire exterior aspirado, paralela a la cabeza del pistón.

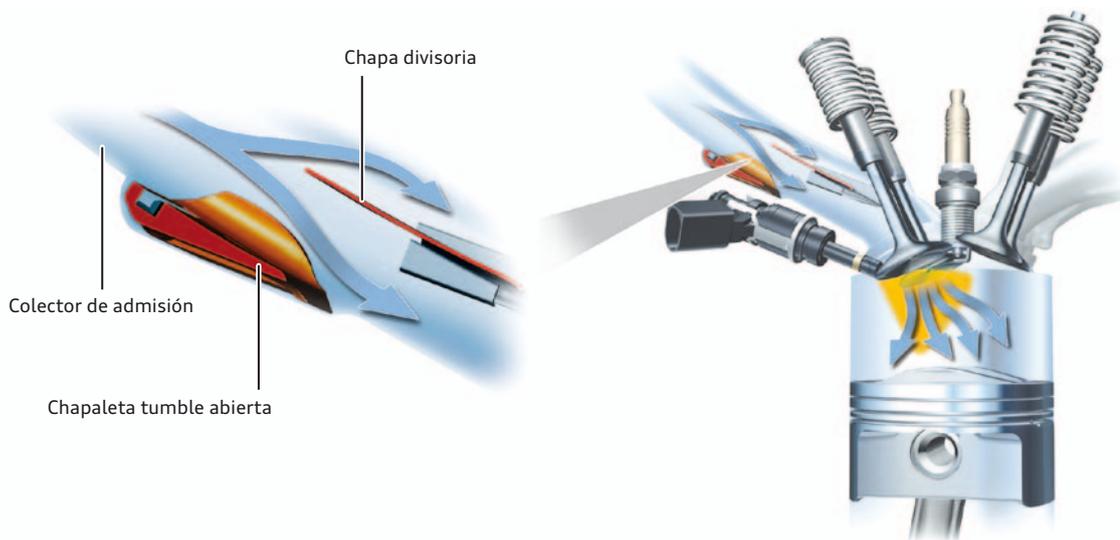
Funcionamiento

Para generar la turbulencia del aire exterior se divide el colector de admisión en una mitad superior y una inferior, separadas por una chapa específica. En la mitad inferior para cada cilindro se instala una chapaleta tumble. Si se cierra ésta, el aire aspirado tiene que fluir pasando por la parte superior del colector de admisión y, por tanto, pasando por una parte de la válvula de admisión. El aire aspirado genera así una turbulencia cilíndrica.

En motores más antiguos se utilizan chapaletas tumble para realizar lo que se llama el modo operativo de carga estratificada.

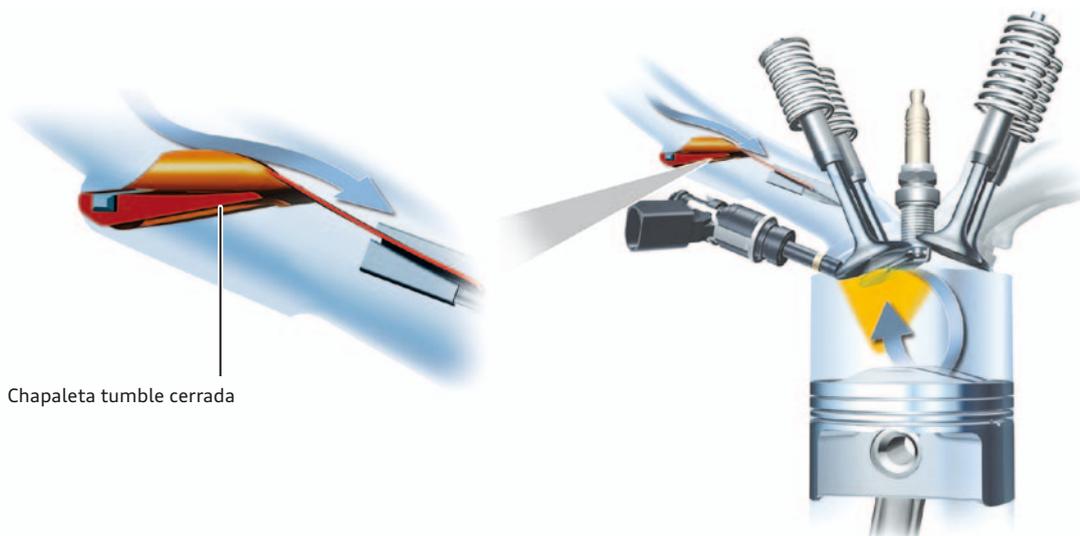
En combinación con una geometría especial en la cabeza del pistón se concentra el aire en el centro de la bujía. En esta zona se realiza la inyección enfocada y se enciende la mezcla de combustible y aire. En las zonas marginales de la cámara de combustión hay entonces aire puro. Actúa como aislante y reduce así las pérdidas de calor. A regímenes superiores se abren las chapaletas tumble para conseguir un mejor grado de llenado de los cilindros.

Chapaleta tumble abierta



626_168

Chapaleta tumble cerrada



626_169

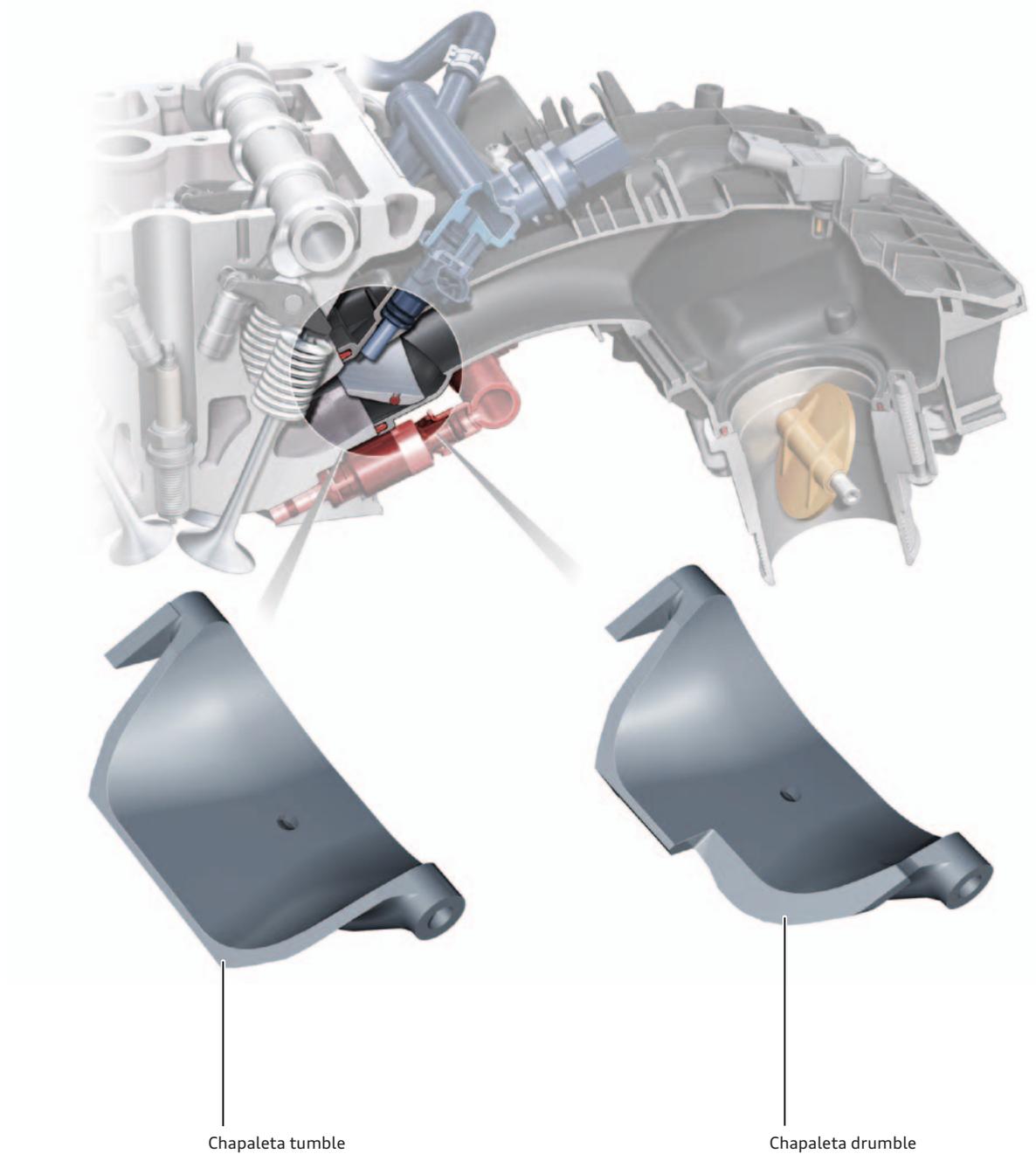


Escanee el código QR y entérese de más detalles sobre el funcionamiento de las chapaletas tumble.

Chapaletas drumble

No todos los motores tienen la misma cilindrada. Por ese motivo difieren los movimientos de la carga en los diferentes motores al estar cerrada la mariposa en el colector de admisión. Para obtener resultados de la misma categoría en todos los motores se tendrían que implantar colectores de admisión distintos para las diferentes cilindradas. Esto se puede evadir utilizando chapaletas de turbulencia espiroidal adaptadas.

Las llamadas chapaletas drumble, una combinación de chapaletas de turbulencia espiroidal y chapaletas tumble, representan aquí una solución al respecto. De esa forma, el sistema está en condiciones de cerrar asimétricamente el conducto tumble, lo cual se traduce en una superposición de los movimientos de turbulencia espiroidal y cilíndrica de la carga.



626_171

Chapaletas de turbulencia espiroidal

Las chapaletas de turbulencia espiroidal se aplican exclusivamente en motores Diesel y se encuentran en el tubo de admisión. Su principio de funcionamiento y el tipo de diseño son comparables con los de una válvula de mariposa. Según la posición de las chapaletas de turbulencia espiroidal, generan una turbulencia del caudal de aire a lo largo del eje geométrico del cilindro.

Chapaletas de turbulencia espiroidal cerradas

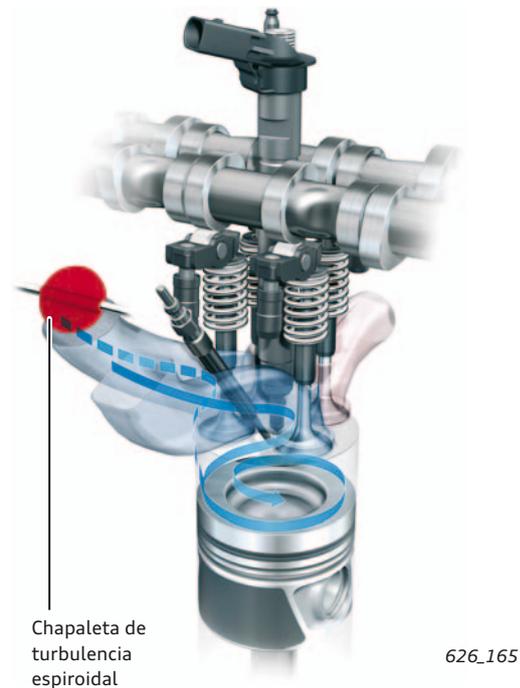
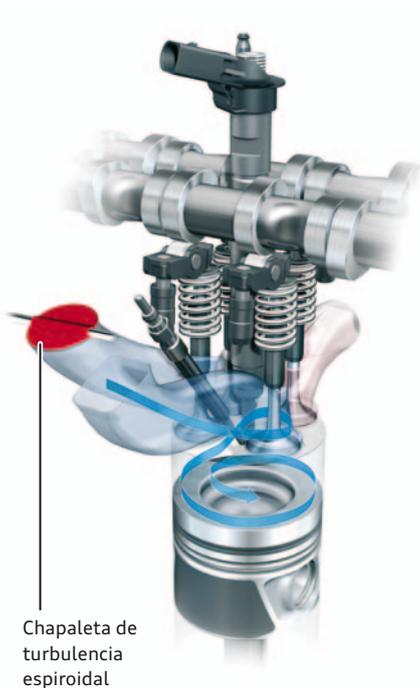
Al ralentí y a regímenes bajos están cerradas las chapaletas de turbulencia espiroidal. Con ello se obtiene un efecto de turbulencia espiroidal intensa para el aire aspirado, que se traduce en una formación adecuada de la mezcla.

Funcionamiento

El aire exterior aspirado se divide respectivamente en un conducto de llenado y uno de turbulencia en el tubo de admisión. El conducto de llenado se puede cerrar con una chapaleta de turbulencia espiroidal. Esto provoca un aumento de la velocidad del aire en el conducto de turbulencia espiroidal y con ello una mezcla marcadamente más intensa del combustible y el aire a bajos regímenes de revoluciones. El resultado es un menor consumo de combustible y unas menores emisiones contaminantes. A regímenes superiores se abren las chapaletas de turbulencia espiroidal.

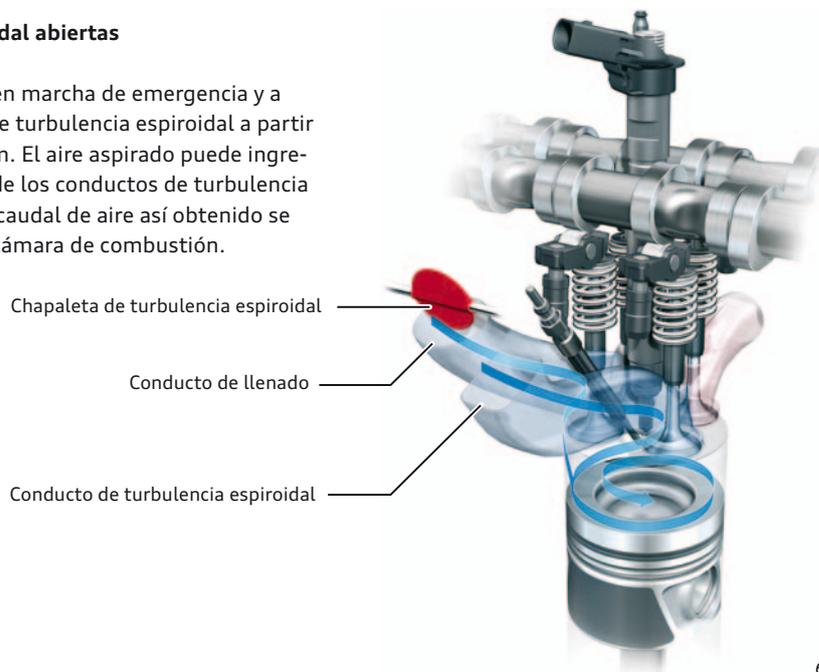
Chapaletas de turbulencia espiroidal en posición intermedia

Durante la marcha se efectúa el reglaje continuo de las chapaletas de turbulencia espiroidal, en función de las condiciones de carga y el régimen del motor. Para cada margen operativo viene dado así el movimiento óptimo del aire en la cámara de combustión.



Chapaletas de turbulencia espiroidal abiertas

En la fase de arranque del motor, en marcha de emergencia y a plena carga abren las chapaletas de turbulencia espiroidal a partir de un régimen de aprox. 3.000 rpm. El aire aspirado puede ingresar ahora en los cilindros a través de los conductos de turbulencia espiroidal y llenado. Con el mayor caudal de aire así obtenido se consigue un llenado óptimo de la cámara de combustión.



Colector de admisión variable

Los colectores de admisión variable trabajan según el principio de las oscilaciones del gas. Las ondas de presión positiva y negativa (depresión) que se generan en el colector de admisión se utilizan para la carga de los cilindros y mejorar al mismo tiempo el grado de llenado de éstos.

Funcionamiento

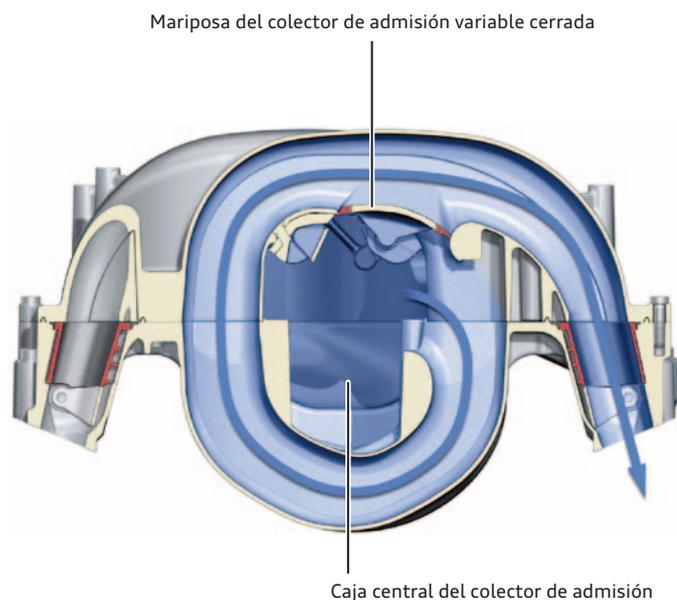
Al abrir la válvula de admisión el pistón se mueve en dirección hacia el punto muerto inferior. Debido a ello se genera depresión en el cilindro, que tiene por consecuencia una onda depresiva en el área de la válvula de admisión. Esta onda se propaga por el colector de admisión que tiene conectado y llega por ende hasta la caja central del colector de admisión. El colector de admisión recibe aquí el nombre de tubo de reverberación. En la caja del colector de admisión la onda depresiva actúa sobre un volumen de aire que se halla dispuesto y arrastra a éste hacia el tubo de reverberación. El aire fluye ahora por el tubo hacia la válvula de admisión del cilindro. La onda de presión así generada sustituye a la onda depresiva, con la misma intensidad. El aire vuelve ahora por el tubo de reverberación y es impelido hacia el interior del cilindro, pasando por la válvula de admisión abierta todavía, hasta que se compensan las presiones en el cilindro y en el tubo de reverberación.

El motor experimenta con ello lo que se llama una "sobrealimentación interna". El cierre de la válvula de admisión impide el reflujó de la sobrealimentación interna hacia el colector de admisión. Debido a que ambas ondas de presión siempre se mueven con una velocidad constante, el tiempo requerido para el proceso del flujo del aire es siempre igual. A esto se oponen los tiempos en los que están abiertas las válvulas de admisión. Estos intervalos varían en función del régimen de revoluciones, de modo que los tiempos de apertura de las válvulas de admisión resultan cada vez más breves a medida que aumenta el régimen. A consecuencia de ello, en los altos regímenes de revoluciones disminuye la masa de aire que puede ingresar en los cilindros. Para actuar en contra de este efecto y mantener constante la cantidad de llenado aportada por la sobrealimentación interna, existe la posibilidad de adaptar la longitud de los colectores de admisión a las gamas de regímenes. Estos colectores de admisión reciben el nombre de colectores de admisión variable.

A este respecto rige lo siguiente:

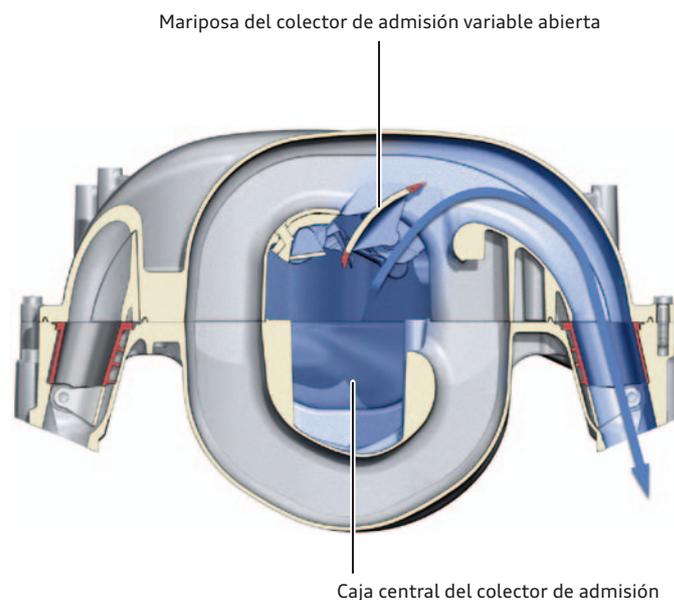
Gamas de regímenes	Posición del colector de admisión	Trayecto de aspiración
Régimen desde bajo hasta mediano	Posición para entrega de par	Trayecto de aspiración largo
Régimen alto	Posición para la entrega de potencia	Trayecto de aspiración corto

Colector de admisión variable en la etapa de entrega de par (tomando como ejemplo un motor 5.2l FSI)



626_177

Colector de admisión variable en la etapa de entrega de potencia (tomando como ejemplo un motor 5.2l FSI)

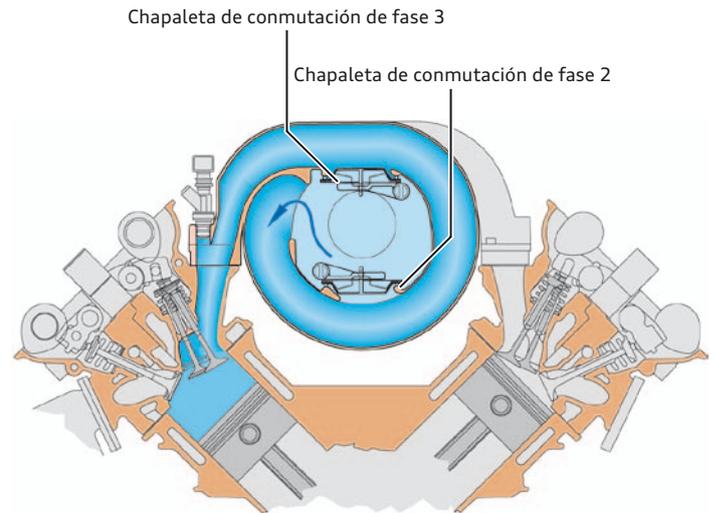


626_178

Colector de admisión variable de 3 fases

Fase 1: gama de regímenes inferiores

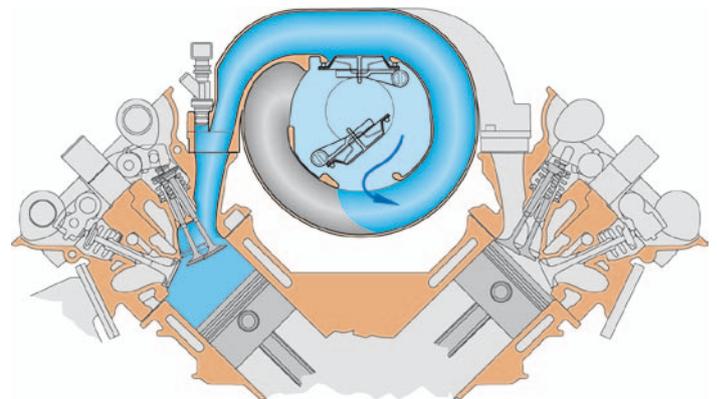
Ambas chapaletas están abiertas al encontrarse el motor parado. Cuando el motor marcha al ralentí, ambas cápsulas de depresión se evacúan a través de las correspondientes válvulas electromagnéticas para la conmutación en el colector de admisión variable. La chapaletas de conmutación se encuentran por ello cerradas desde el régimen de ralentí hasta el régimen de conmutación.



626_248

Fase 2: gama de regímenes medios

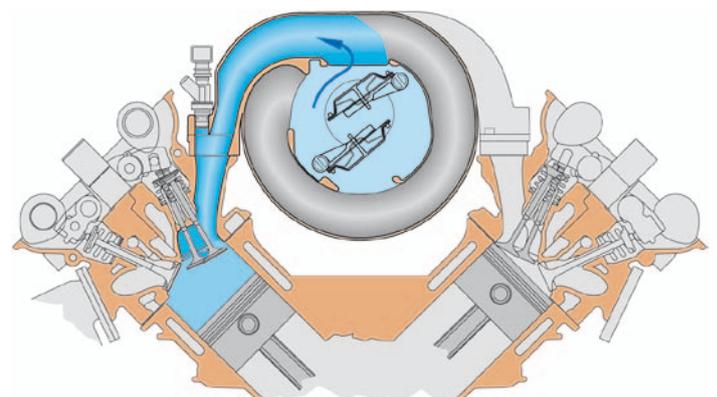
En la gama de regímenes medios la válvula de conmutación del colector de admisión variable N156 conduce presión atmosférica hacia la cápsula de depresión para la chapaleta de conmutación de fase 2. La chapaleta de conmutación de fase 2 abre y se abreva con ello el trayecto de la aspiración.



626_249

Fase 3: gama de regímenes superiores

En la gama de regímenes superiores se abre adicionalmente la chapaleta de conmutación de fase 3. El aire aspirado hace el recorrido más corto hacia la cámara de combustión.



626_250

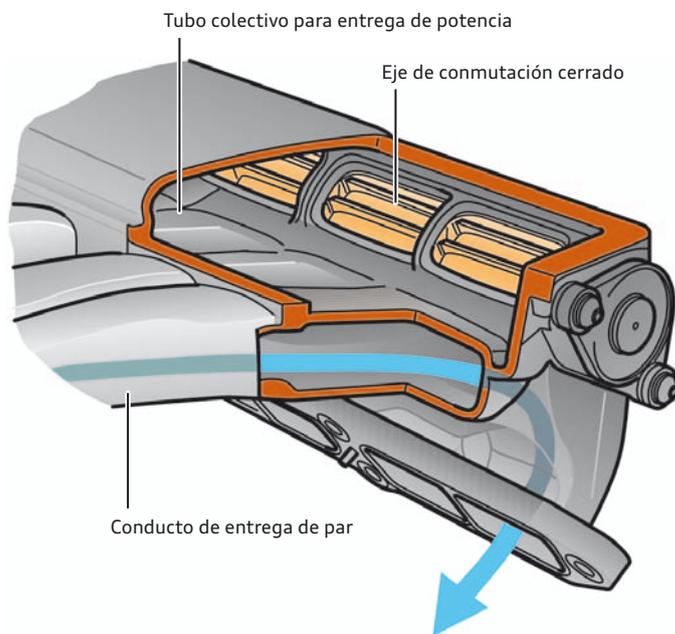
Conmutación del colector de admisión variable

El eje de conmutación para las mariposas del colector de admisión variable se regula, en función de la variante del motor de que se trate, ya sea por medio de un motor eléctrico gestionado por mapa de características o bien por medio de una cápsula de depresión. Al regularse por medio de una cápsula de depresión, la excitación se establece a través de la válvula de conmutación del colector de admisión variable.



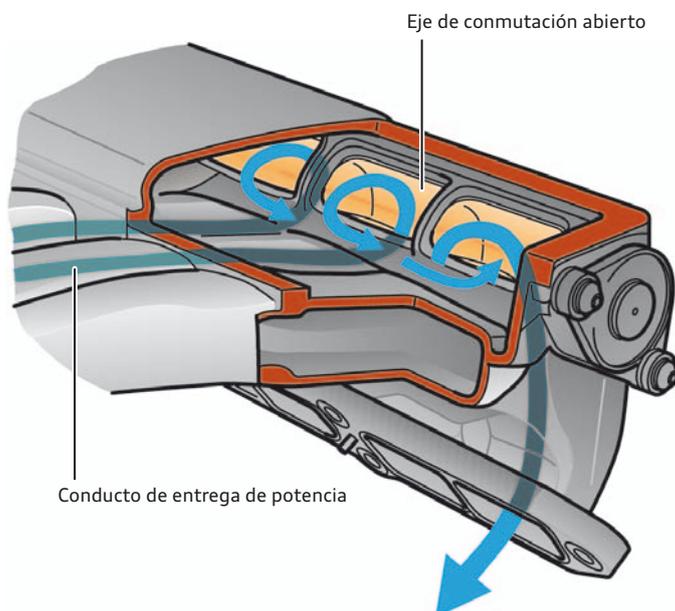
Posición para entrega de par

A partir de un régimen de 1.100 rpm se excita la válvula de conmutación del colector de admisión variable y la cápsula de depresión actúa. Con ello, el eje de conmutación para las mariposas del colector variable produce un semigiro a 90° y cierra con ello los conductos de entrega de potencia. El cilindro que se encuentra en fase de admisión aspira el aire a través de los tubos de reverberación largos, directamente procedentes del tubo colectivo principal.



Posición para la entrega de potencia

En las gamas de regímenes superiores a las 4.100 rpm se deja de excitar la válvula de conmutación del colector de admisión variable y se aplica presión atmosférica a la cápsula de depresión. Un muelle hace que el eje de conmutación vuelva por 90° a su posición de partida. El cilindro recibe ahora alimentación de aire procedente del tubo colectivo para entrega de potencia, a través de un trayecto de aspiración corto. La alimentación de aire del tubo colectivo para entrega de potencia se realiza a través de los conductos de reverberación de los demás cilindros que no se encuentran en la fase de admisión.



Sobrealimentación

Los sistemas de sobrealimentación ofrecen la posibilidad de aumentar el grado de llenado de los cilindros de un motor. Para ello se procede a precomprimir correspondientemente el aire aspirado. De ahí resulta una mejora de la entrega de potencia y de rendimiento. Básicamente se aplican diversos sistemas de sobrealimentación.

Turbocompresor

El principio en el que se basan los turbocompresores consiste en aprovechar la energía cinética contenida en los gases de escape para precomprimir el aire aspirado. Al estar el motor en funcionamiento, los gases de escape atacan contra la rueda de turbina en el turbocompresor y el compresor se encarga de comprimir el aire aspirado.

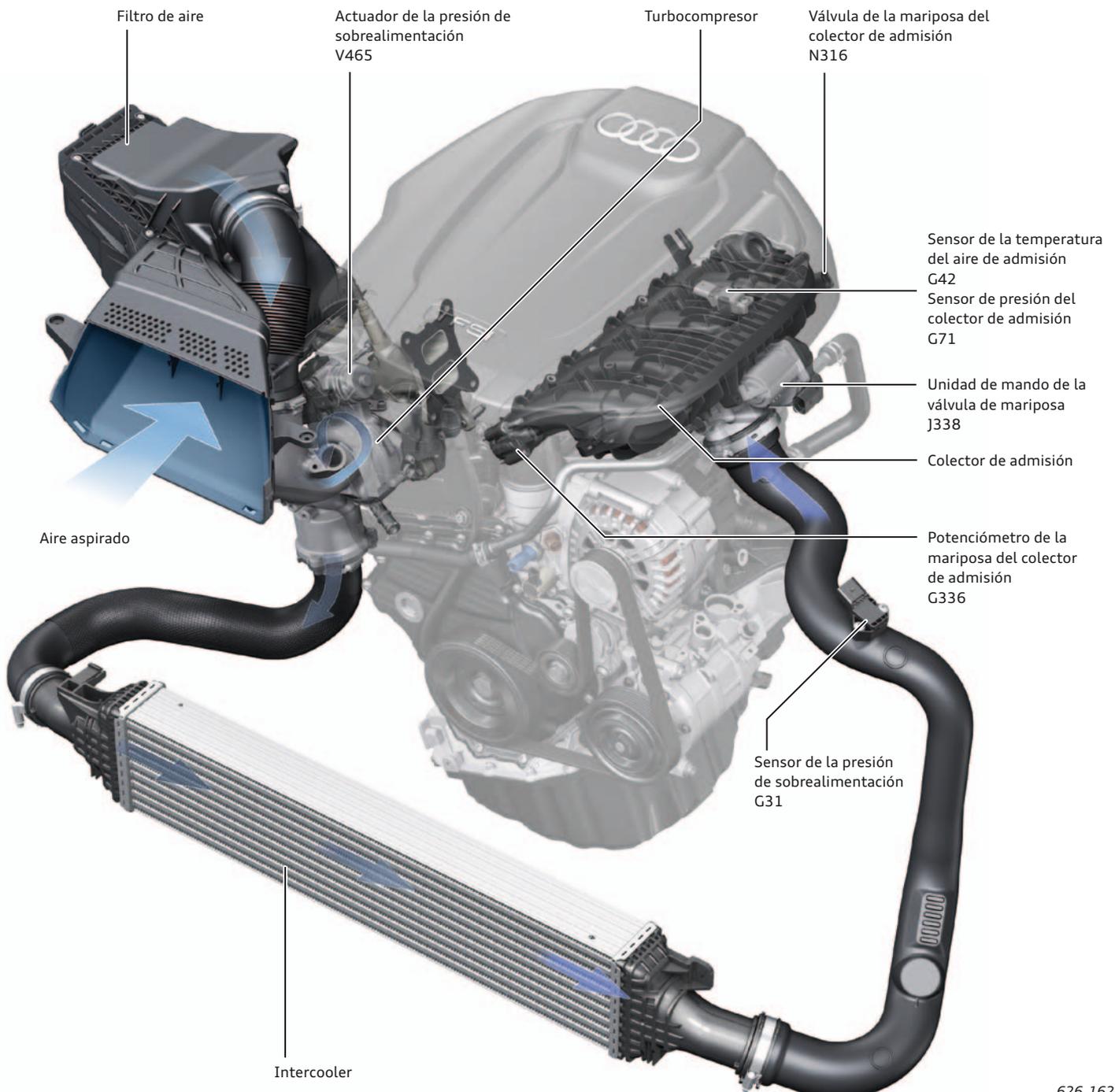
En Audi, aparte de los muy propagados turbocompresores, también se utilizan módulos de compresor en forma de supercargadores Roots. En ambos sistemas se añaden a ello otros dispositivos adicionales para regular la presión de sobrealimentación.



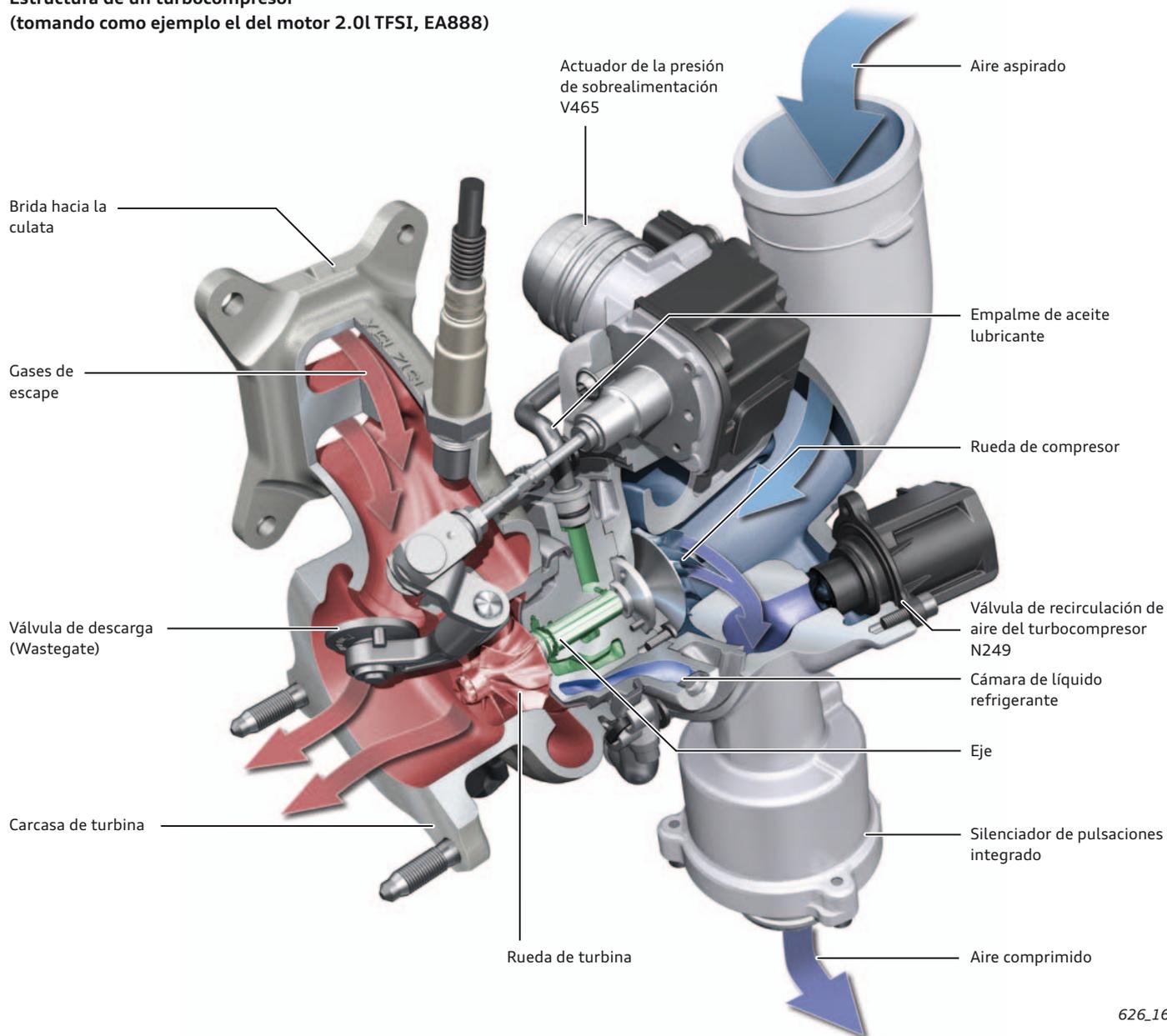
Escanee el código QR y contemple un turbocompresor en funcionamiento.

Componentes en el motor

(tomando como ejemplo el motor 2.0l TFSI, EA888)



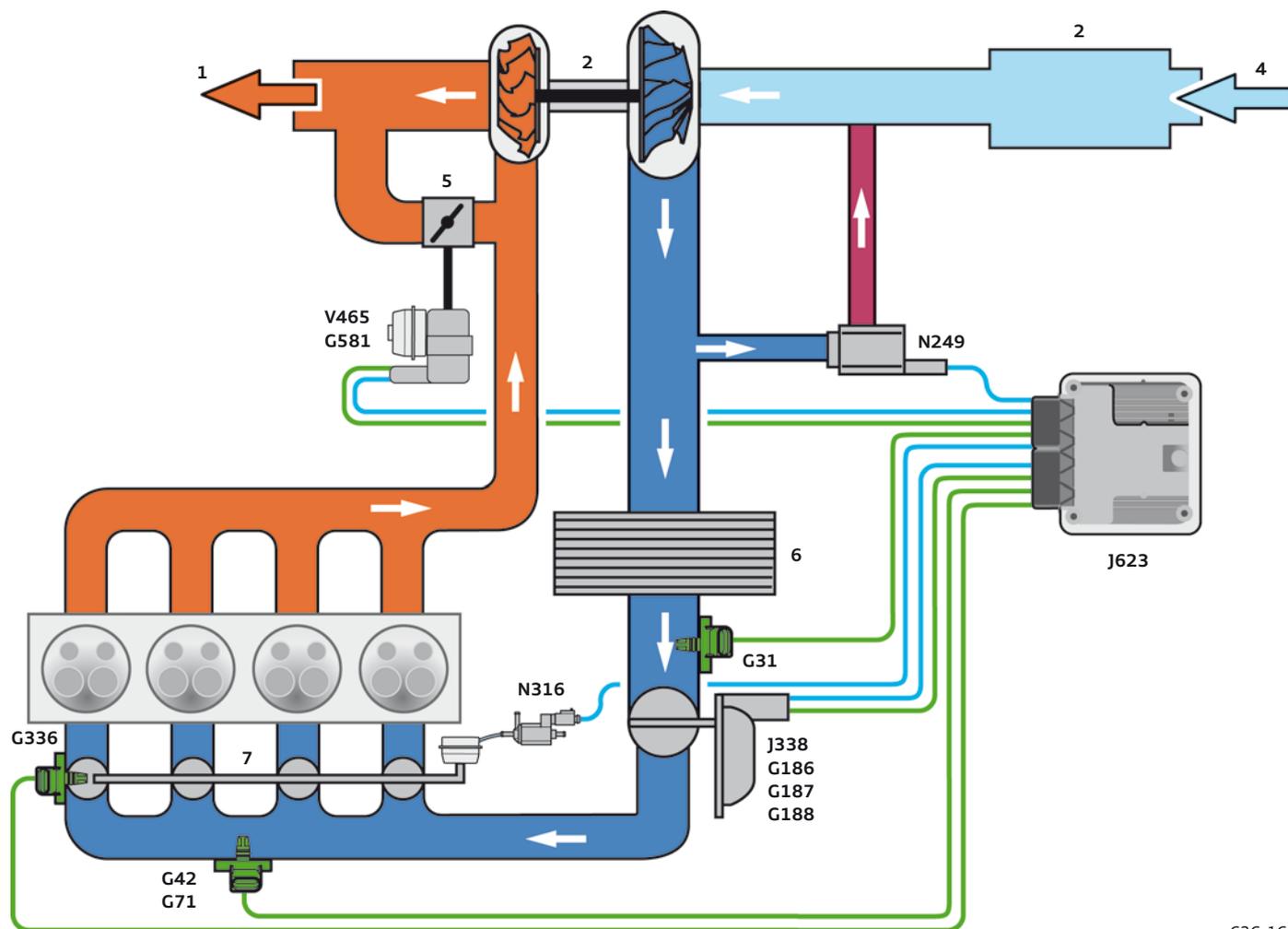
**Estructura de un turbocompresor
(tomando como ejemplo el del motor 2.0l TFSI, EA888)**



626_163

Componente	Características
Carcasa del compresor y rueda de compresor	La carcasa del compresor consta de fundición de aluminio. En ésta gira la rueda del compresor, que se encuentra comunicada con la rueda de turbina a través de un eje.
Carcasa de turbina y rueda de turbina	La carcasa de turbina es de un material de fundición de acero, en consideración de las altas temperaturas de los gases de escape. La rueda de turbina está diseñada aquí en versión de "mixed flow turbine" (turbina semi-radial).
Actuador de la presión de sobrealimentación V465	Actuador eléctrico para la válvula de descarga, excitada por la unidad de control del motor, para regular la presión de sobrealimentación. En comparación con un accionamiento electroneumático, se distingue por una respuesta más rápida y precisa. Además de ello puede excitarse independientemente de la presión de sobrealimentación aplicada.
Válvula de descarga (Wastegate)	Abre o cierra un conducto en bypass. La válvula se acciona por medio de una varilla a partir del actuador de la presión de sobrealimentación V465 – en otros motores también se acciona por medio de una cápsula manométrica y una electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación N75.
Válvula de recirculación de aire del turbocompresor N249	Al cerrar la válvula de mariposa, la presión de sobrealimentación que sigue aplicada genera una presión acumulada en el conducto del compresor. La válvula de recirculación de aire del turbocompresor N249 es excitada en esta situación por la unidad de control del motor y se encarga de abrir un conducto en bypass hacia el conducto de aspiración ante la turbina de compresión.
Brida hacia la culata	Para conseguir la mejor separación posible de las pulsaciones procedentes del orden de encendido, se ha diseñado la brida en una versión de 2 caudales hasta poco antes de la turbina. La comunicación hacia la culata viene dada por medio de espárragos y tuercas.
Empalme de aceite lubricante	Debido a los altos regímenes de revoluciones a que se somete el eje del turbocompresor es absolutamente necesaria una lubricación, la cual se establece a través de la conexión hacia el sistema de lubricación del motor.

Cuadro general del sistema
(tomando como ejemplo el del motor 2.0l TFSI, EA888)



626_167

Leyenda:

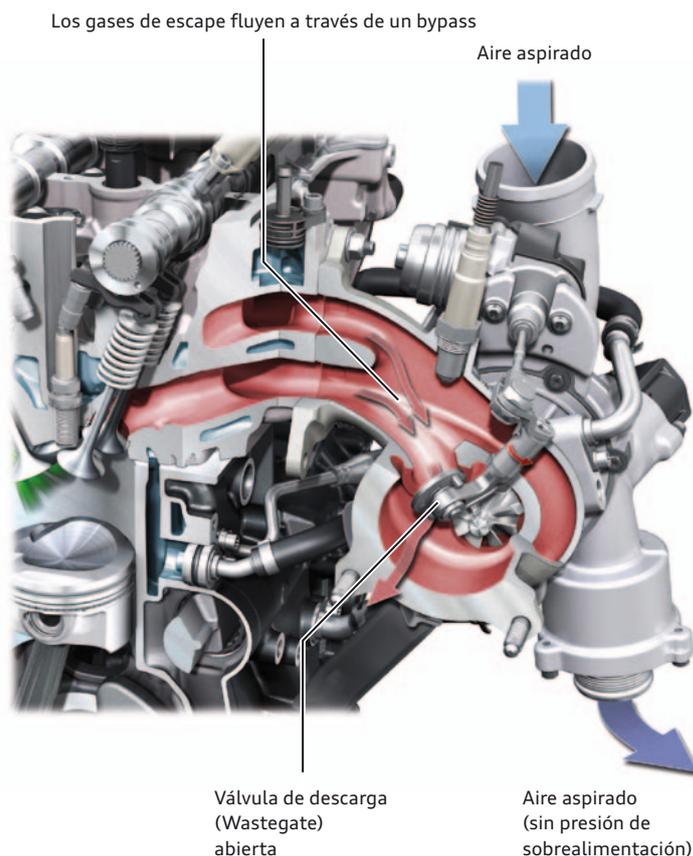
- | | | | |
|---|--------------------------------------|------|--|
| 1 | Caudal de los gases de escape | G31 | Sensor de la presión de sobrealimentación |
| 2 | Turbocompresor | G42 | Sensor de la temperatura del aire de admisión |
| 3 | Filtro de aire | G71 | Sensor de presión del colector de admisión |
| 4 | Caudal de aire exterior | G186 | Mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) |
| 5 | Válvula de descarga (Wastegate) | G187 | Sensor de ángulo 1 del mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) |
| 6 | Intercooler | G188 | Sensor de ángulo 2 del mando de la mariposa (mando eléctrico del acelerador) |
| 7 | Mariposas en el colector de admisión | G336 | Potenciómetro de la mariposa del colector de admisión |
| | | G581 | Sensor de la posición del actuador de la presión de sobrealimentación |
| | | J338 | Unidad de mando de la válvula de mariposa |
| | | J623 | Unidad de control del motor |
| | | N249 | Válvula de recirculación de aire del turbocompresor |
| | | N316 | Válvula de la mariposa del colector de admisión |
| | | V465 | Actuador de la presión de sobrealimentación |
-
- | | |
|--|--|
| | Cable de sensor |
| | Cable de actuador |
| | Gases de escape |
| | Aire aspirado (depresión) |
| | Aire de sobrealimentación (presión de sobrealimentación) |
| | Recirculación de aire en deceleración (presión de sobrealimentación) |

Regulación de la presión de sobrealimentación (tomando como ejemplo la del motor 2.0l TFSI, EA888)

No en todas las condiciones operativas se necesita presión de sobrealimentación, por ejemplo al ralentí o en la fase de deceleración.

Si no se necesita sobrealimentación o sólo se necesita una baja presión de sobrealimentación, la unidad de control del motor excita el actuador de la presión de sobrealimentación V465. El actuador abre entonces la válvula de descarga (Wastegate) a través de un varillaje. Los gases de escape fluyen ahora sin utilizarse a través de un bypass, evadiendo la turbina. El eje de la turbina gira más lentamente y la presión de sobrealimentación se rebaja, lo cual es un fenómeno que se detecta con el sensor de la presión de sobrealimentación G31.

Cuando la presión de sobrealimentación se ha reducido correspondientemente o bien cuando se vuelve a necesitar una presión de sobrealimentación más intensa, el actuador de la presión de sobrealimentación V465 cierra la válvula de descarga, de modo que los gases de escape pasen por la rueda de turbina.

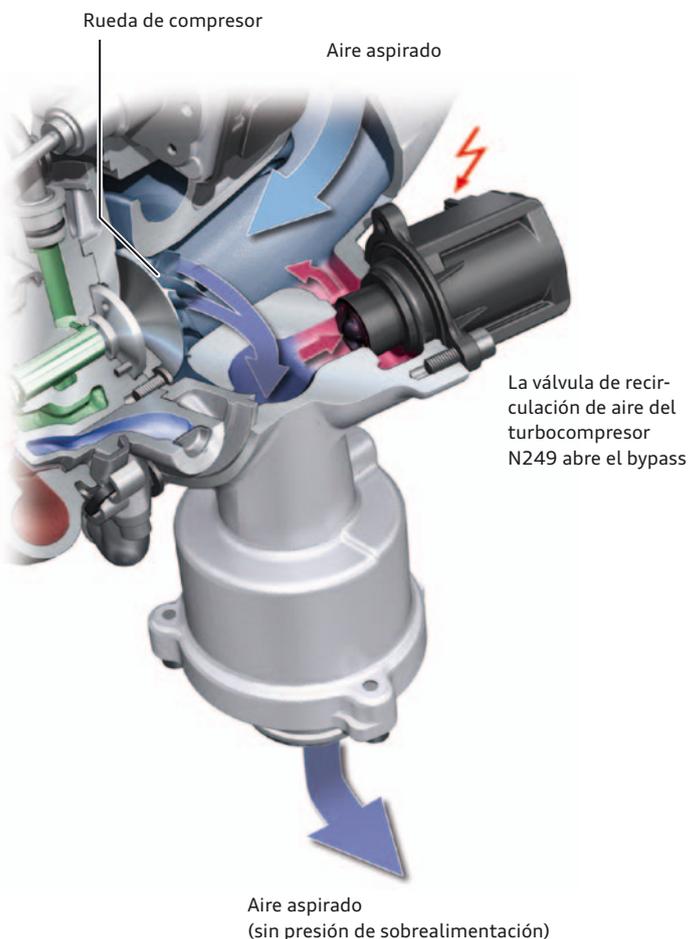


626_170

Gestión de recirculación del aire en deceleración

Al cerrar la válvula de mariposa, p. ej. en la fase de deceleración, la presión de sobrealimentación que sigue aplicada genera una presión acumulada hacia los conductos de los compresores. La turbina del turbocompresor se frena por ello intensamente. Al abrir la mariposa primero sería necesario volver a acelerar el turbocompresor al régimen que corresponde.

Con la gestión de recirculación del aire en deceleración se reduce el fenómeno del bache turbo, que de otro modo se produciría. La válvula de recirculación de aire del turbocompresor N249 trabaja por la vía electromagnética y viene gestionada por la unidad de control del motor.



626_172

Turbocompresor con turbina de geometría variable en motores Diesel

Geometría variable de la turbina (VTG)

La regulación de la presión de sobrealimentación reviste una gran importancia en un turbocompresor. Aparte del sistema de un conducto en bypass con válvula de descarga (Wastegate) existen turbocompresores con turbina de geometría variable.

Con ello se puede configurar de un modo mucho más adecuado el comportamiento operativo. Esta arquitectura se aplica en Audi principalmente en los motores Diesel.

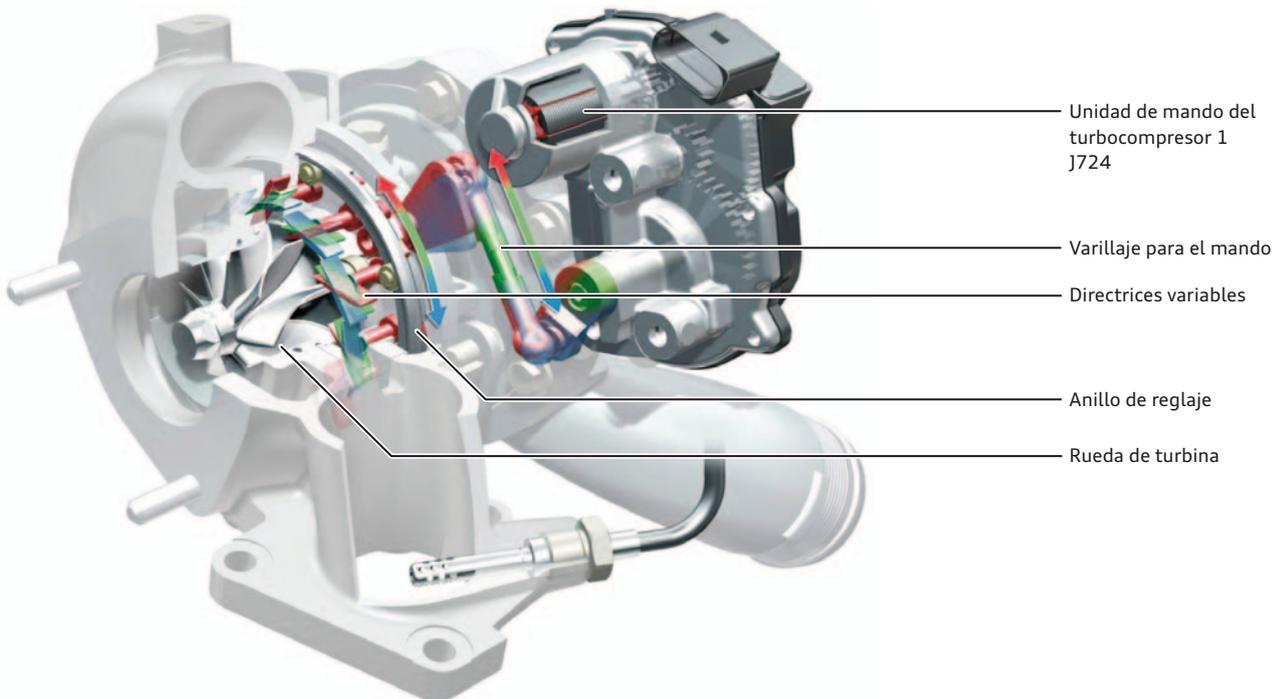
Estructura

(tomando como ejemplo la de un motor 3.0l TDI)

En torno a la rueda de turbina hay directrices regulables. Los movimientos de reglaje vienen dados por un anillo específico. La unidad de mando para el turbocompresor acciona un varillaje en el turbocompresor. Las directrices con un perfil similar al de un ala de avión se proponen modificar el comportamiento de acumulación de la turbina.



Escanee el código QR y contemple un turbocompresor VTG en funcionamiento.



626_173

Funcionamiento

Al moverse las directrices, se estrechan los espacios intermedios. Los gases de escape pasan con una mayor rapidez. Este efecto es parecido al de una tobera Venturi en un carburador. Un sensor en el colector de admisión suministra continuamente información sobre la presión de sobrealimentación hacia la unidad de control del motor.

Cuando la presión de sobrealimentación ha alcanzado una intensidad específica se hace variar la posición de las directrices para hacer crecer los espacios intermedios. Con ello se reduce la velocidad de flujo de los gases de escape y la turbina gira más lentamente, haciendo caer la presión de sobrealimentación.



626_174

Posición tendida de las directrices; se traduce en una sección de entrada más estrecha para el caudal de los gases de escape



626_175

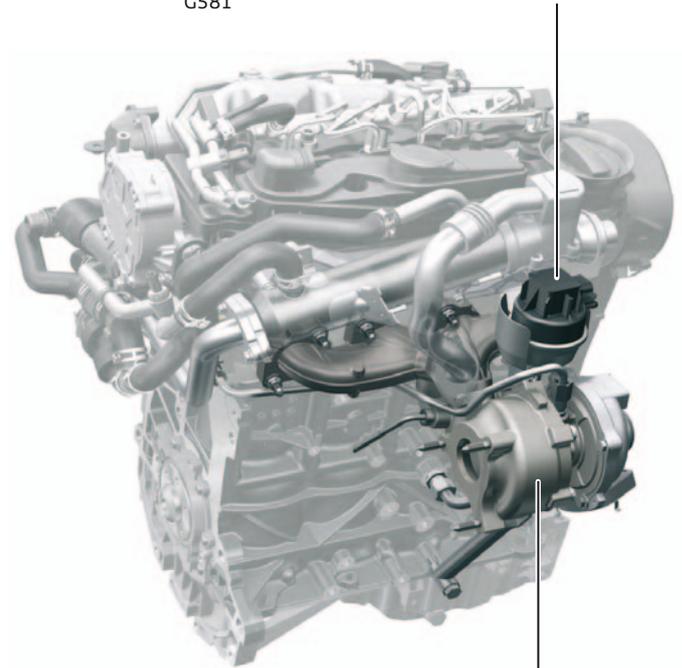
Posición levantada de las directrices; se traduce en una mayor sección de entrada para el caudal de los gases de escape

Mando de las directrices

Según el motor de que se trate las directrices se accionan a través de una unidad de mando del turbocompresor J724 o a través de una cápsula manométrica con diafragma. La cápsula manométrica se acciona a través de la electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación N75, que es excitada para ello por la unidad de control del motor.

En la cápsula manométrica se encuentra el sensor de la posición del actuador de la presión de sobrealimentación G581.

Caja manométrica con sensor de la posición del actuador de la presión de sobrealimentación G581



626_176

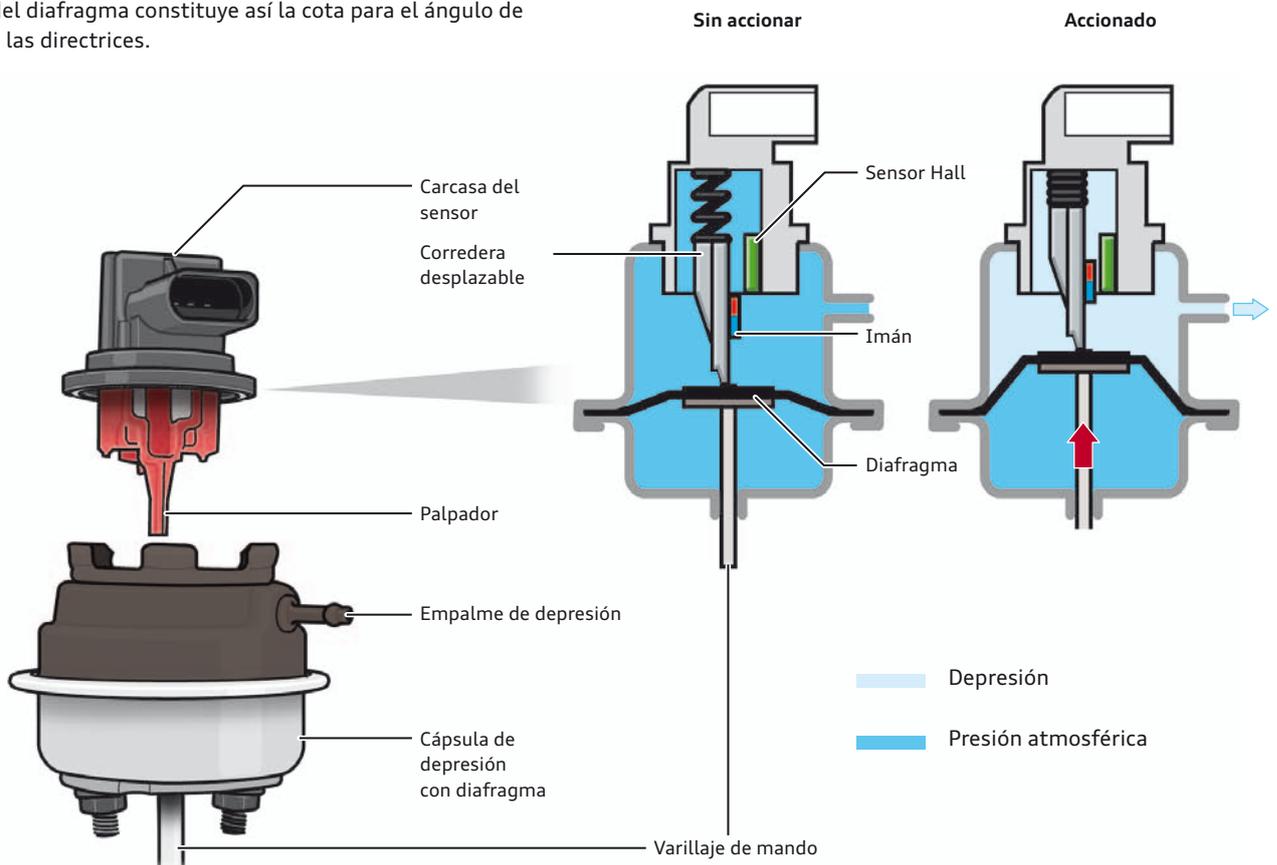
Turbocompresor de geometría variable (VTG)

Sensor de la posición del actuador de la presión de sobrealimentación G581

El sensor, con su realimentación eléctrica sin contacto físico para las señales de recorrido del reglaje de la turbina, aporta una mayor exactitud de la regulación.

El sensor de la posición del actuador de la presión de sobrealimentación G581 va integrado en la cápsula manométrica del turbocompresor. Un palpador móvil detecta el recorrido que efectúa el diafragma de la cápsula manométrica al accionar las directrices. La posición del diafragma constituye así la cota para el ángulo de ataque de las directrices.

El sensor Hall es susceptible de autodiagnóstico. Se detectan cortocircuitos con el positivo y con masa, así como interrupciones de cables. Si se avería un sensor **no** se emplea ningún mapa de características sustitutivo, sino que se desactiva la función.



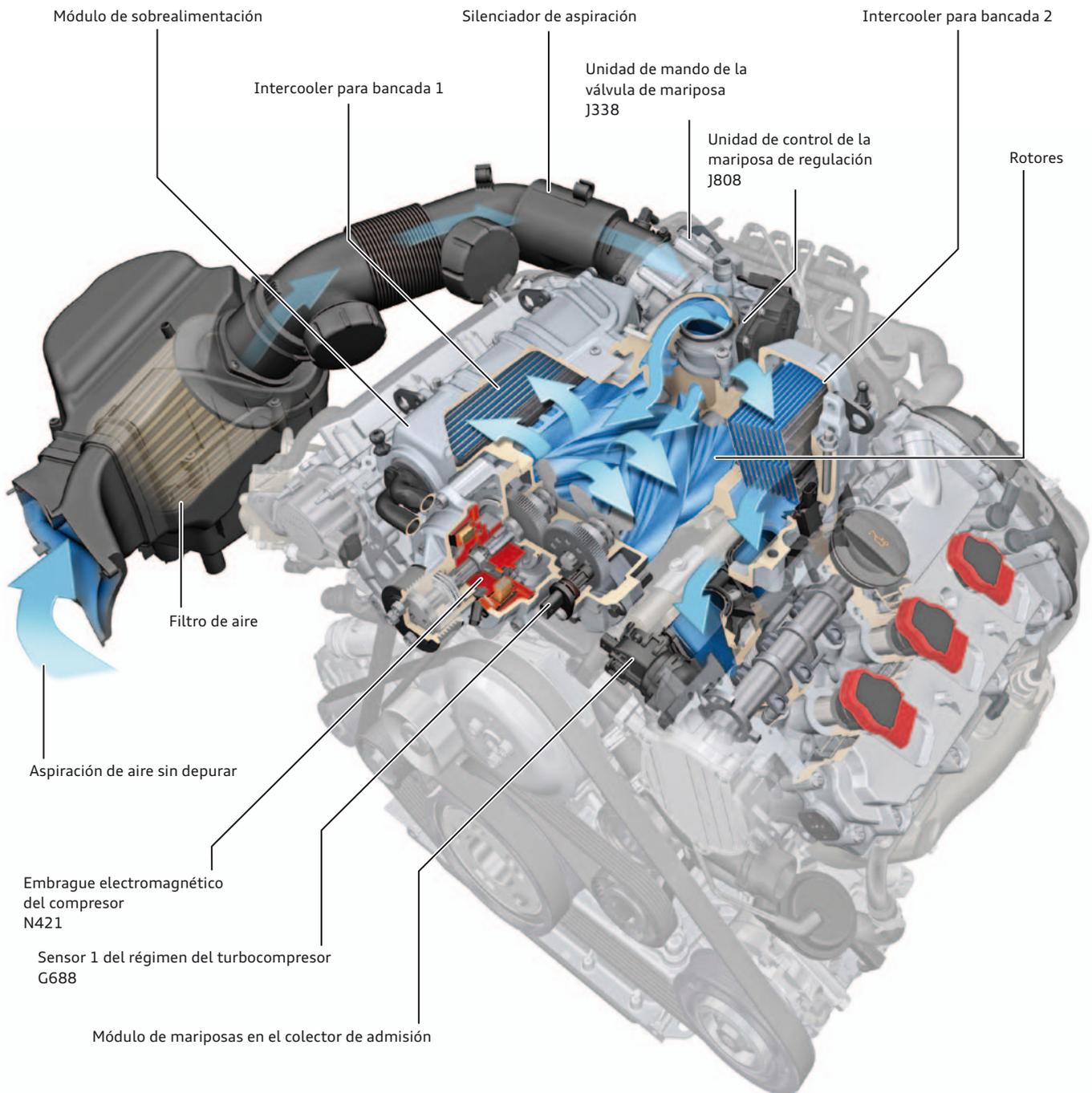
626_179

Módulo compresor (supercargador Roots)

El componente central de la alimentación de aire es el módulo de compresor que se instala en la V interior del motor. Tiene integrado el supercargador Roots y el intercooler; en algunos motores también incluye adicionalmente la regulación de bypass.

El nombre del "supercargador Roots" se remonta a los hermanos Philander y Francis Roots, que ya en el año 1860 habían patentado ese principio. Los "supercargadores Roots" vienen a ser máquinas de émbolos giratorios, en lo que respecta a su arquitectura. Trabajan según el principio de desplazamiento volumétrico, sin compresión interna.

Sistema general

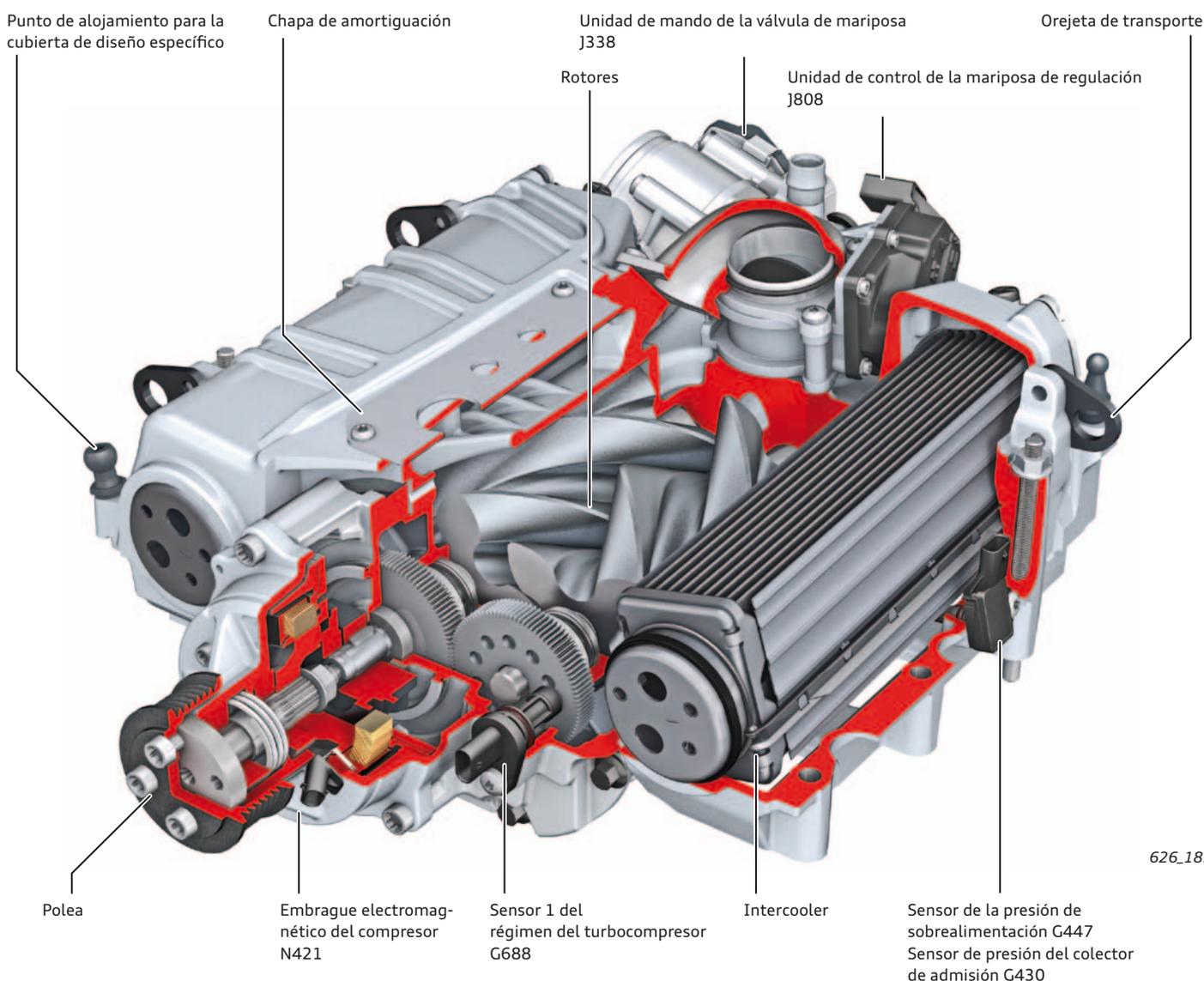


626_184

Estructura

El módulo de compresor consta de una carcasa, en la que giran 2 rotores. Este supercargador Roots dispone de rotores de 4 aletas. Cada aleta de los dos rotores se encuentra decalada por 160° con respecto al eje longitudinal. De ahí resulta un transporte más continuo y menos pulsátil del aire. El accionamiento de ambos rotores es mecánico, por ejemplo mediante una correa a partir del cigüeñal. Con una etapa de engranajes, fuera de la carcasa, se intercomunican ambos rotores de forma sincrónica y se hacen trabajar de forma contrarrotante.

Así es como peinan entre sí. En el diseño se otorga una especial importancia a que los rotores sellen entre ellos y hacia la carcasa. La dificultad: para ello no debe intervenir ninguna fricción. En funcionamiento (giro de los rotores) se transporta el aire entre las aletas y la pared exterior, desde la entrada (lado aspirante) hasta la salida (lado impelente). La presión del aire transportado se produce por reflujo.



626_185

Sobrealimentación mecánica con módulo de compresor en comparación con una sobrealimentación con turbocompresor

Ventajas:

- ▶ Al ser necesario, hay presión de sobrealimentación disponible inmediatamente; la presión de sobrealimentación se suministra de forma continua y aumenta con el régimen de revoluciones.
- ▶ Generación de par más rápido y dinámico; entrega temprana del par máximo, lo cual se traduce en un buen comportamiento en arrancada.
- ▶ Trayectos muy cortos del aire a comprimir hasta llegar a los cilindros.
- ▶ Un mejor comportamiento de los gases de escape; motivo: el catalizador alcanza más rápidamente su temperatura operativa. En un motor con turbo-sobrealimentación con gases de escape, una parte de la energía del calor se pierde para el accionamiento del turbocompresor.

Inconvenientes:

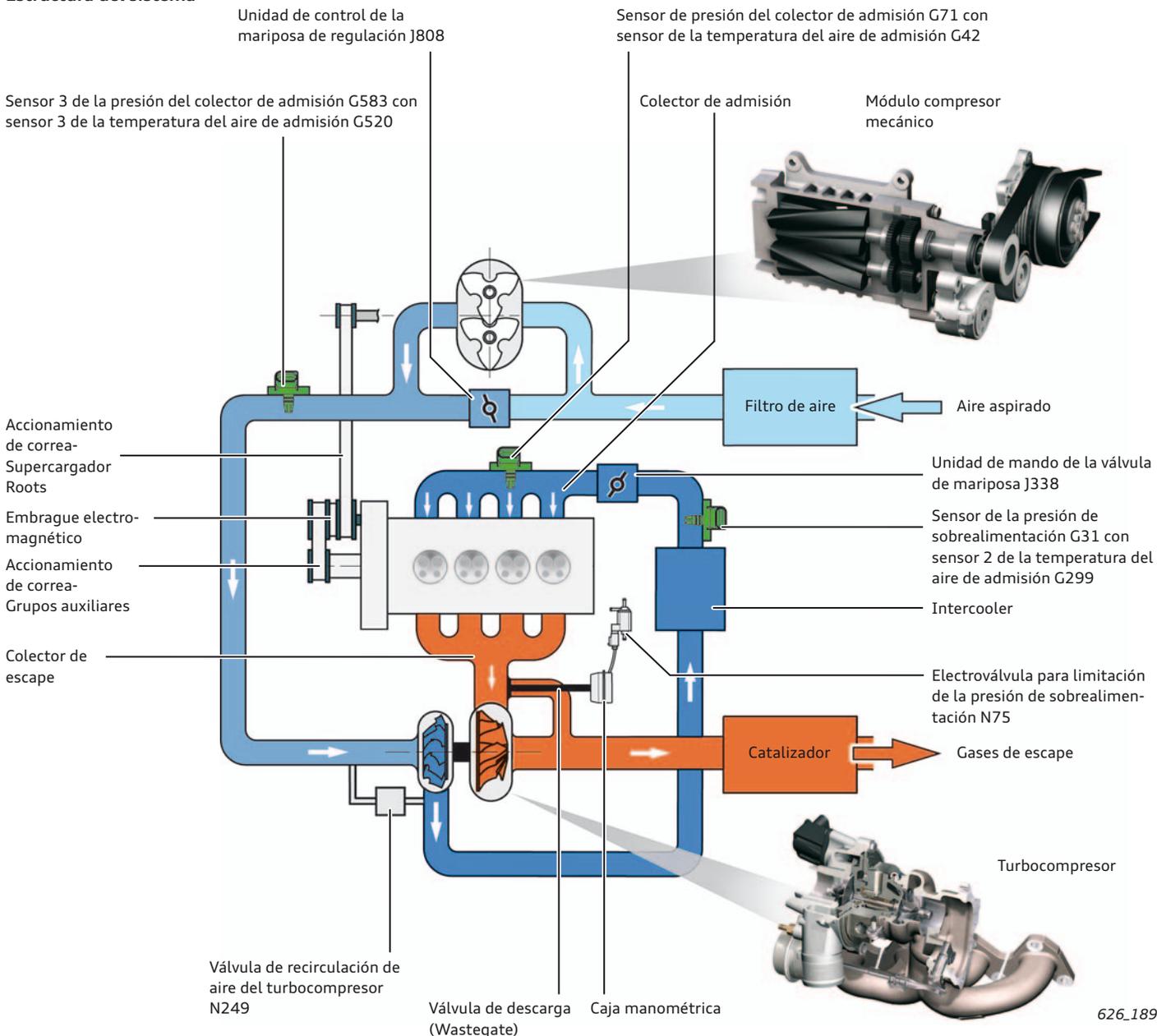
- ▶ Su fabricación es muy compleja, debido a las muy estrechas tolerancias (de los rotores con respecto a la carcasa y entre ellos).
- ▶ Una mayor sensibilidad ante la penetración de impurezas en el trayecto del aire depurado.
- ▶ Una muy compleja amortiguación de la sonoridad.
- ▶ Para el accionamiento del supercargador se pierde una parte de la potencia del motor.

Doble sobrealimentación (tomando como ejemplo el 1.4l TFSI con doble sobrealimentación)

Algunos motores trabajan con una combinación de módulo compresor y turbocompresor. Es decir, que según la entrega de par que se solicita el motor se sobrealimenta con ayuda de un módulo compresor, adicionalmente a la sobrealimentación proporcionada por el turbocompresor. El aire exterior se aspira a través del filtro.

La posición de la mariposa en la unidad de mando de la mariposa de regulación es la que define si el aire exterior fluye a través del módulo compresor y/o directamente hacia el turbocompresor. A partir del turbocompresor, el aire exterior fluye a través del inter-cooler y la unidad de mando de la mariposa hacia el colector de admisión. La presión de sobrealimentación se regula a través de la electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación N75.

Estructura del sistema



Márgenes de trabajo

Según sea la solicitud de par, la unidad de control del motor decide sobre si se ha de generar la sobrealimentación necesaria y, en caso afirmativo, el modo en que ha de suceder ello. La energía de los gases de escape no es suficiente a regímenes bajos, como para poder generar ella sola la presión de sobrealimentación que se necesita.

A partir de una solicitud de entrega de un par mínimo y hasta un régimen de motor de 2.400 rpm se encuentra conectado continuamente el módulo compresor. La presión de sobrealimentación del módulo compresor se regula por medio de la unidad de mando de la mariposa de regulación.

Hasta un régimen máximo de 3.500 rpm se mantiene conectado el módulo compresor si es necesario. Esta necesidad viene dada, por ejemplo, si se circula con una velocidad constante dentro de ese margen y luego se acelera intensamente. Debido a la inercia de respuesta del turbocompresor se produciría una aceleración retardada (bache turbo). Por ese motivo se conecta subsidiariamente aquí el módulo compresor y se alcanza lo más rápidamente posible la presión de sobrealimentación necesaria.

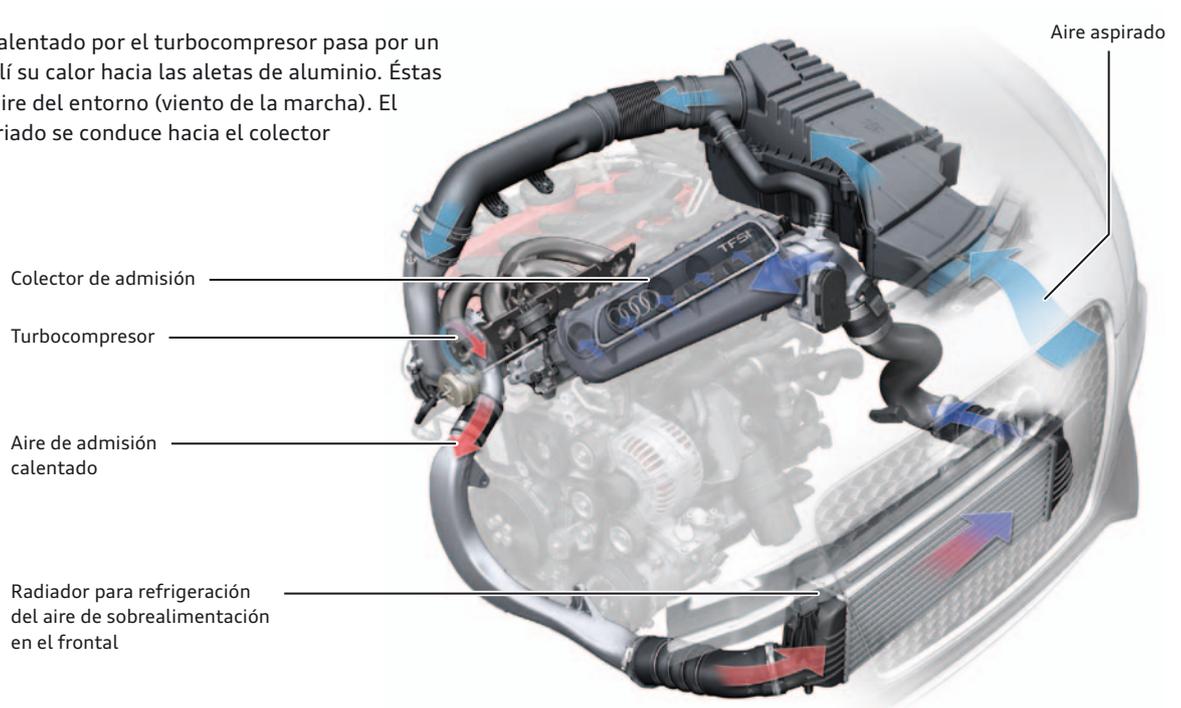
Intercooler

La refrigeración del aire de sobrealimentación hace posible una operatividad más eficiente de los motores sobrealimentados. Con ello se puede optimizar aún más la entrega de par y potencia. Cuando el turbocompresor caliente precomprime el aire aspirado, éste se calienta y se expande. El aire aspirado se calienta hasta unos 200 °C, principalmente por el proceso de la compresión, pero también por encontrarse muy caliente el propio turbocompresor. Esto, sin embargo, actúa en contra del efecto deseado con la presión de sobrealimentación.

Y es que en el aire más frío hay más moléculas de oxígeno que en el aire caliente, al tratarse de un volumen comparable. Con ello mejora el grado de llenado de los cilindros del motor – y la entrega de potencia aumenta. Con la implantación de un intercooler entre el turbocompresor y el colector de admisión se puede reducir la temperatura del aire aspirado en hasta 50 °C. Aparte de ello, con la refrigeración se reduce la tendencia al picado (en motores de gasolina) y la generación de óxidos nítricos.

Intercooler aire/aire (tomando como ejemplo el del motor 2.5l R5 TFSI)

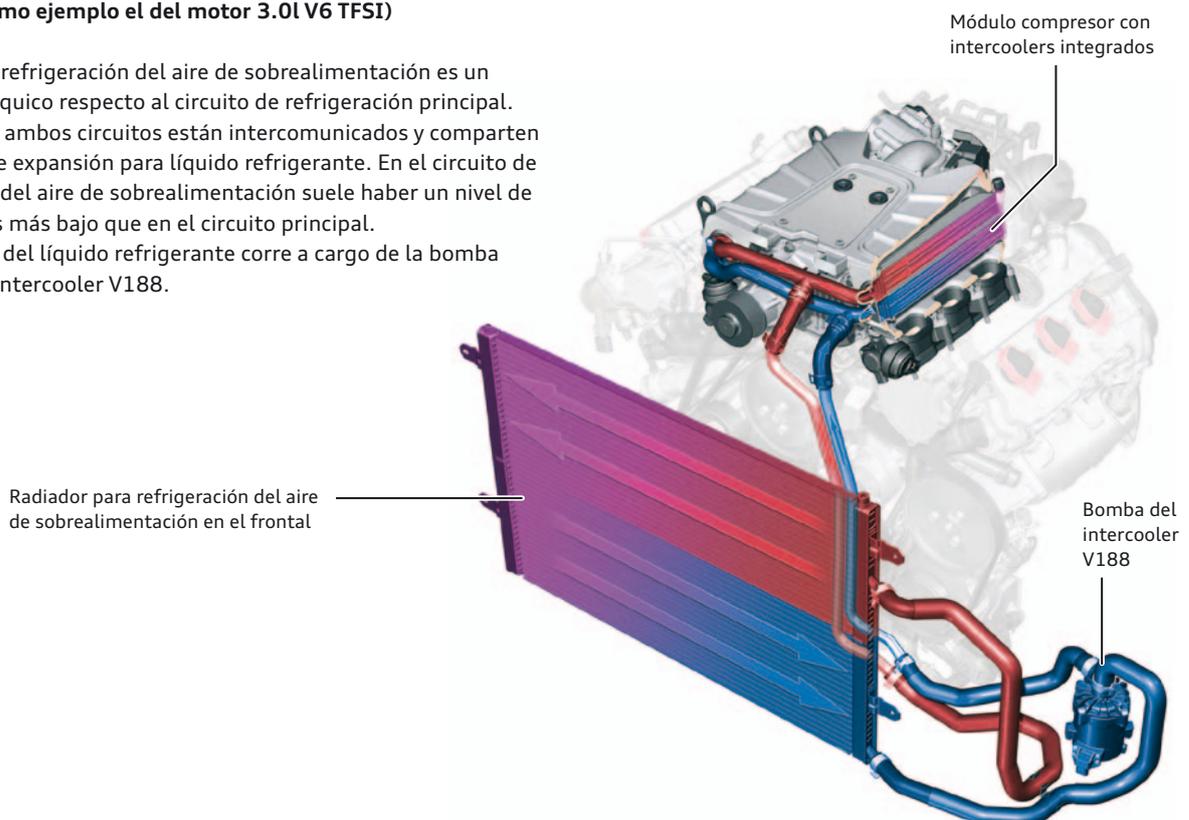
El aire de admisión calentado por el turbocompresor pasa por un radiador y entrega allí su calor hacia las aletas de aluminio. Éstas se refrigeran con el aire del entorno (viento de la marcha). El aire de admisión enfriado se conduce hacia el colector de admisión.



626_208

Intercooler aire/agua (tomando como ejemplo el del motor 3.0l V6 TFSI)

El circuito de refrigeración del aire de sobrealimentación es un circuito autárquico respecto al circuito de refrigeración principal. Sin embargo, ambos circuitos están intercomunicados y comparten el depósito de expansión para líquido refrigerante. En el circuito de refrigeración del aire de sobrealimentación suele haber un nivel de temperaturas más bajo que en el circuito principal. El transporte del líquido refrigerante corre a cargo de la bomba eléctrica del intercooler V188.



626_209

Recirculación de gases de escape

Al intervenir altas temperaturas en la cámara de combustión y realizarse la combustión con exceso de aire se producen óxidos nítricos indeseables en cualquier motor de combustión. Una gran parte de ellos se puede evitar con la ayuda de la recirculación de gases de escape. El sistema llamado AGR devuelve una parte de los gases de escape hacia las cámaras de combustión. Según el motor de que se trate, los gases de escape recirculados constituyen hasta un 20 % de las cargas de los cilindros.

Con ello se reduce el porcentaje de aire fresco, rico en oxígeno, lo cual atenúa las reacciones químicas que se desarrollan en la cámara de combustión. Esto hace que descendan las temperaturas de la combustión, con lo cual se generan marcadamente menores cantidades de NO_x . Según el punto de toma de los gases de escape se diferencia entre los sistemas AGR externos e internos.

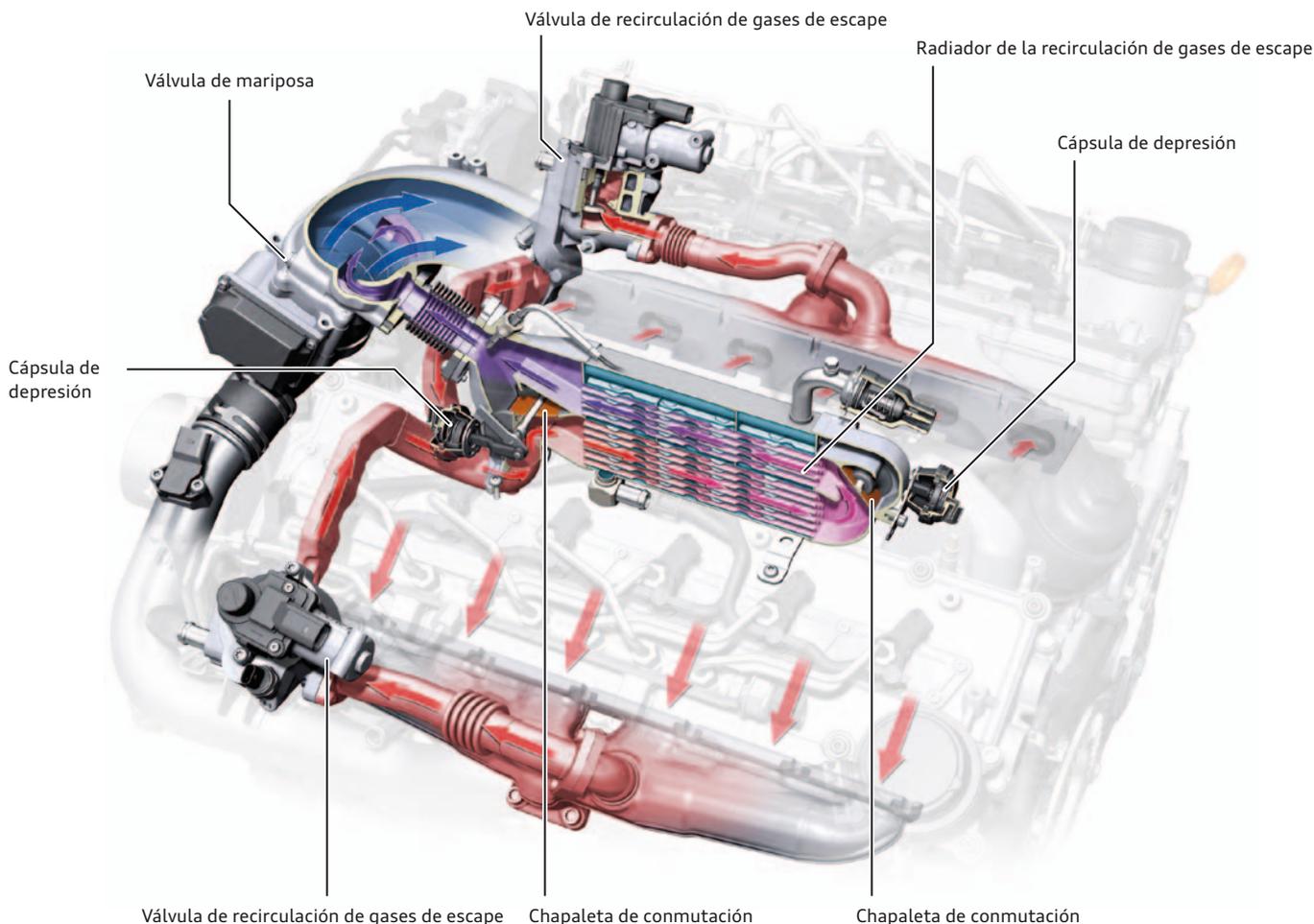
Recirculación de gases de escape externa

La recirculación externa de los gases de escape se distingue por la particularidad de que los gases de escape se captan por el lado de escape en el colector del motor y se vuelven a alimentar a la combustión. Para incrementar aún más el efecto de disminución de los óxidos nítricos, los motores modernos utilizan una refrigeración adicional para su sistema AGR-externo.

Los gases de escape, en el trayecto de retorno al motor, recorren un radiador de líquido refrigerante gestionado por mapa de características. La refrigeración se encarga de que se pueda realimentar una mayor cantidad de gases de escape y al mismo tiempo se reduzca más aún la temperatura de la cámara de combustión.

Estructura

(tomando como ejemplo la del motor V12 TDI)



626_183



Escanee el código QR y contemple una recirculación de gases de escape externa en funcionamiento.

Radiador conmutable para recirculación de los gases de escape

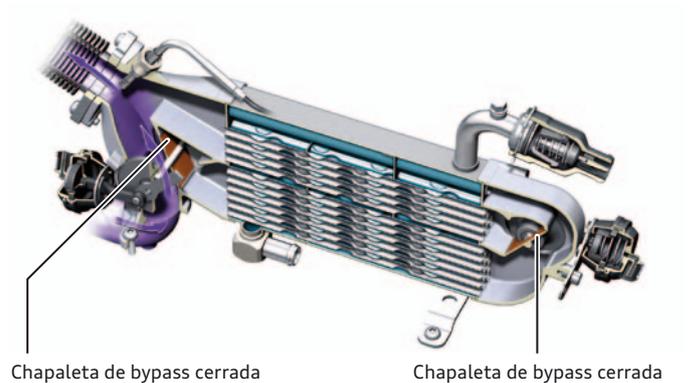
Los motores modernos disponen de un radiador conmutable para la recirculación de los gases de escape, el cual recorren los gases de escape recirculados antes de volverse a alimentar para la combustión. Para conseguir bajas temperaturas en los gases de escape recirculados se ha conectado el radiador AGR a un circuito de refrigeración de baja temperatura, por separado. El líquido refrigerante se capta directamente a la salida del radiador de agua principal y se impele con una bomba eléctrica hacia el radiador AGR.

Según la temperatura operativa, el radiador conecta o desconecta la refrigeración activa de los gases de escape. Esto permite reducir más las emisiones de óxidos nítricos. A motor frío los gases de escape calientes se conducen a través de un conducto en bypass directamente hacia la cámara de combustión. Esto sirve para calentar rápidamente el catalizador de oxidación y el líquido refrigerante. Las figuras siguientes muestran una regulación en 3 fases del motor 6.0l V12 TDI.

Radiador para recirculación de los gases de escape con flujo pasante – radiador adicional en bypass

Fase 1 - modo bypass

- ▶ Chapaleta de bypass a la entrada del radiador AGR cerrada.
- ▶ Al estar el motor frío y hacer bajas temperaturas exteriores, los gases de escape fluyen directamente hacia el colector de admisión.

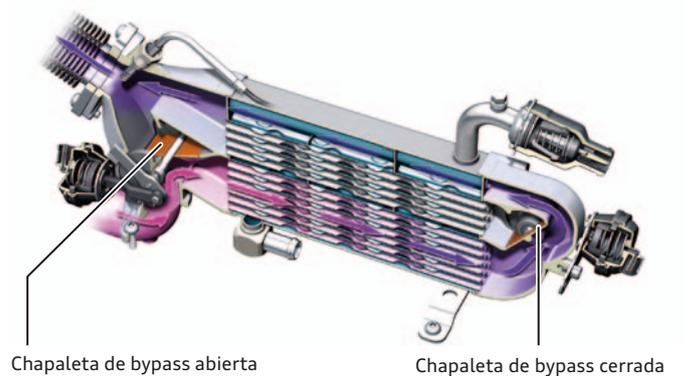


626_257

Radiador para recirculación de los gases de escape con flujo pasante – radiador adicional a potencia media

Fase 2 - potencia de refrigeración media

- ▶ Modo de refrigeración 1
- ▶ Chapaleta de bypass a la entrada del radiador AGR abierta.
- ▶ Chapaleta de bypass en el radiador AGR cerrada.
- ▶ Los gases de escape fluyen en la parte inferior del radiador AGR hacia el colector de admisión.

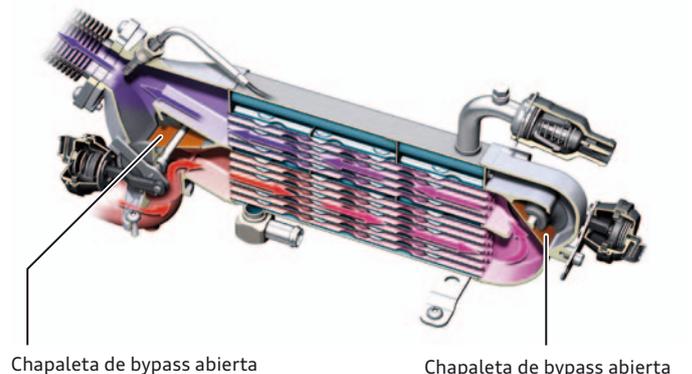


626_258

Radiador para recirculación de los gases de escape con flujo pasante – radiador adicional con flujo pasante

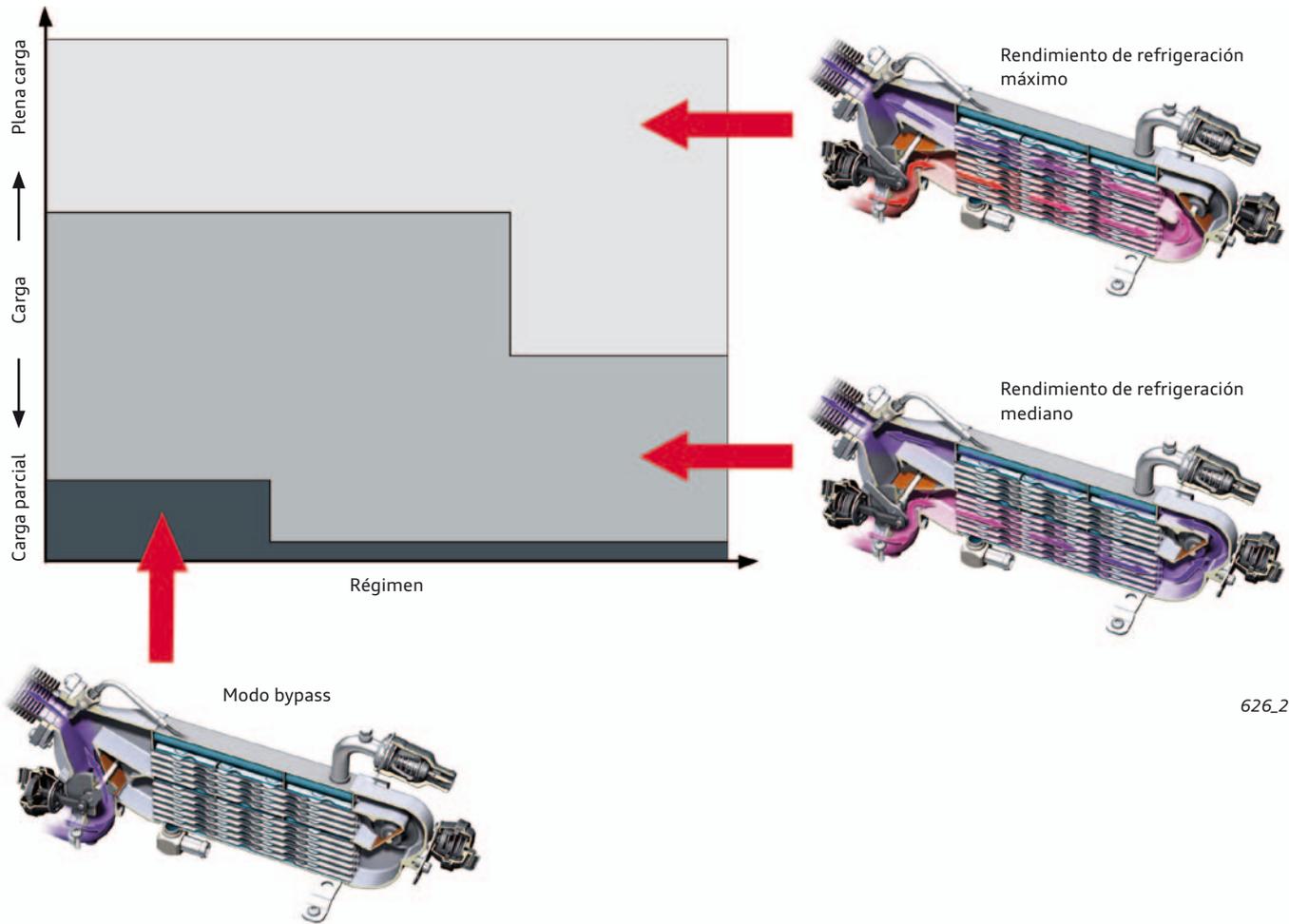
Fase 3 - potencia de refrigeración máxima

- ▶ Modo de refrigeración 2
- ▶ Motor bajo carga
- ▶ Alta temperatura exterior
- ▶ Chapaleta de bypass a la entrada del radiador AGR abierta.
- ▶ Chapaleta de bypass en el radiador AGR abierta.
- ▶ Los gases de escape recorren todos los conductos de refrigeración del radiador AGR hacia el colector de admisión.



626_259

Esquema de conmutación de la recirculación de gases de escape externa



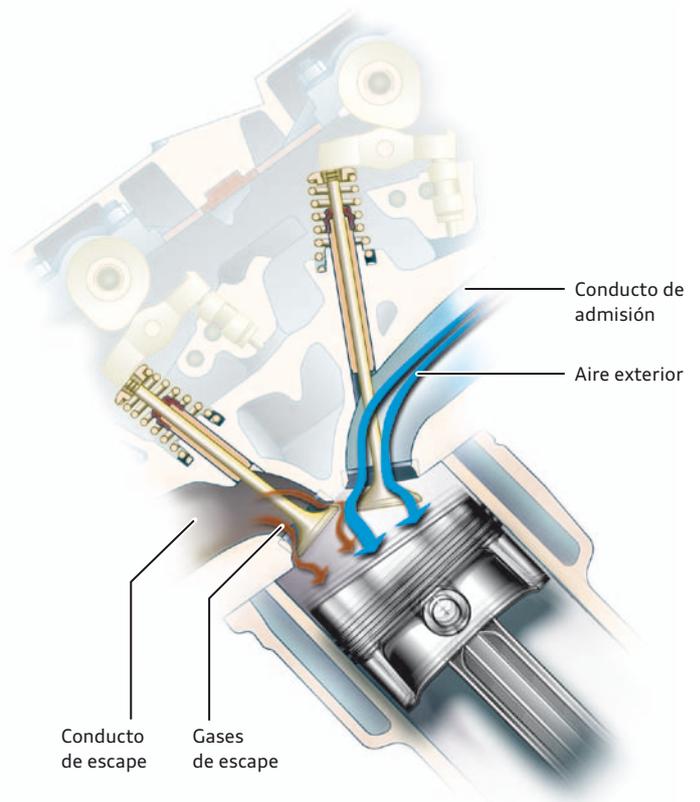
626_262

Recirculación de gases de escape interna en motores de gasolina

También en la recirculación de gases de escape interna se vuelven a pasar los gases de escape a la combustión, para reducir las emisiones de óxidos nítricos. La diferencia con respecto a la AGR externa es que los gases de escape no se toman del grupo de escape.

La condición para que funcione una recirculación de gases de escape interna consiste en que el motor disponga de una distribución variable.

En el caso de la AGR interna una parte de los gases de escape se aspira de nuevo hacia la cámara de combustión tras el ciclo de la combustión. Para ello se regula la posición relativa del árbol de levas de escape de modo que las válvulas de escape cierran un poco más tarde de lo que sería habitual. De esta forma, una parte de los gases de escape recién expulsados hacia el conducto de escape se vuelve a aspirar hacia la cámara de combustión durante el movimiento descendente del pistón y estos gases se mezclan allí con el aire de admisión aspirado y con el combustible inyectado.



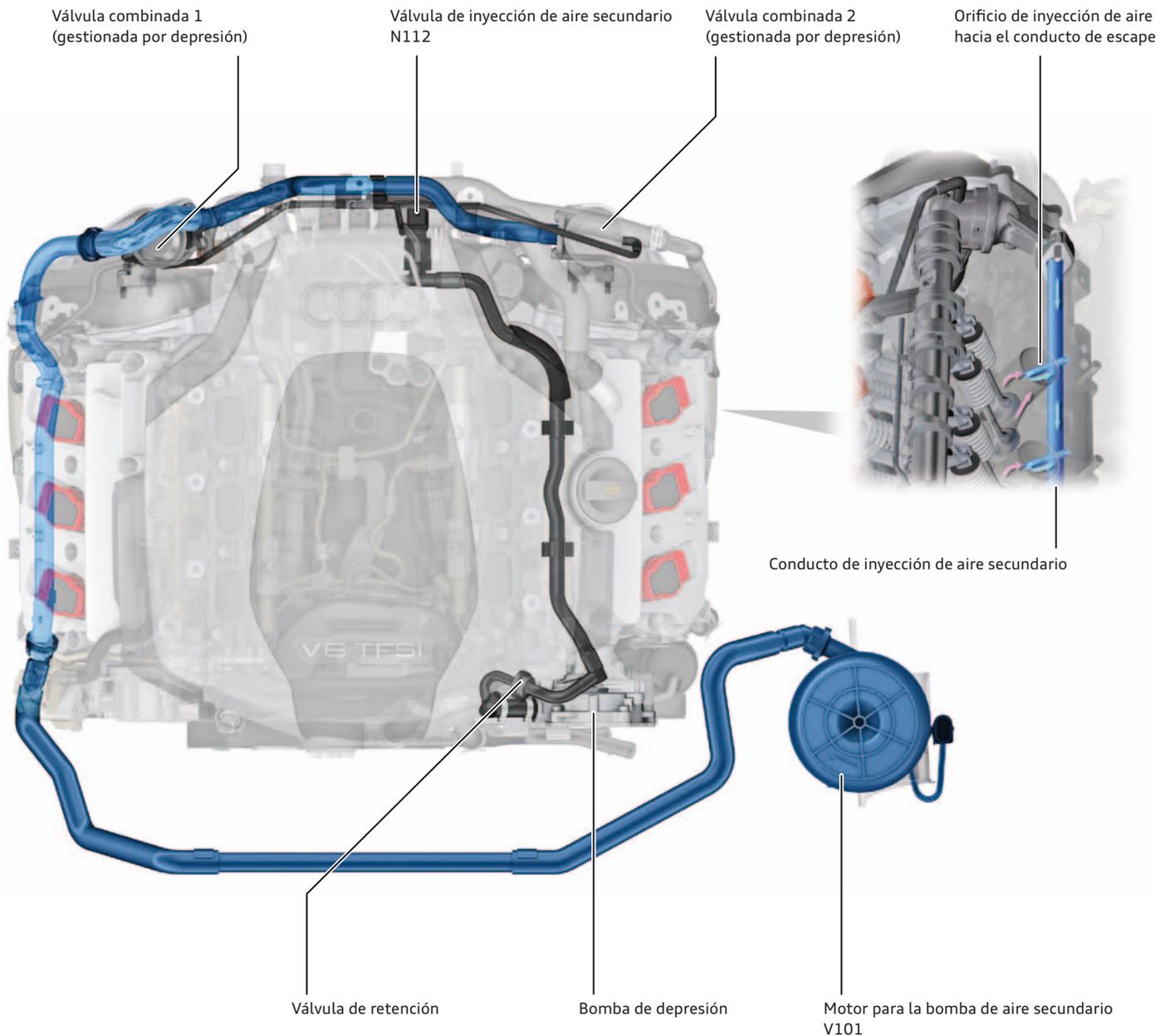
626_192

Sistema de aire secundario en motores de gasolina

Debido al alto índice de enriquecimiento de la mezcla durante las fases de arranque en frío y de calentamiento, se produce durante este tiempo en los gases de escape un mayor índice de hidrocarburos inquemados.

En este estado operativo el catalizador no puede realizar su trabajo, porque:

- ▶ Todavía no alcanza la temperatura operativa necesaria.
- ▶ Para la conversión completa debe estar dada una mezcla equivalente a $\lambda = 1$.



626_266

Funcionamiento

Con la inyección de aire detrás de las válvulas de escape se enriquecen los gases de escape con oxígeno, con lo cual se produce una postoxidación (postcombustión) de los hidrocarburos y del monóxido de carbono. El calor liberado por ese motivo calefacta adicionalmente al catalizador y lo lleva más rápidamente a la temperatura operativa.

El sistema de aire secundario consta de:

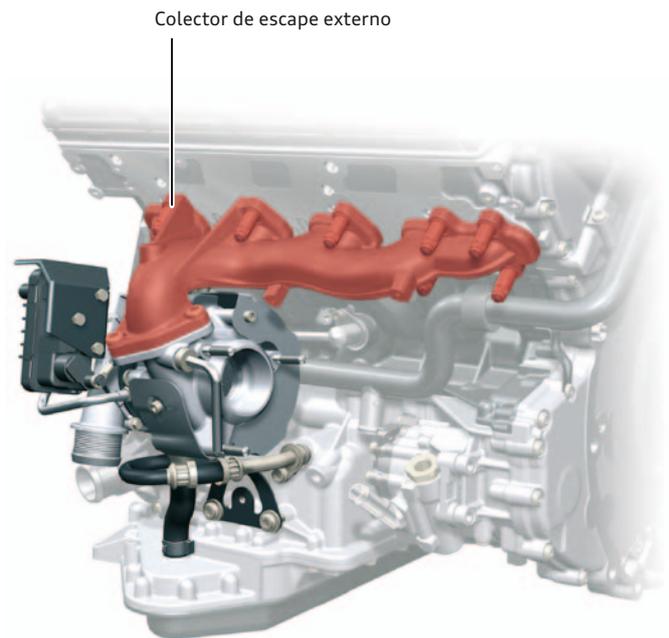
- ▶ Bomba de aire secundario V101
- ▶ 2 válvulas combinadas
- ▶ Válvula de inyección de aire secundario N112

Colector de escape

El colector de escape asume la función de reunir los gases de escape procedentes de los diferentes cilindros y alimentarlos hacia el sistema de escape. Este componente puede ir atornillado directamente al motor, estar integrado en el motor o bien estar instalado dentro del módulo colector-turbocompresor.

Colector de escape externo

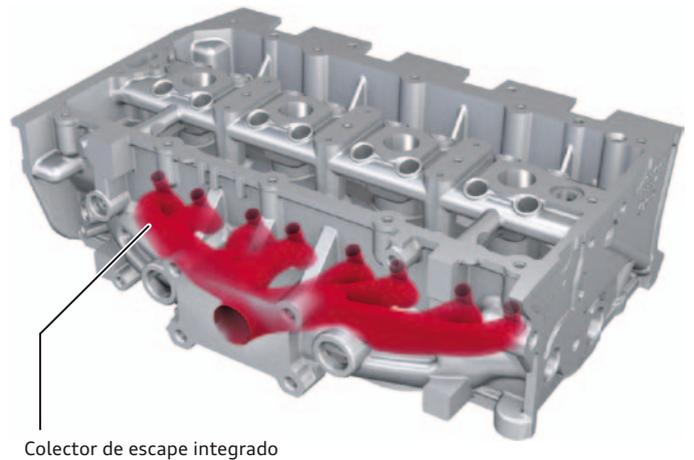
El colector de escape externo se encuentra por fuera del bloque motor y va atornillado directamente con éste. El inconveniente de esta arquitectura es que el catalizador a continuación no puede instalarse directamente en el bloque motor. Al catalizador le falta por ello la radiación de calor y necesita más tiempo para alcanzar su temperatura operativa. Es posible actuar en contra de este efecto con los llamados colectores de escape con aislamiento por abertura espaciadora. En esos casos se reviste adicionalmente el colector de escape con camisa de metal. Entre la camisa y el colector de escape se obtiene así un espacio con carga de aire que aísla al colector. Como consecuencia de ello ingresan gases de escape a mayor temperatura en el catalizador y lo llevan más rápidamente a su temperatura operativa.



626_194

Colector de escape integrado

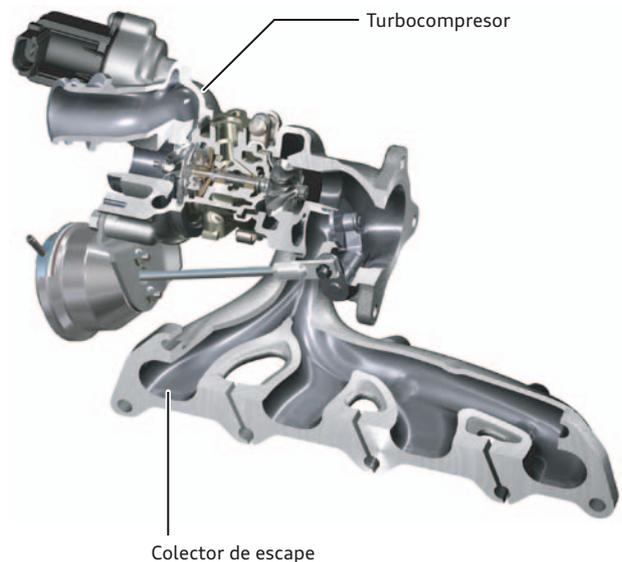
En el caso del colector de escape integrado los conductos de escape confluyen en una brida central dentro de la culata. En esta brida se atornilla directamente el catalizador. Aparte de reducirse el consumo de combustible y de las ventajas térmicas que ello supone, esta solución del diseño aporta una reducción del peso en comparación con un colector de escape convencional.



626_204

Módulo colector-turbocompresor

En esta variante, el colector de escape y el turbocompresor se encuentran integrados en un módulo compartido. Las ventajas de esta arquitectura compacta son una reducción de peso, la eliminación de un punto de estanqueidad y una reducción de la cantidad de componentes. Un inconveniente considerable consiste en que si se avería uno de los componentes, resulta necesario cambiar el módulo completo.



626_205

Sistema de escape

El sistema de escape se encuentra, en la mayoría de los casos, en los bajos del vehículo. Consta de varios componentes y tiene que cumplir toda una serie de funciones:

- ▶ Amortiguar los gases de escape que salen de la cámara de combustión sometidos a impulsos intensos, de modo que no sobrepasen un determinado nivel de sonoridad. Las pérdidas de potencia por ese motivo deben mantenerse lo más reducidas posible.
- ▶ Conducir descargando los gases de escape de modo que se evite su penetración en el interior del vehículo.
- ▶ Reducir los contenidos de contaminantes en los gases de escape a los valores límite especificados.
- ▶ Mantener los límites de las emisiones de sonoridad y generar la sonoridad de fondo deseada.

Estructura y funcionamiento

(tomando como ejemplo el Audi TT RS con motor de 5 cilindros TFSI)

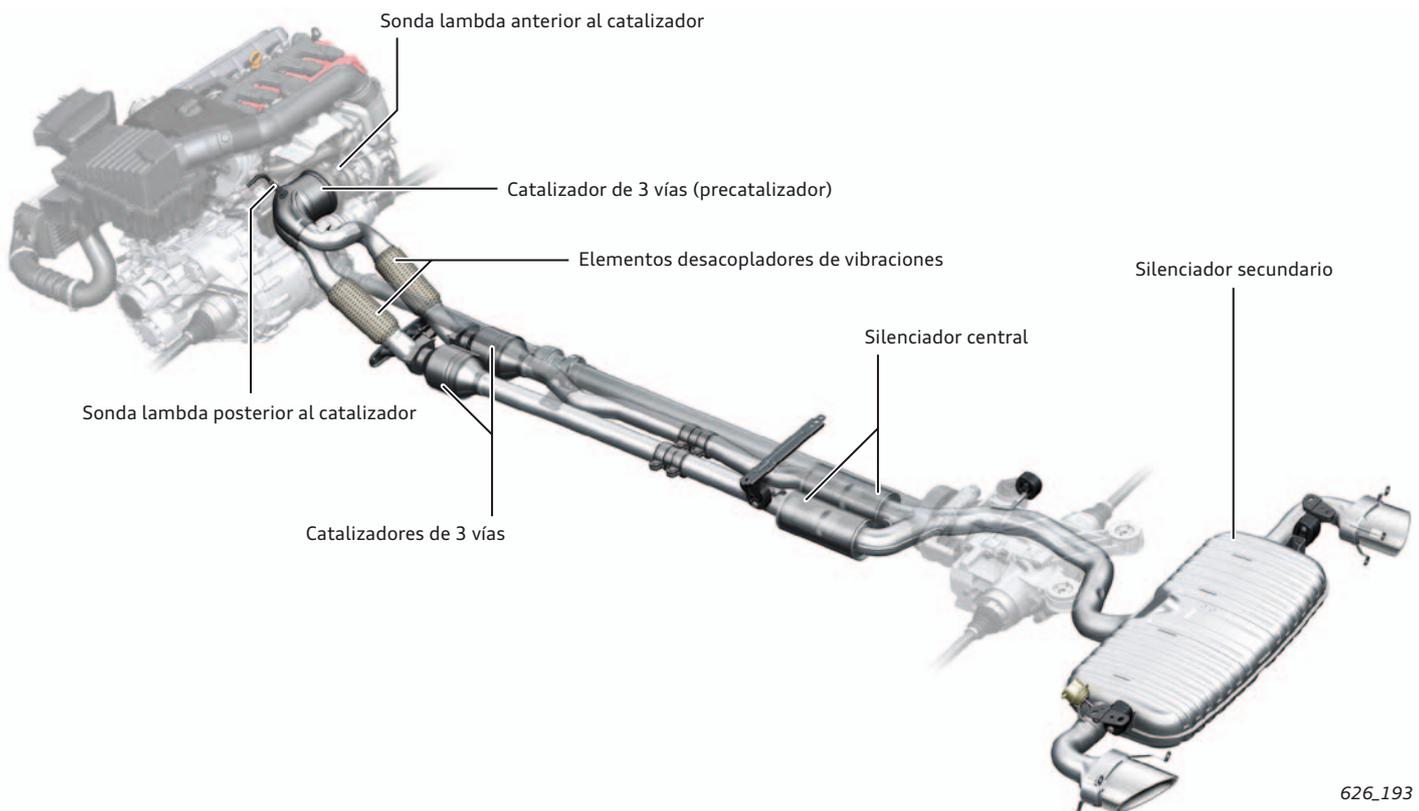
Directamente después de la combustión los gases de escape recorren el módulo colector-turbocompresor de escape. El caudal de los gases de escape ahora acumulado recorre primeramente un catalizador, el cual retiene partículas de contaminantes. La implantación cercana al motor tiene la ventaja de que el catalizador alcanza rápidamente su temperatura operativa después del arranque del motor. Delante y detrás del catalizador hay sondas lambda. La sonda anterior al catalizador verifica el contenido de oxígeno de los gases de escape para obtener un valor básico. La sonda posterior al catalizador vuelve a analizar los valores de los gases de escape y los compara con el valor básico, para verificar el funcionamiento del catalizador.

Componentes

Los sistemas de escape pueden constar de los componentes siguientes:

- ▶ Tubos de escape
- ▶ Colectores de escape
 - ▶ Colector de escape externo
 - ▶ Colector de escape integrado
 - ▶ Módulo colector-turbocompresor
- ▶ Catalizadores
 - ▶ Catalizador de 3 vías en motores de gasolina
 - ▶ Catalizador de oxidación en motores Diesel
 - ▶ Filtro de partículas Diesel en motores Diesel
 - ▶ Sistema SCR en motores Diesel
- ▶ Elementos desacopladores de vibraciones
- ▶ Silenciadores
 - ▶ Silenciador de reflexión
 - ▶ Silenciador de absorción
- ▶ Chapaletas de escape

Más adelante, los gases de escape pasan por los llamados elementos desacopladores de vibraciones. Estos componentes compensan vibraciones indeseables y reducen con ello la transmisión de vibraciones hacia todo el sistema de escape y la carrocería. Según el tipo de vehículo de que se trate puede haber más catalizadores a continuación. En el último tramo del sistema de escape los gases pasan por uno o varios silenciadores que reducen la sonoridad de fondo a una medida específica. Los tubos de unión para los diferentes componentes son tubos de acero que tienen un recubrimiento de aluminio.



Catalizadores

Los catalizadores se utilizan para tratar los gases de escape generados en la combustión. El objetivo consiste en transformar los contaminantes de los gases de escape total o parcialmente en sustancias inofensivas. Según la variante del motor en cuestión pueden aplicarse diversos sistemas.

Catalizador de 3 vías en motores de gasolina

La depuración de los gases de escape en los motores de gasolina corre a cargo de los llamados catalizadores de 3 vías. El nombre expresa que estos catalizadores son capaces de convertir al mismo tiempo 3 tipos de contaminantes. La regulación de la depuración catalítica corre a cargo de la unidad de control del motor, por cuanto que la sonda lambda informa a la unidad de control del motor acerca del contenido de oxígeno en los gases de escape y la unidad de control del motor ajusta la mezcla de combustible y aire a una relación $\lambda = 1$.

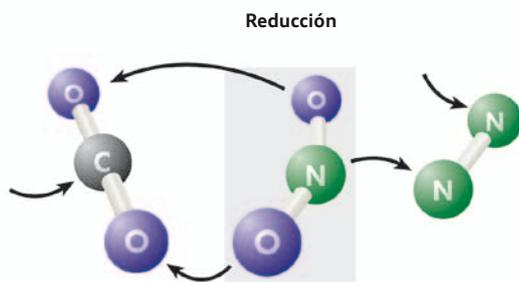
El catalizador despliega su efecto depurador a partir de una temperatura de aprox. 300 °C y en la fase de arranque en frío necesita cierto tiempo para calentarse. Para abreviar la fase de calentamiento y poder depurar más rápidamente los gases de escape se aplican precatizadores en los sistemas de escape de vanguardia. Estos precatizadores van situados cerca del colector de escape, suelen tener menores dimensiones y alcanzan por ello más rápidamente su temperatura operativa.

Depuración catalítica

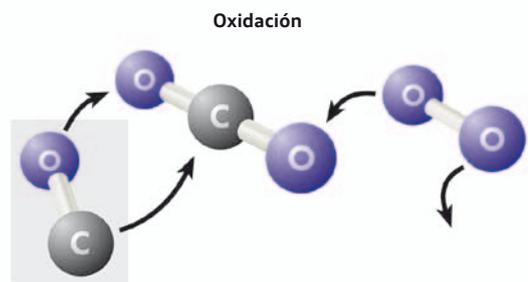
La depuración catalítica que sucede aquí se basa en 2 procesos químicos:

Proceso químico	Características
Reducción	A las sustancias que componen los gases de escape se les extrae oxígeno.
Oxidación	A las sustancias que componen los gases de escape se les agrega oxígeno.

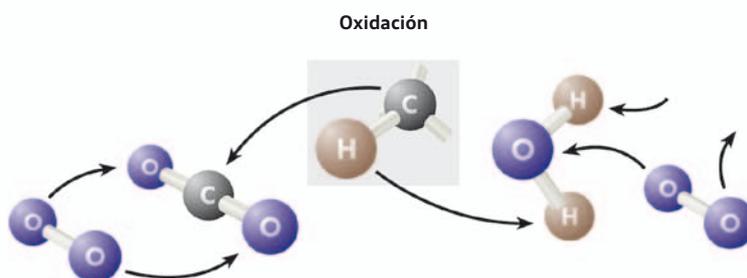
Con la ayuda de estos procesos químicos, el catalizador de 3 vías convierte al mismo tiempo 3 tipos de contaminantes, como sigue:



Reduce los óxidos nítricos NO_x en dióxido de carbono CO_2 y nitrógeno N_2 .



Oxida el monóxido de carbono CO en dióxido de carbono CO_2 .



Oxida el hidrocarburo HC en dióxido de carbono CO_2 y agua H_2O .

Catalizadores en motores Diesel

Los motores Diesel trabajan con un excedente de oxígeno en la mezcla de combustible y aire ($\lambda > 1$), lo cual tiene por consecuencia una alta concentración de oxígeno en los gases de escape. Por ese motivo no es necesario regular el contenido de oxígeno por medio de sondas lambda para el funcionamiento del catalizador.

Para poder convertir diferentes tipos de contaminantes, los motores Diesel disponen de varios catalizadores, que se encargan, respectivamente, de otra función.

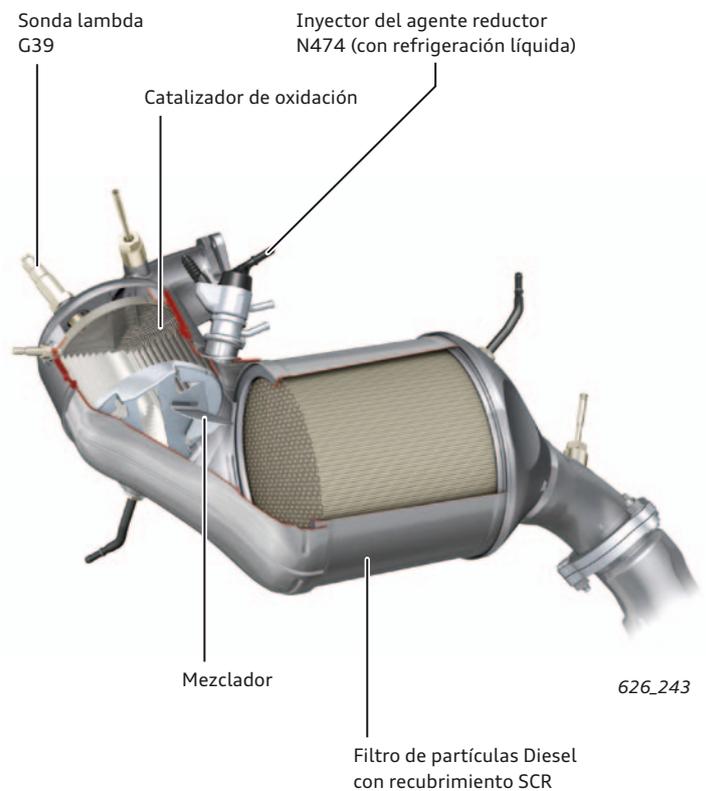
Catalizador de oxidación

El catalizador de oxidación aprovecha el alto contenido residual de oxígeno en los gases de escape. Este catalizador únicamente puede convertir las partes oxidables de los gases de escape. Las reacciones de oxidación son aquí idénticas a las del catalizador de 3 vías. Debido a las bajas temperaturas de los gases de escape, los catalizadores de oxidación en los motores Diesel suelen ser instalados cerca del colector de escape. El interior del catalizador consta de platino y paladio.

Filtro de partículas Diesel

El filtro de partículas Diesel va dispuesto en el caudal de los gases de escape, a continuación del catalizador de oxidación, y retiene las partículas de hollín contenidas en los gases de escape. Para evitar que el filtro de partículas se obstruya con hollín y se afecte su funcionamiento, se lo tiene que regenerar de forma sistemática. Durante el proceso de la regeneración las partículas de hollín acumuladas en el filtro se convierten (oxidan) en dióxido de carbono por medio de una reacción con el dióxido nítrico.

La regeneración del filtro de partículas se realiza en las fases siguientes:

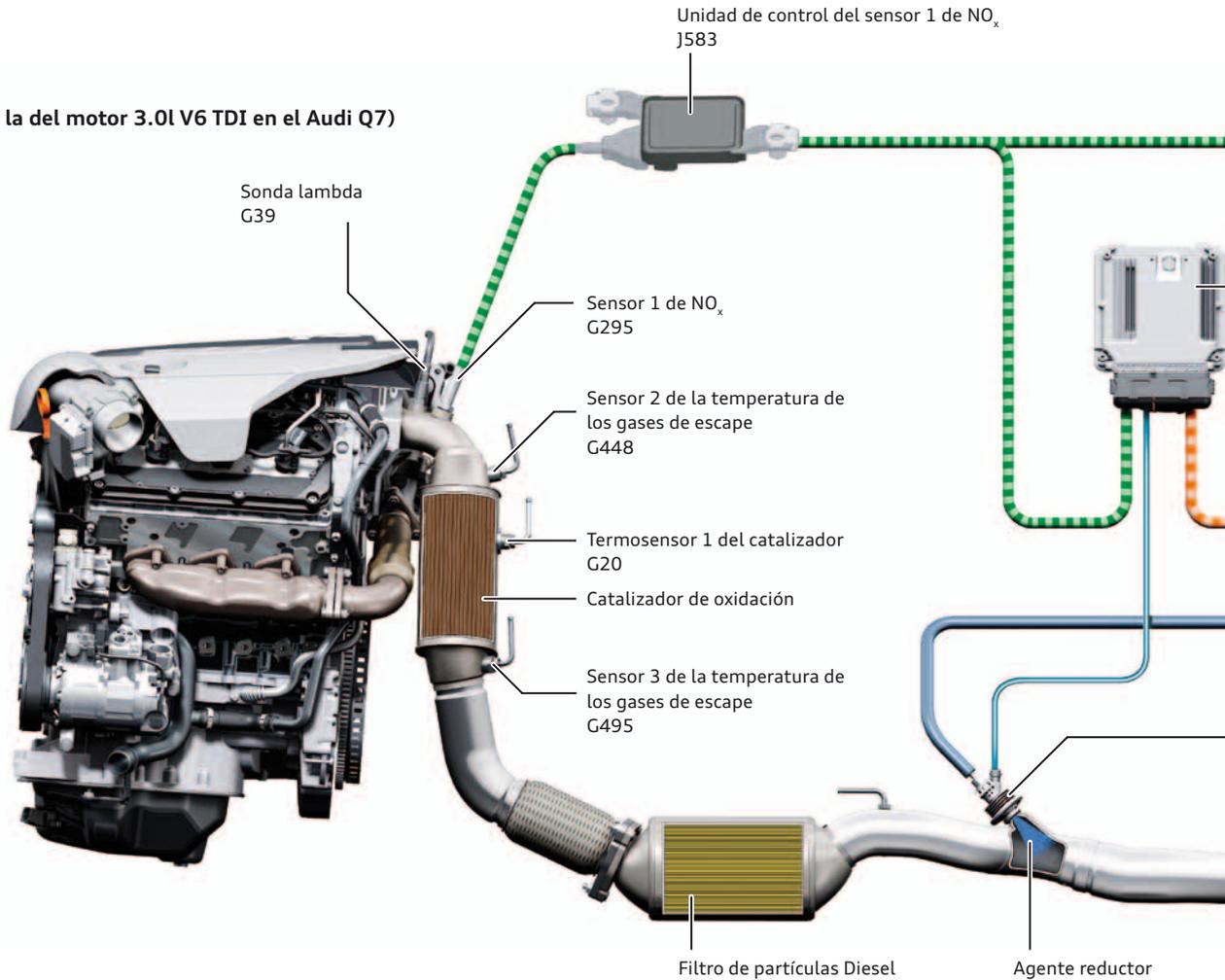


Fase de regeneración	Características
Regeneración pasiva	Durante la regeneración pasiva se queman de forma continua las partículas de hollín, sin intervención de la gestión del motor. Esto sucede principalmente al intervenir altas cargas del motor, por ejemplo al circular por autopista, con temperaturas de los gases de escape entre los 350 °C – 500 °C.
Regeneración activa	Si el vehículo circula con frecuencia en ciudad, son muy bajas las temperaturas de los gases de escape para una regeneración pasiva. El filtro se obstruye entonces con partículas de hollín. Una vez alcanzada una carga de hollín definida, la unidad de control del motor pone en funcionamiento un ciclo de regeneración activa. En ese contexto aumenta específicamente la temperatura de los gases de escape hasta 750 °C, lo cual tiene por consecuencia la combustión de las partículas de hollín acumuladas.
Recorrido de regeneración por parte del cliente	Si el vehículo se utiliza en exclusiva por recorridos extremadamente cortos, los gases de escape no alcanzan la temperatura necesaria para poder regenerar el filtro de partículas Diesel. Si las cargas de hollín en el filtro alcanzan un límite específico, se informa al conductor, por medio de un testigo luminoso en el cuadro de instrumentos, de que tiene que llevar a cabo un recorrido de regeneración. Para ello se tiene que conducir el vehículo a una velocidad superior durante un período breve, para que pueda alcanzarse una temperatura suficientemente alta con los gases de escape, que permita realizar una regeneración.
Regeneración en el área de Servicio	Si el recorrido de regeneración no ha tenido éxito y no se han podido reducir las cargas de partículas de hollín en el filtro, es necesario realizar una regeneración en el área de Servicio, en el taller. En este caso se indica al conductor, por medio de testigos luminosos y en caso dado textos en la pantalla del cuadro de instrumentos, de la necesidad de acudir a un taller.

Selectiv Catalytic Reduction System (SCR)

El sistema constituye un área parcial del tratamiento de los gases de escape. Con la ayuda de un catalizador DeNO_x, y empleando un agente reductor, los óxidos nítricos que no pueden ser retenidos y convertidos por el catalizador de oxidación y el filtro de partículas Diesel, se ligan aquí y reaccionan convirtiéndose en nitrógeno y agua.

Estructura (tomando como ejemplo la del motor 3.0l V6 TDI en el Audi Q7)



Como agente reductor se utiliza una solución de urea y agua con un alto índice de pureza, transparente, al 32,5 por ciento, que en Europa se distribuye bajo la marca registrada AdBlue® y en los EE.UU. bajo la denominación Diesel Exhaust Fluid AdBlue®.

Funcionamiento

El catalizador DeNO_x alcanza su temperatura operativa con gases de escape a 180 °C al cabo de unos minutos después del arranque del motor. A partir de esta información de temperatura, captada por el sensor 4 de la temperatura de los gases de escape G648 ante el catalizador DeNO_x y transmitida a la unidad de control del motor J623, se puede proceder a inyectar (dosificadamente) el agente reductor. En el tramo comprendido entre el inyector del agente reductor N474 y el catalizador DeNO_x se desarrollan diversos procesos químicos.

Si el agente reductor se inyecta en el caudal de los gases de escape calientes, primero se evapora el agua. Le sigue la termólisis, en la que la urea se disocia en ácido isocianúrico y amoníaco.

En el catalizador DeNO_x se acumula amoníaco y éste reacciona con el monóxido nítrico (NO) y el dióxido nítrico (NO₂) de los gases de escape, transformándose en nitrógeno (N₂) y agua (H₂O).

Si hay superficies calientes a la disposición, el ácido isocianúrico puede transformarse por hidrólisis en dióxido de carbono y en una molécula más de amoníaco.

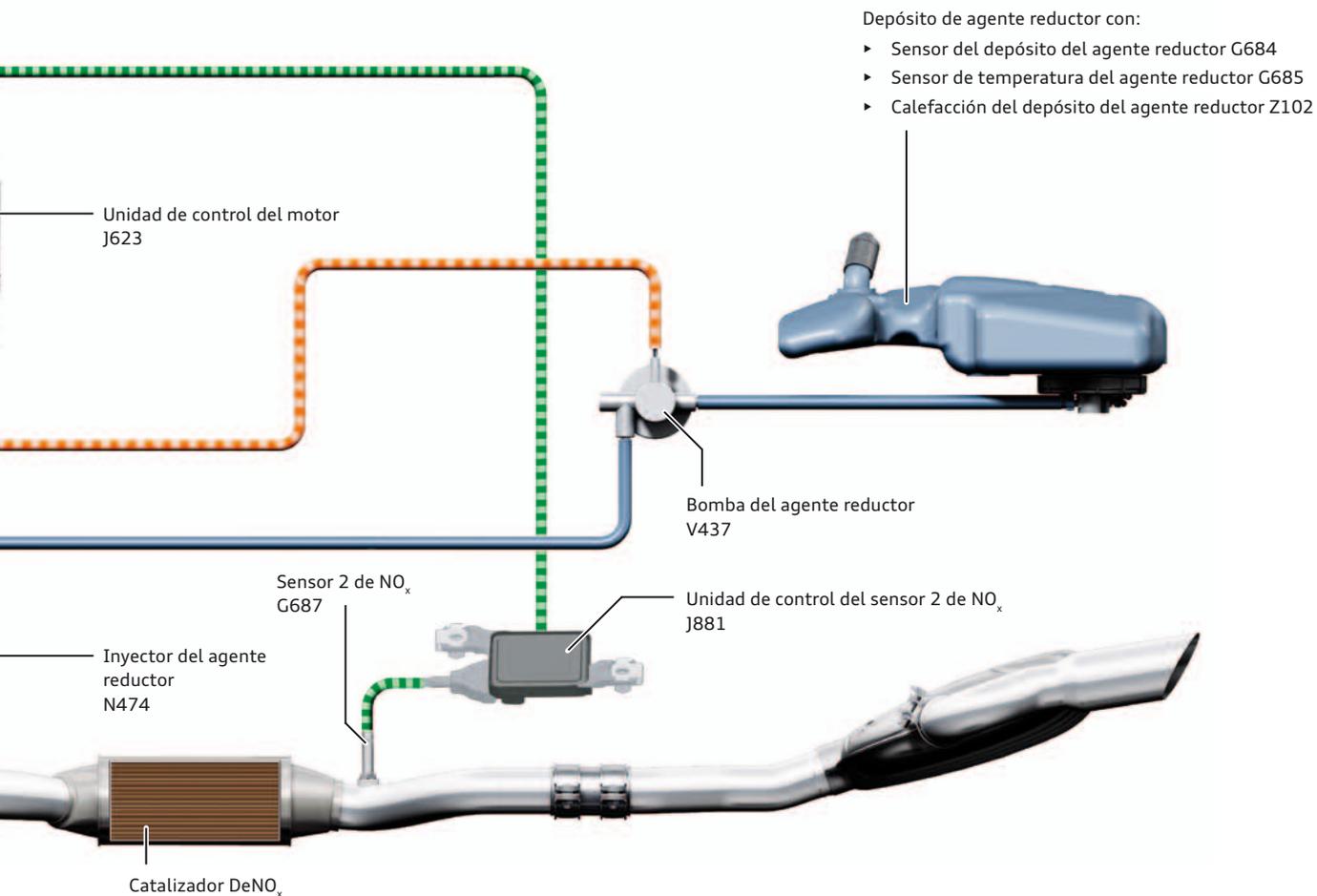
El agua que se necesita para la reacción está disponible en los gases de escape como producto de la reacción de los procesos de la combustión en el motor. Con una molécula de urea se pueden obtener así 2 moléculas de amoníaco y se las puede utilizar para reacciones en el catalizador de reducción.

Termólisis = Una reacción química, en la que una sustancia inicial se disgrega en varios productos por efectos de calor.

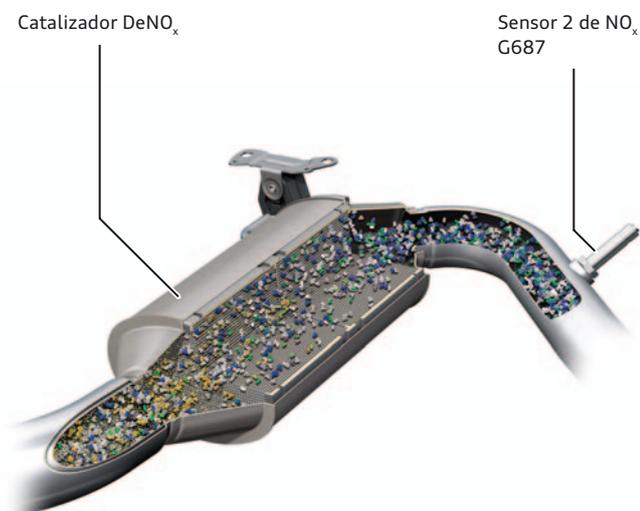
Hidrólisis = Disociación de un compuesto químico por medio de agua.



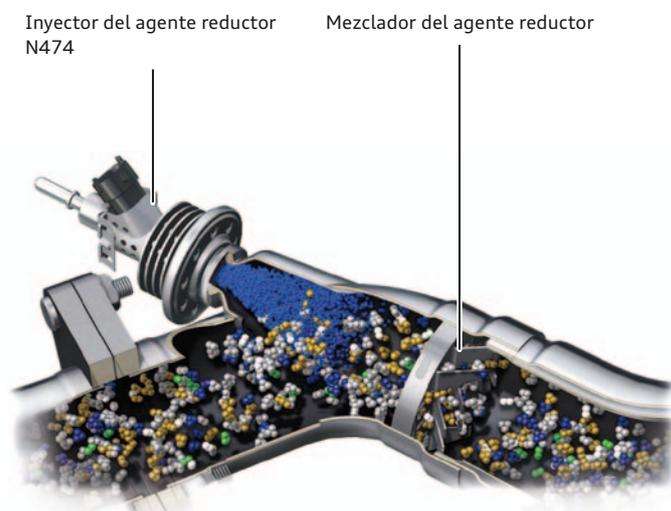
Escanee el código QR y contemple un sistema de escape con sistema SCR en funcionamiento.



626_210



626_212

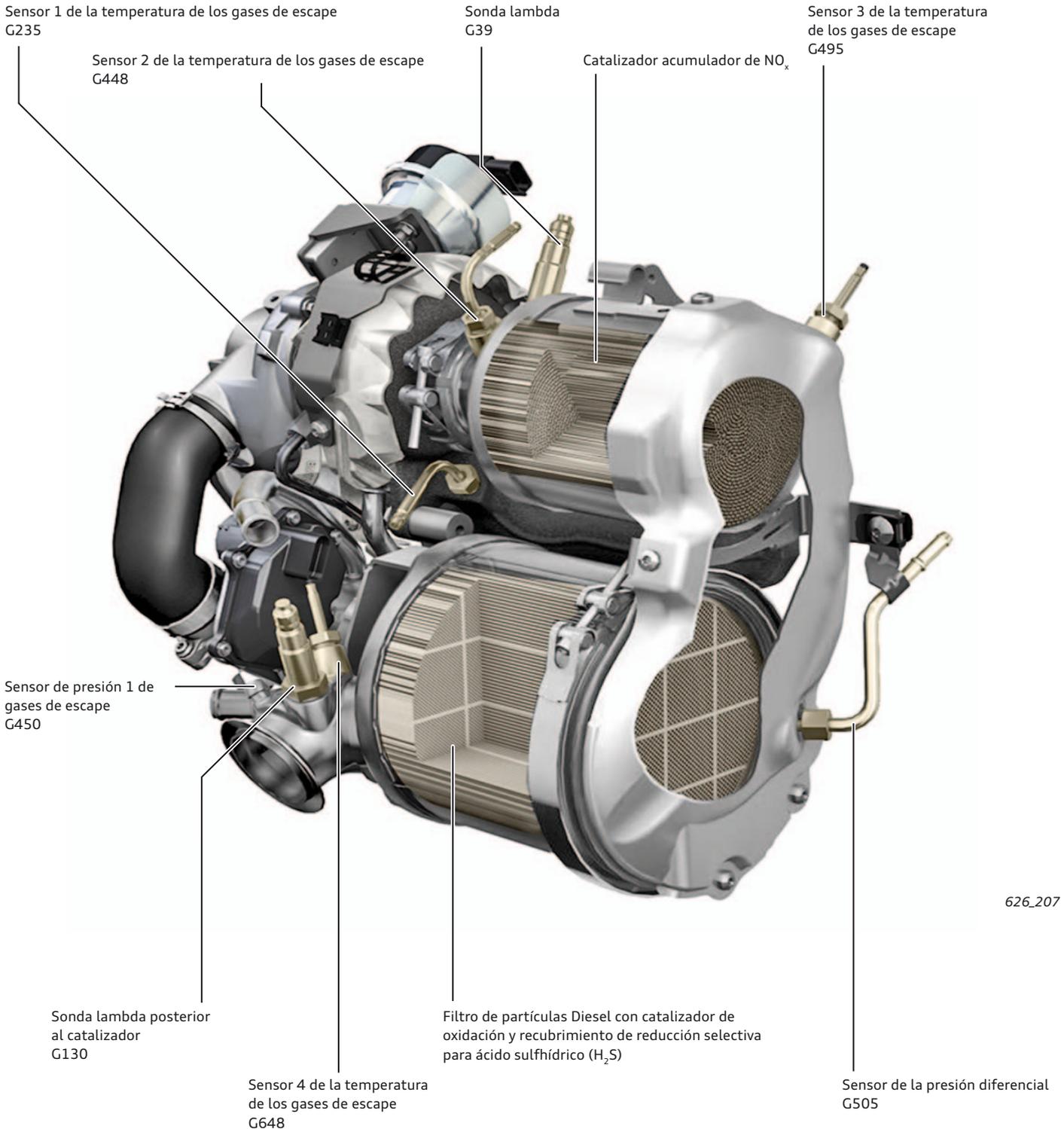


626_213

Módulo de depuración de los gases de escape en motores Diesel

An algunos motores Diesel se utiliza un módulo de depuración de los gases de escape. El módulo aloja tanto al catalizador de oxidación como al filtro de partículas Diesel en un grupo componente compartido, permitiendo así implantar estos componentes cerca del motor. El módulo de depuración de los gases de escape puede alcanzar así más rápidamente la temperatura operativa deseada. Para acumular los óxidos nítricos en los gases de escape, el catalizador de oxidación está diseñado como catalizador acumulador de NO_x .

La regulación para acumular y regenerar los óxidos nítricos en el catalizador acumulador de NO_x se realiza por medio de un modelo matemático implementado en la unidad de control. Para el modelo matemático se emplea la información de los sensores de temperatura y las sondas lambda. El filtro de partículas Diesel se utiliza adicionalmente como catalizador de reducción selectiva para ácido sulfhídrico (H_2S), que se genera al desulfurar el catalizador acumulador de NO_x . El filtro de partículas Diesel tiene para ello un recubrimiento de óxido de metal.



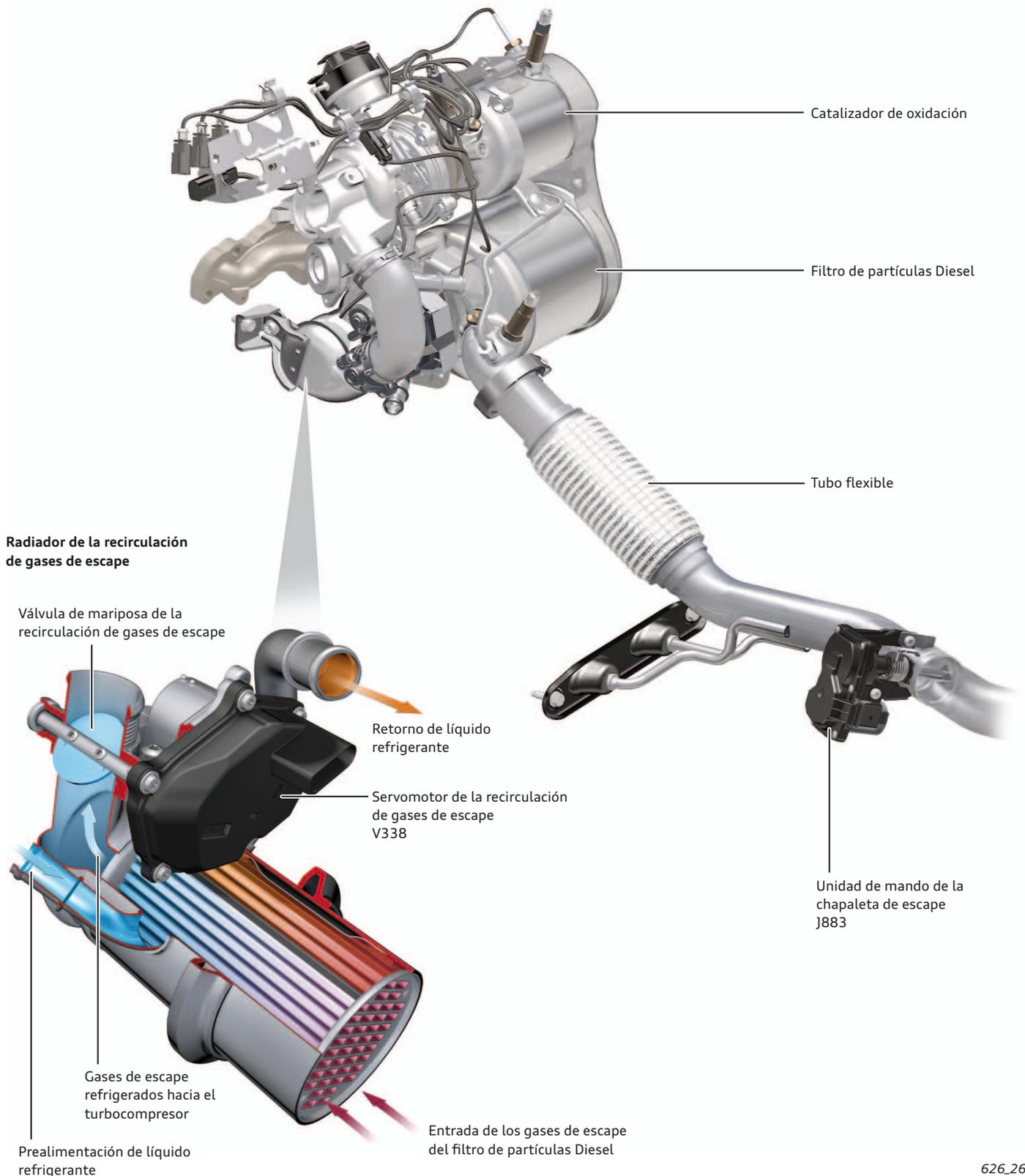
626_207

Motores correspondientes a la norma de escape EU6 sin sistema SCR

Para poder utilizar la recirculación de gases de escape a baja presión sobre toda la gama del mapa de características, se procede a acumular de forma definida todo el caudal de los gases de escape procedentes del filtro de partículas Diesel, utilizando para ello una chapaleta de escape con mando electromotriz. Esto produce una sobrepresión de aprox. 30 mbares – 40 mbares después del filtro de partículas, por encima de la presión de los gases tras la chapaleta de escape.

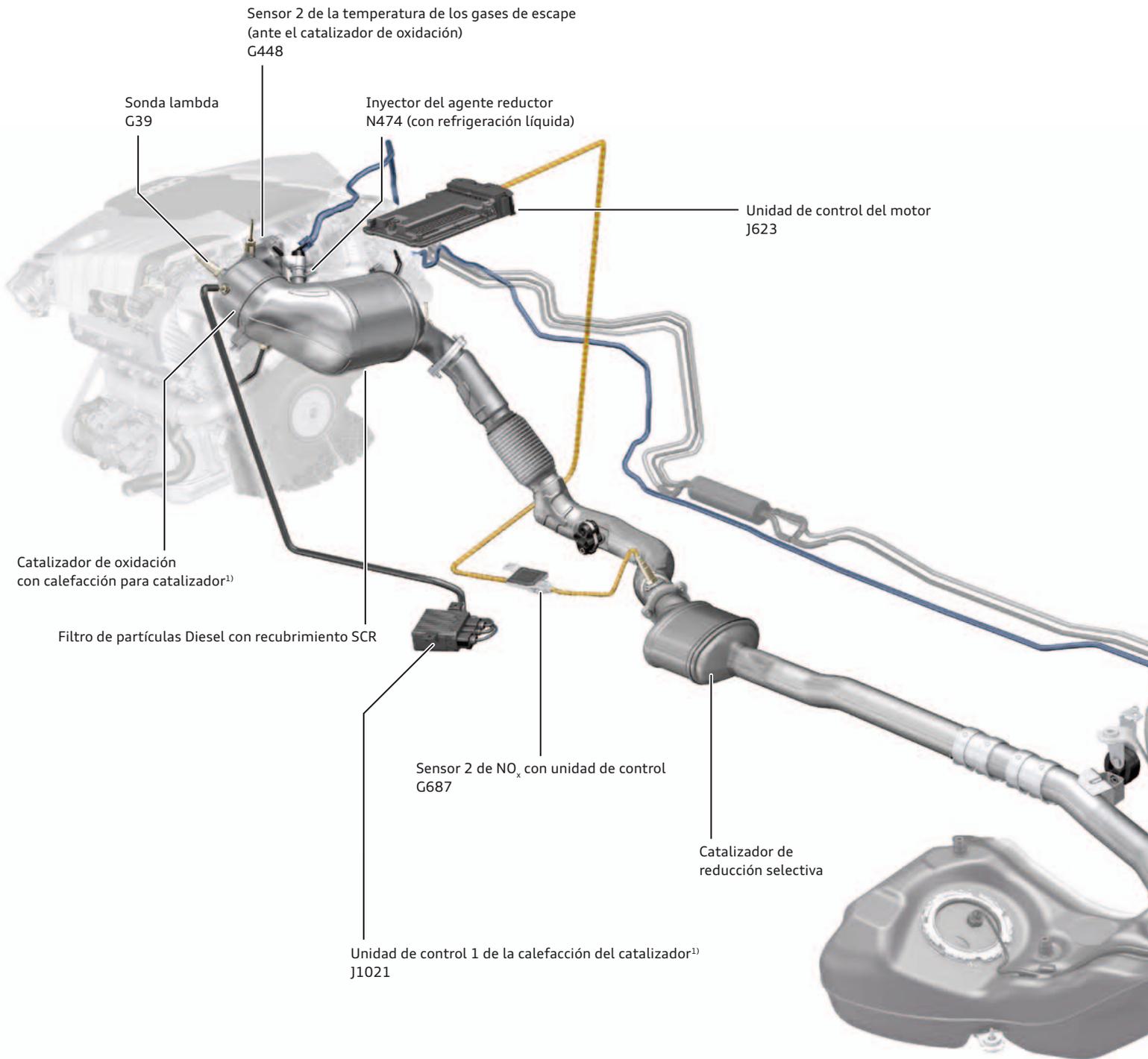
Esta sobrepresión provoca una aceleración del flujo (porcentaje de barrido) a través del radiador de recirculación de gases de escape y la válvula de recirculación de gases de escape que se encuentra implantada después de éste. Con la válvula de recirculación de gases de escape se regula la cantidad de gases que se hacen recircular.

Estructura del sistema



Estructura

(tomando como ejemplo la del motor 3.0l V6 TDI en el Audi A8, tipo 4H)



Componentes

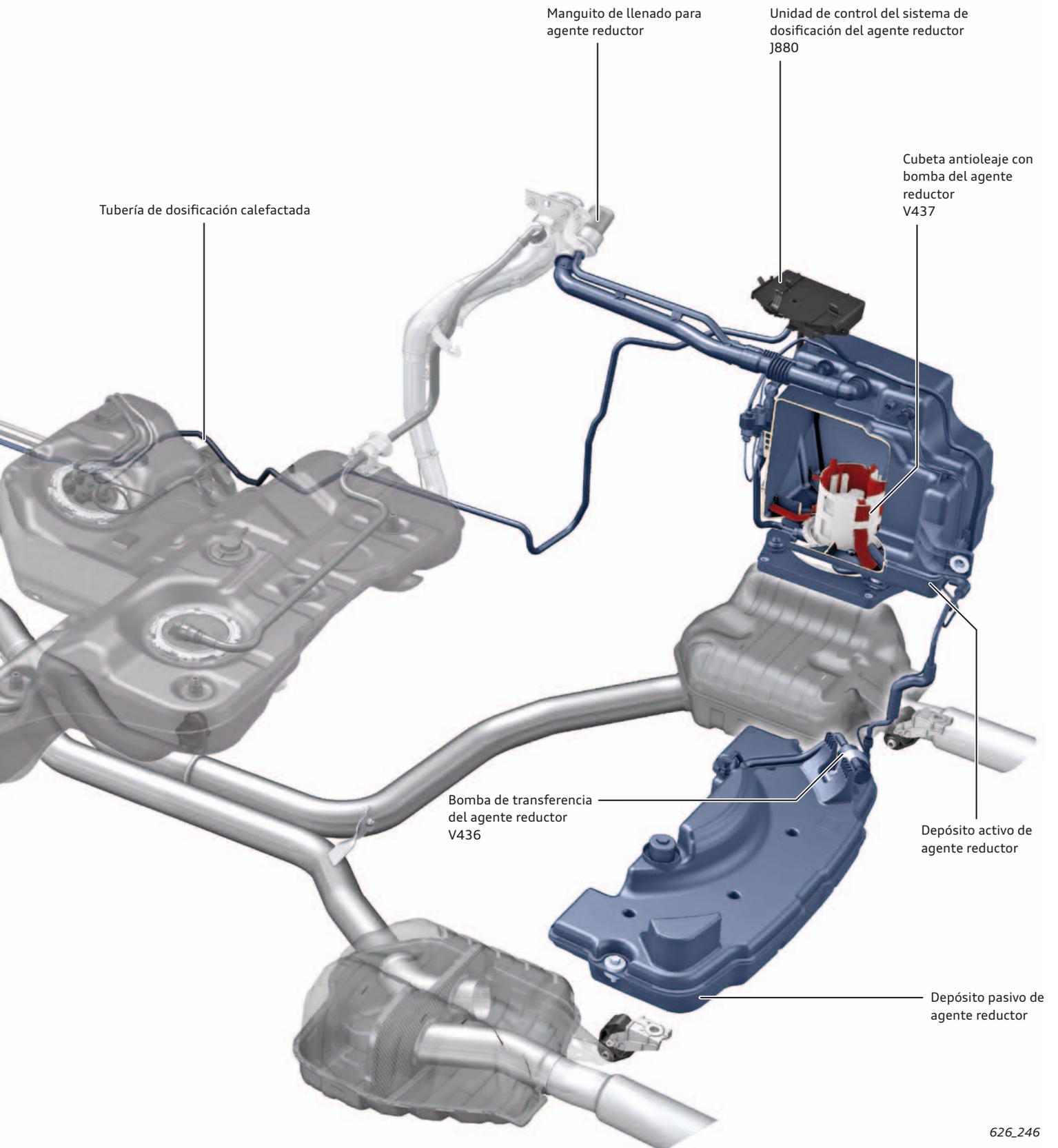
El sistema de tratamiento de los gases de escape consta del sistema de depósito de agente reductor con inyector de agente reductor dotado de refrigeración líquida, un catalizador de calefacción¹⁾ cercano al motor, un filtro de partículas Diesel con recubrimiento de SCR y un catalizador de reducción selectiva ante los silenciadores principales.

En el sistema de escape se instalan varios sensores de temperatura, delante y detrás del turbocompresor, catalizador de oxidación, filtro de partículas Diesel así como la sonda lambda y el sensor de NO_x. Con ayuda de los sensores se controla el proceso de tratamiento de los gases de escape.

¹⁾ Sólo se implementa en algunos modelos de vehículos.

Después de que, en una primera fase, se redujeron las emisiones y el consumo mediante medidas de optimización de las fricciones, en una segunda fase se minimizan las emisiones por medio del tratamiento de los gases de escape.

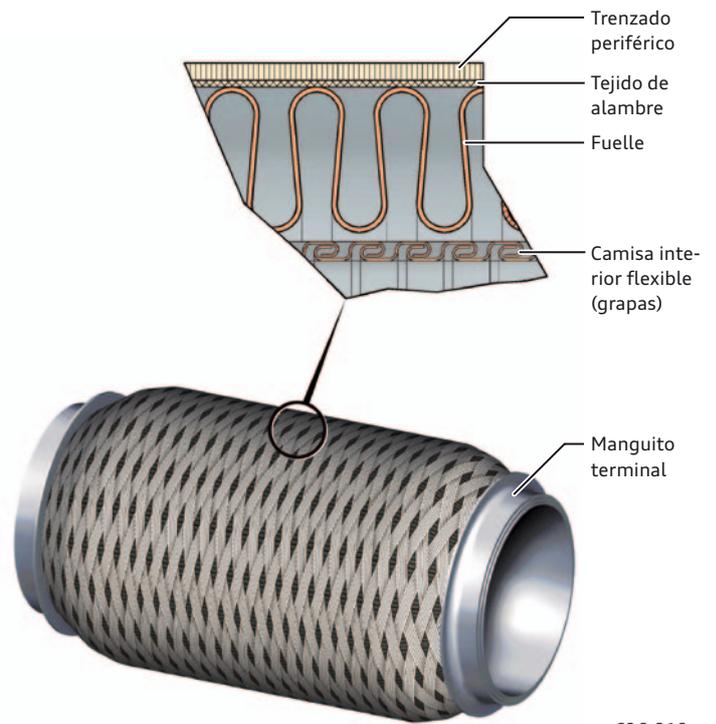
Para mantener los límites que marca la EU 6 se implantan, aparte del conocido agente reductor AdBlue®, nuevos componentes, sensores y actuadores destinados a minimizar las emisiones de óxidos nítricos.



Elemento desacoplador de vibraciones

Los movimientos y las oscilaciones del motor se transmitirían hasta el tubo final, si los sistemas de escape fueran rígidos y desprovistos de elementos desacopladores. Esto provocaría una sonoridad no deseable y las uniones de componentes sometidas a esfuerzos intensos en el tubo de escape podrían fracturarse al corto tiempo. El elemento desacoplador de vibraciones no sólo impide las grandes desviaciones, sino también las vibraciones pequeñas que transmite el motor hacia el sistema de escape. Sin este desacoplamiento de vibraciones, los movimientos llegarían al interior del vehículo en forma de impulso de sonoridad e incluso se intensificarían allí por el efecto del gran espacio de resonancia.

Si se sustituyen sistemas de escape tiene que procederse de acuerdo con las indicaciones de montaje que se proporcionan en el Manual de Reparaciones. Un manejo y montaje inadecuado pueden provocar daños en el elemento desacoplador de vibraciones y volver a provocar mermas de funcionamiento al corto tiempo. Por ese motivo se deben evitar grandes desviaciones del elemento desacoplador de vibraciones (unión tubular flexible) en el tubo de escape.

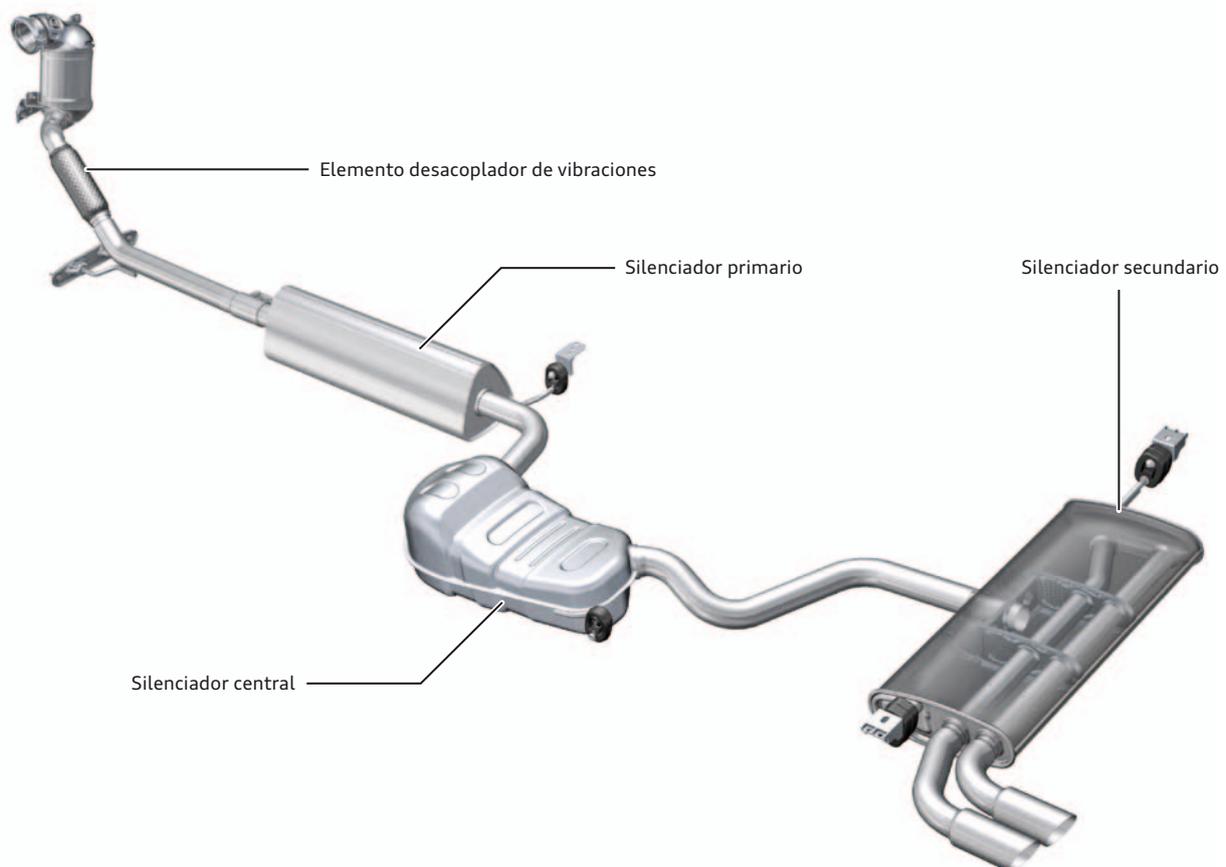


626_218

Silenciadores

En los tramos posterior y central del sistema de escape se instala uno o también varios silenciadores. Los silenciadores se encargan de reducir la sonoridad de los gases de escape. Según el tipo del vehículo, se aplican silenciadores de diferentes arquitecturas. Se adaptan a las condiciones acústicas específicas del motor por medio de diferentes formas y arquitecturas interiores.

Para motores más grandes los sistemas de escape se ejecutan en versiones de 2 caudales, con lo cual se aplica la doble cantidad de silenciadores. Los espesores de pared de los silenciadores se optimizan en parte en lo que respecta a su construcción aligerada, aplicando acero bonificado de alta calidad, sin tener que contar con inconvenientes en la protección anticorrosiva.

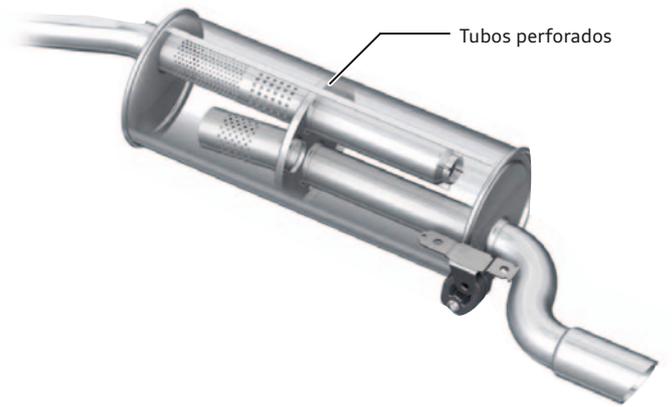


626_219

Silenciador de reflexión

El silenciador contiene varias cámaras (es típico que sean 4), para aprovechar así el principio de la reflexión. Al recorrer varias veces las cámaras interiores se reduce a la mitad la amplitud de la presión sonora, lo cual redundará en una reducción de los picos de la presión sonora.

Las zonas de reflexión en un silenciador son constituidas por paredes de rebote, así como por ampliaciones y reducciones de las secciones de paso. Sin embargo, la contrapresión de los gases de escape aumenta en función de la arquitectura del sistema. Con la reflexión se atenúan principalmente las frecuencias inferiores en el silenciador.

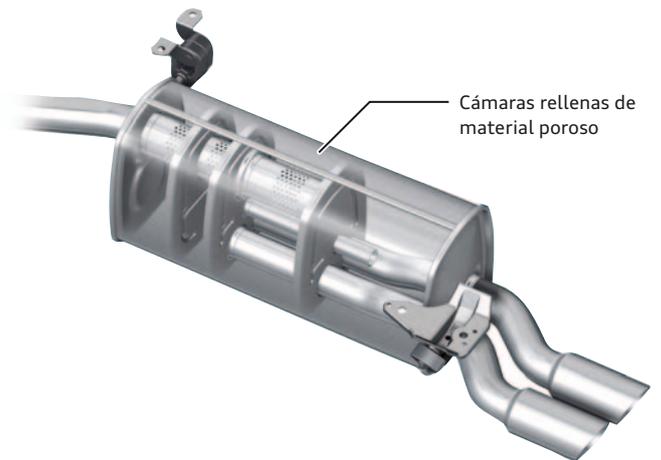


626_220

Silenciador de absorción

Un silenciador de absorción contiene material poroso, generalmente lana mineral, guata de fibra de vidrio o fibras de vidrio, el cual absorbe parcialmente la energía de la sonoridad, transformándola en calor. El efecto de la absorción del sonido se intensifica por la reflexión múltiple. Es posible reducir la sonoridad de los gases de escape en 50 dB(A), lo cual equivale a una reducción de la presión sonora del orden del factor 300. Con la absorción se atenúan sobre todo las frecuencias superiores en el silenciador principal.

Por regla general se combinan ambos procedimientos en un sistema de escape. Ya sea como silenciadores separados (silenciador central y silenciador final) o en un solo silenciador combinado. Así se logra cubrir una gama de frecuencias lo más amplia posible.



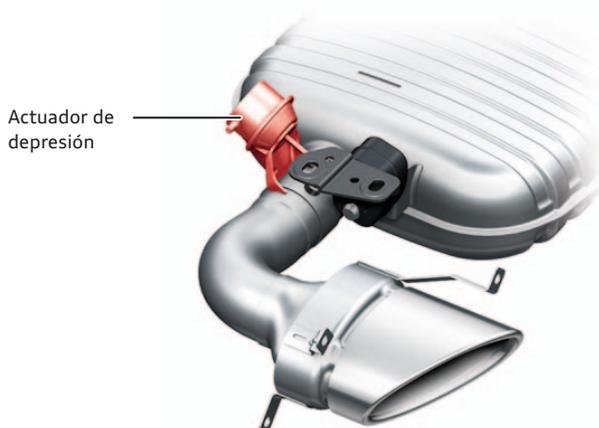
626_221

Chapaleta de escape conmutable

Un vehículo tiene que cumplir todos los requisitos planteados a las emisiones de sonoridad. Esto se consigue con una configuración conmutable del sistema de escape por medio de chapaletas específicas. En los tubos finales de algunos silenciadores secundarios se instalan chapaletas de escape para tomar influencia en las emisiones sonoras.

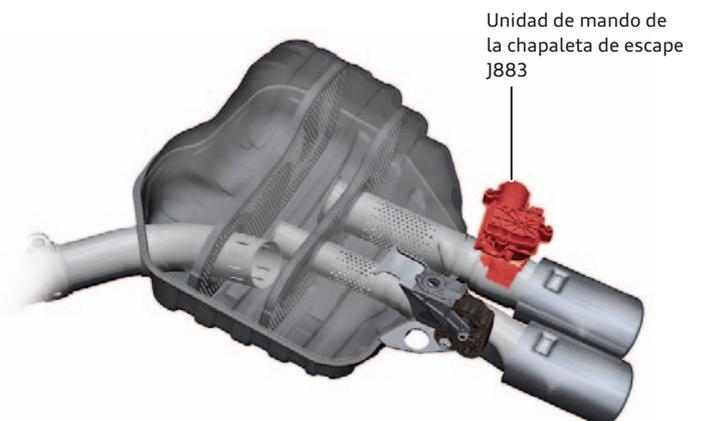
En Audi, las chapaletas de escape se accionan neumáticamente por medio de un actuador de depresión o se accionan por medio de un servomotor eléctrico. Las fases de apertura y cierre se calculan en la unidad de control del motor en función de un mapa de características.

Accionamiento neumático



626_222

Accionamiento eléctrico



626_223

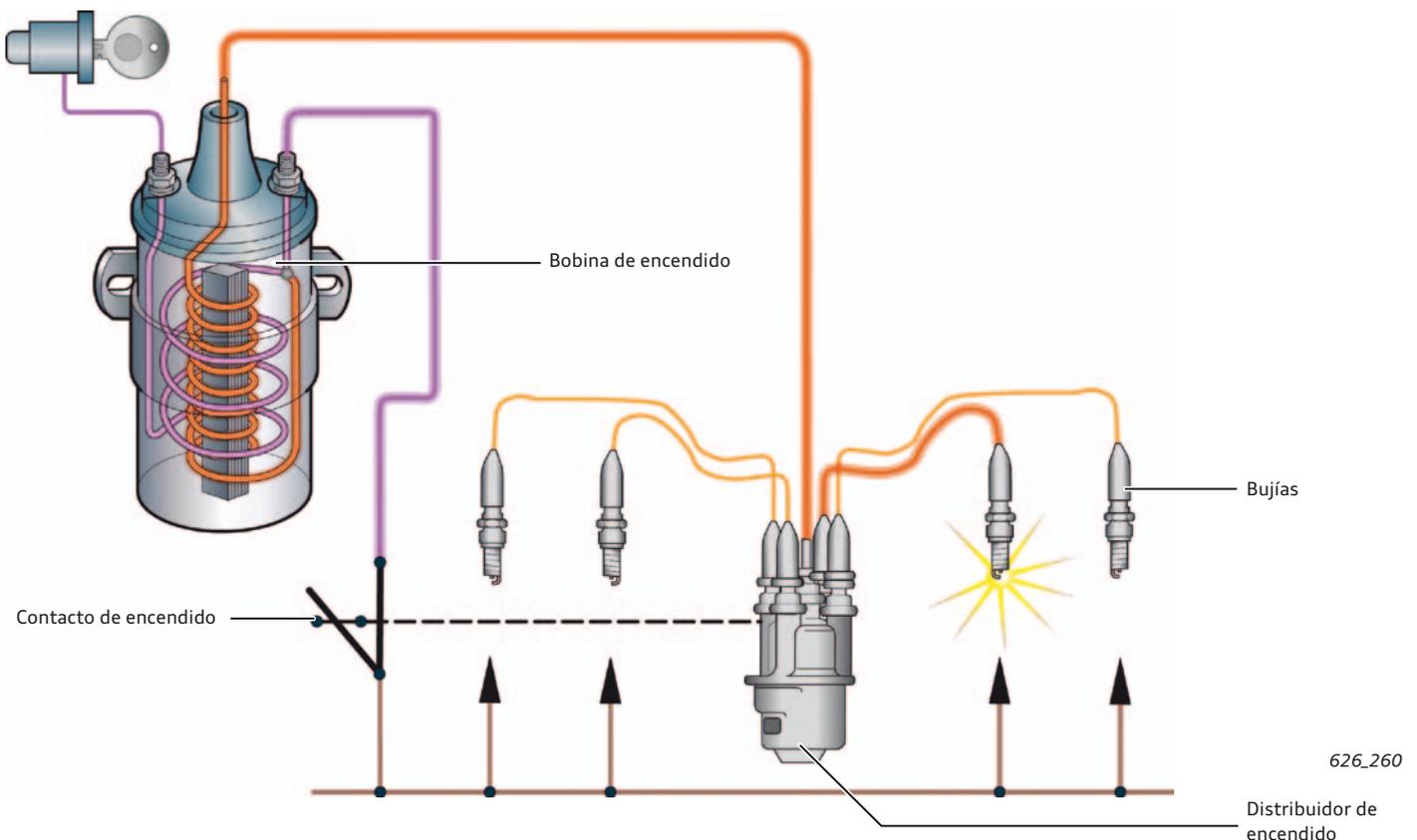
Sistema de encendido

Debido a que en los motores de gasolina la mezcla de combustible y aire se enciende mediante un encendido "externo" resulta necesario instalar un sistema de encendido. El desarrollo de los sistemas de encendido ha avanzado rápidamente. Sobre todo, las normativas sobre las emisiones de escape y la reducción de las emisiones contaminantes relacionadas con ellas hicieron necesaria la implantación de sistemas más exactos.

Un sistema de encendido consta, en esencia, de los componentes siguientes:

Componente	Misión y funcionamiento
Bobina de encendido	Consta de un bobinado primario grueso y un bobinado secundario refinado. Son bobinados implantados en torno a un núcleo de hierro laminado. Asumen la función de transformar la baja tensión de la batería, por lo general de 12 voltios, a varios 1.000 voltios, para que se produzca una chispa intensa entre los electrodos de las bujías.
Distribuidor de encendido	El distribuidor de encendido desempeña varias funciones a la vez. Distribuye las chispas del encendido hacia los diferentes cilindros y aloja los contactos de ruptor, el condensador y el variador centrífugo y de depresión para el momento del encendido.
Cables y bujías de encendido	Los cables de encendido son versiones especiales, que están en condiciones de transmitir tensiones de varios 1.000 voltios hacia las diferentes bujías o bien entre el distribuidor y la bobina de encendido (terminal de cable núm. 4). Las bujías, entre cuyos electrodos se produce la chispa que enciende la mezcla de combustible y aire en la cámara de combustión, van atornilladas en la culata.
Contactos de encendido	Los contactos de encendido desempeñan la función de estructurar el circuito primario de la bobina de encendido, o bien de interrumpirlo en el momento adecuado. En los sistemas más antiguos esto sucede por medio de una leva alojada en el eje del distribuidor.
Condensador	El condensador tiene que suprimir la chispa de ruptura que se produce al interrumpir el circuito primario y de aumentar con ello la vida útil de los contactos del ruptor.

Estructura



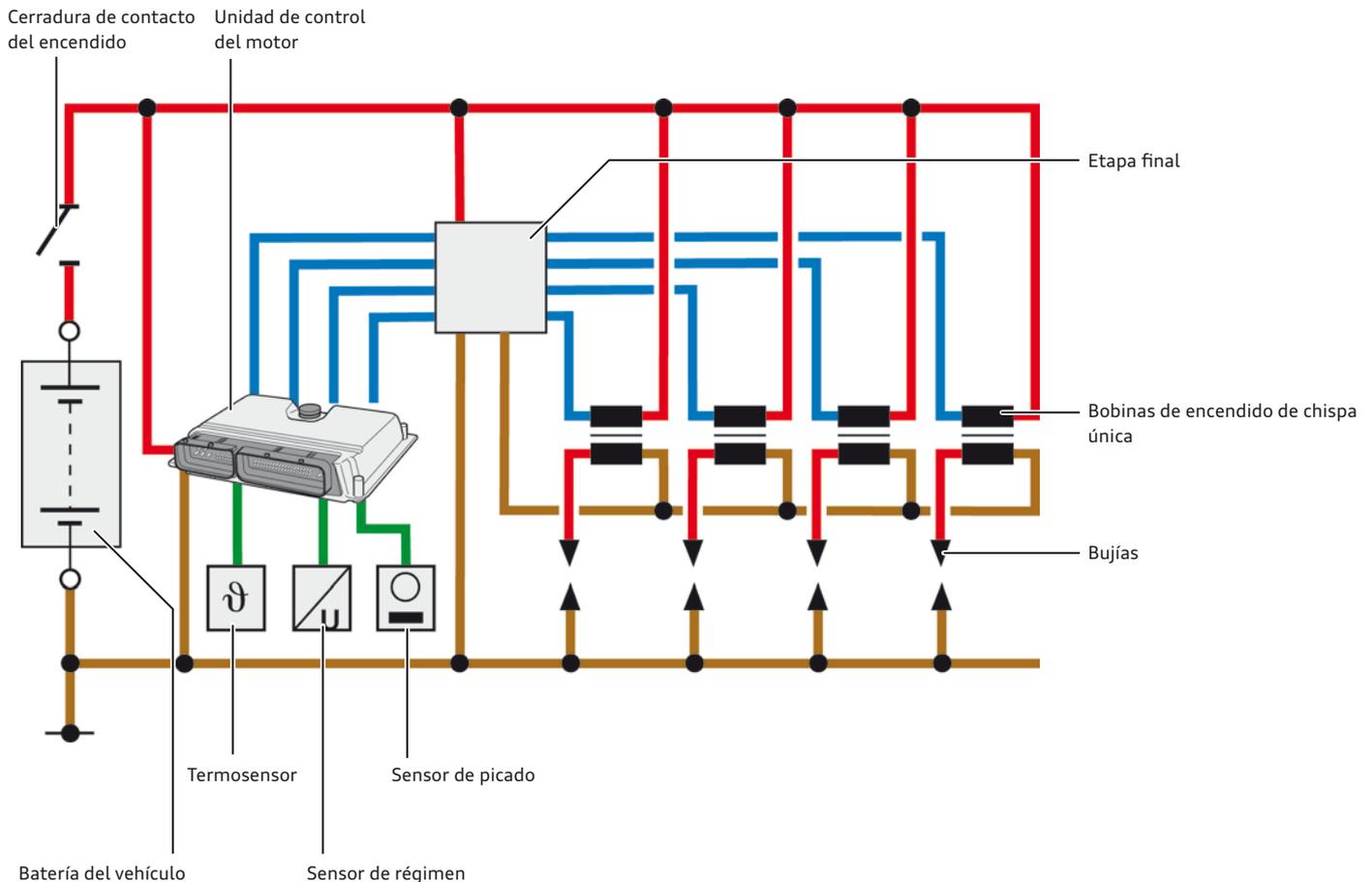
Sistema de encendido totalmente electrónico

En los vehículos de vanguardia se aplica un sistema de encendido totalmente electrónico. Ya no posee componentes móviles, es decir, que ya no lleva el rotor de distribuidor que reparte las chispas de encendido, y por ello se le llama "sistema de encendido estático".

Una unidad de control del motor, que en la mayoría de los casos también se encarga de regular la inyección, calcula el momento óptimo para el encendido, basándose en un mapa de características en 3D que lleva programado, compuesto por las señales de los sensores para:

- ▶ Régimen del motor
- ▶ Carga del motor
- ▶ Temperatura del motor
- ▶ Eventualmente sensor de picado

Este mapa de características ha sido optimizado para una alta potencia, consumo reducido y una baja emisión de contaminantes. Para el caso que se avería alguno de los sensores hay integrado un programa de marcha de emergencia. Es frecuente que cada cilindro tenga su propia bobina de encendido, situada directamente sobre la bujía y excitada por la unidad de control.



626_261

Ventajas:

- ▶ Sin componentes móviles, sin desgaste
- ▶ Alta exactitud de encendido en todas las condiciones del motor
- ▶ Marcha altamente cultivada del motor
- ▶ Aumento de la potencia del motor
- ▶ Menos emisiones de escape
- ▶ Un menor consumo de combustible
- ▶ Un buen desparasitaje, porque ya no se produce ninguna chispa en una tapa de distribuidor y un rotor.
- ▶ Alta potencia de encendido
- ▶ Regulación del régimen de ralentí

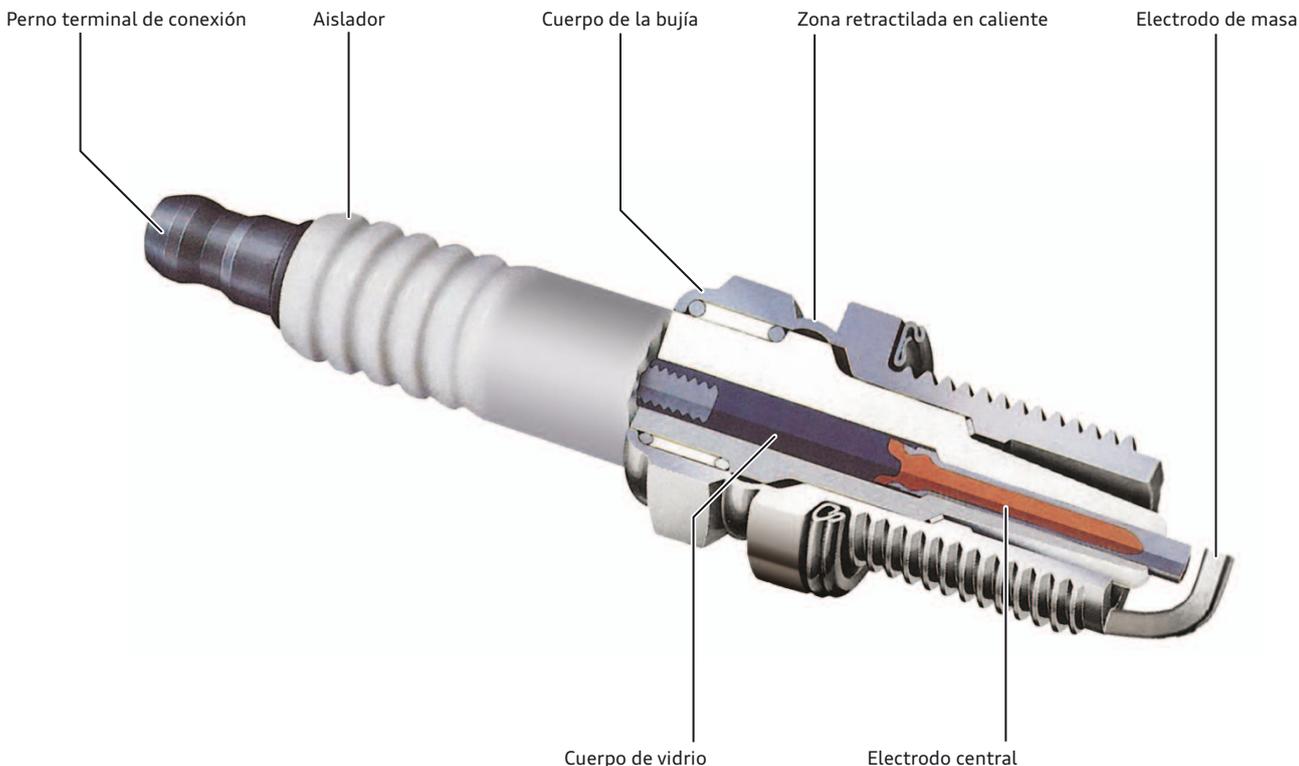
Bujías

En el motor de gasolina, la bujía inicia el ciclo de trabajo a base de encender la mezcla de combustible y aire en el cilindro.

Para ello se aplica una tensión alrededor de 30 a 40 kilovoltios al terminal de conexión y ésta ingresa en la bujía. Entre el electrodo central y el electrodo de masa se produce así un arco voltaico – la chispa del encendido. Para que la chispa tenga efectivamente la suficiente intensidad corresponde una importancia decisiva a la distancia de los electrodos.

Por ello hay especificaciones exactas por parte del fabricante del vehículo. Si la distancia es demasiado grande no se produce la chispa y no se enciende la mezcla en el cilindro. En cambio, si la distancia es demasiado pequeña también la chispa suele ser demasiado pequeña. En esas condiciones resulta demasiado escaso el frente de propagación de la llama como para poder encender por completo la mezcla de combustible y aire.

Estructura



626_228

Arquitecturas

No todas las bujías corresponden a la arquitectura dotada de un electrodo de techo. Así por ejemplo, vienen aplicándose crecientemente bujías con varios electrodos laterales. Pero también es posible una combinación de electrodos de techo y laterales, llamadas bujías híbridas.

Las bujías con 4 ó 3 electrodos se han proliferado bastante mientras tanto. Una ventaja consiste en que con ello se reparten las cargas térmicas sobre varios electrodos de masa, lo cual se traduce a su vez en una durabilidad marcadamente superior.



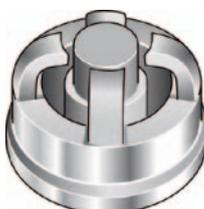
Electrodo de techo



Electrodo lateral



Electrodo híbrido



626_229

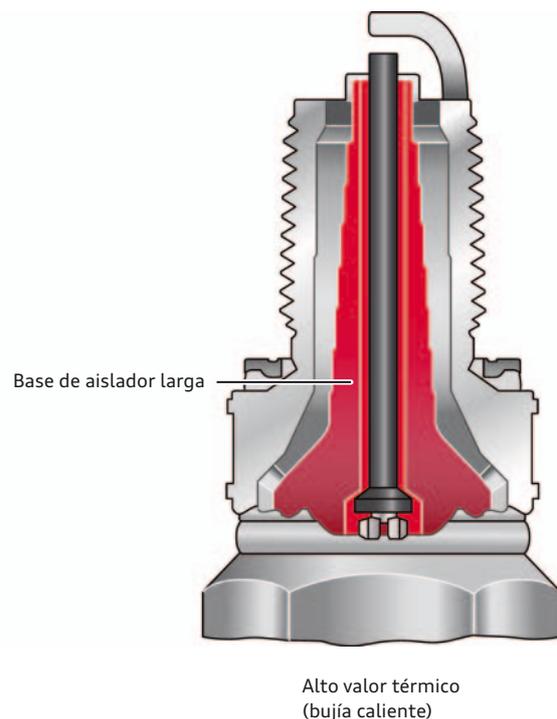
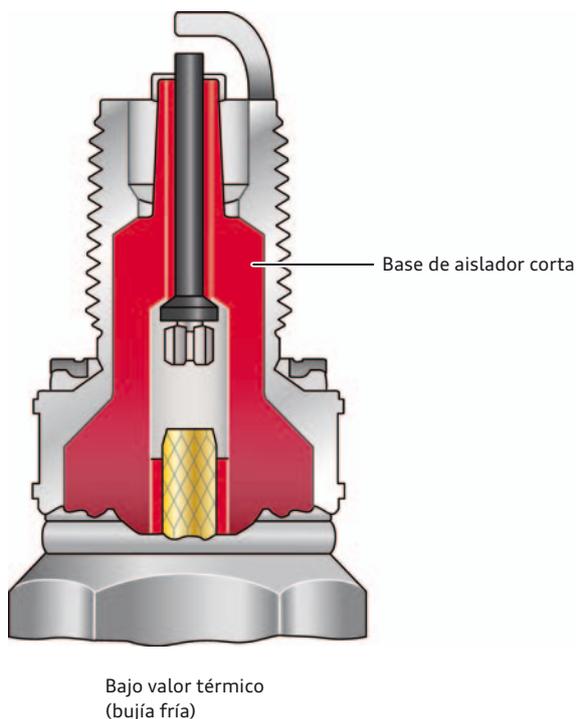
Valor térmico

Una bujía tiene el valor térmico adecuado si durante el funcionamiento alcanza muy rápidamente una temperatura de 450 °C y a plena carga no sobrepasa temperaturas de 850 °C. El valor térmico refleja, en esencia, el margen de trabajo de la bujía. Bajas temperaturas en la bujía provocarían suciedad, mientras que altas temperaturas, por su parte, causarían peligrosos encendidos por incandescencia. Los encendidos por incandescencia suceden por ejemplo si aumenta la temperatura en la base de aislador a más de 850 °C. La mezcla de combustible y aire se puede autoencender en ese caso y puede destruir el motor.

Se diferencia entre bujías con valor térmico bajo, que suelen llamarse bujías "frías". En la mayoría de los casos disponen de una base de aislador corta. Por ello están en condiciones de disipar rápidamente el calor absorbido. Por la pequeña superficie de la base del aislador, sin embargo, la bujía sólo puede absorber una pequeña cantidad de calor. Por tanto, se mantiene relativamente fría y tiene por ello un bajo valor térmico. Estas bujías se utilizan sobre todo en motores de alta potencia, así por ejemplo en los vehículos deportivos.

Las bujías con un alto valor térmico, también llamadas bujías "calientes", suelen tener una base de aislador más larga. El calor se disipa aquí más lentamente. La mayor superficie de la base del aislador, sin embargo, hace que se absorba una cantidad de calor marcadamente mayor. Significa que la bujía se calienta más y tiene por ello un alto valor térmico.

Estas bujías se utilizan sobre todo en motores que trabajan a regímenes bajos. Las bujías modernas poseen un valor térmico de configuración ancha. Esto significa, que alcanzan rápidamente su temperatura de trabajo, lo cual es importante, sobre todo para los recorridos cortos. Pero incluso al intervenir cargas intensas no se manifiestan encendidos de incandescencia indeseables. Esto se ha podido conseguir aplicando materiales modernos y un diseño más estudiado.



626_230



Nota

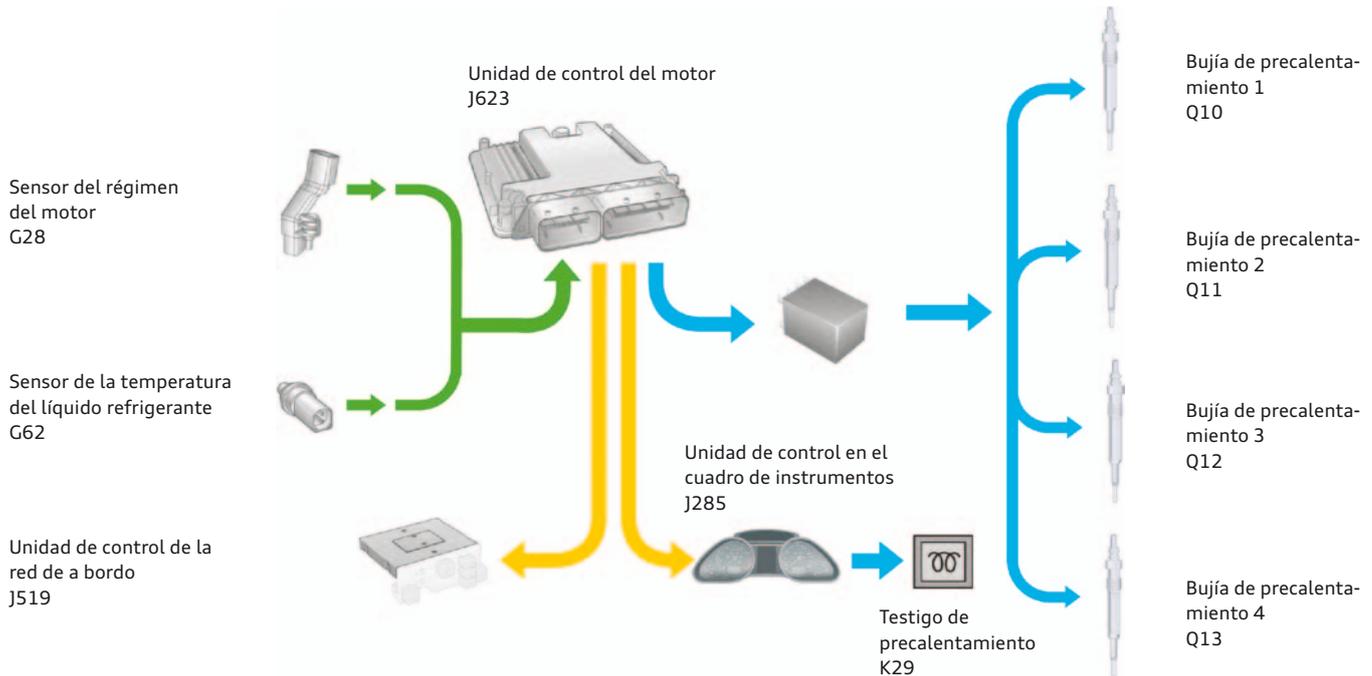
Para el cambio de bujías hay que tener en cuenta las especificaciones proporcionadas en la documentación actual del Servicio Posventa, sobre todo la información sobre los intervalos de sustitución y los números de pieza correctos.

Sistema de precalentamiento

El sistema de precalentamiento para arranque rápido de un motor Diesel posibilita el arranque inmediato del motor Diesel en cualquier condición climatológica.

Se suprimen los largos tiempos de precalentamiento y la operación de arranque es comparable con la de un motor de gasolina.

Cuadro general del sistema (tomando como ejemplo el de un motor de 4 cilindros TDI)



626_214

Precalentamiento por incandescencia

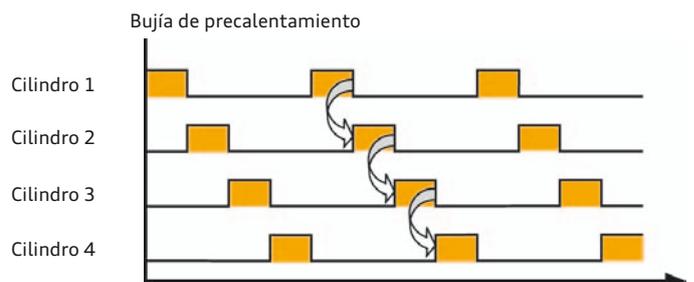
Las bujías de precalentamiento en acero son excitadas de forma desfasada por la unidad de control del motor a través de la unidad de control del ciclo automático de precalentamiento J179, con ayuda de una señal modulada en ancho de pulso (PWM). La tensión aplicada a cada una de las bujías se ajusta a través de la proporción de período de los impulsos PWM. Para un arranque rápido, al haber una temperatura exterior por debajo de 24 °C, se aplica una tensión máxima de 11,5 V. Esto garantiza que la bujía de precalentamiento se caliente en un tiempo muy breve (2 segundos como máx.) a más de 1.000 °C. Con ello se reduce el tiempo de precalentamiento para el arranque del motor.

Postcalentamiento por incandescencia

Para el postcalentamiento por incandescencia el tiempo de conexión de la tensión de la red de a bordo se ajusta en una proporción de período PWM de modo que se obtenga una tensión efectiva de 4,4 V. El postcalentamiento por incandescencia se lleva a cabo durante un máximo de 5 minutos tras el arranque del motor hasta que el líquido refrigerante tenga una temperatura de 24 °C. El postcalentamiento por incandescencia contribuye a reducir las emisiones de hidrocarburos y la sonoridad de la combustión en la fase de calentamiento.

Excitación desfasada de las bujías de precalentamiento

Para aliviar la tensión en la red de a bordo durante las fases de precalentamiento se procede a excitar las bujías de forma desfasada. El flanco descendente de la señal excita cada vez a la próxima bujía de precalentamiento.



626_217

Estructura de una bujía de precalentamiento de cerámica

Las bujías de precalentamiento de cerámica están sujetas a un envejecimiento mínimo y cuentan por ello con una larga vida útil. Otras ventajas residen en el mejor comportamiento de arranque en frío y en una mejora de los valores de emisiones de escape. La bujía de precalentamiento de cerámica consta del cuerpo de la bujía, el perno terminal de conexión y la barra calefactora de materiales cerámicos. La barra calefactora consta de un material cerámico aislante de protección y una cerámica de calefacción interior que conduce la corriente. La cerámica de calefacción viene a sustituir a la espira de regulación y calefacción que lleva la bujía de precalentamiento de metal.

Efectos en caso de avería

Si la unidad de control del ciclo automático de precalentamiento J179 comprueba una absorción de corriente excesiva por una resistencia excesiva en las bujías de precalentamiento conectadas, se deja de excitar las bujías correspondientes.

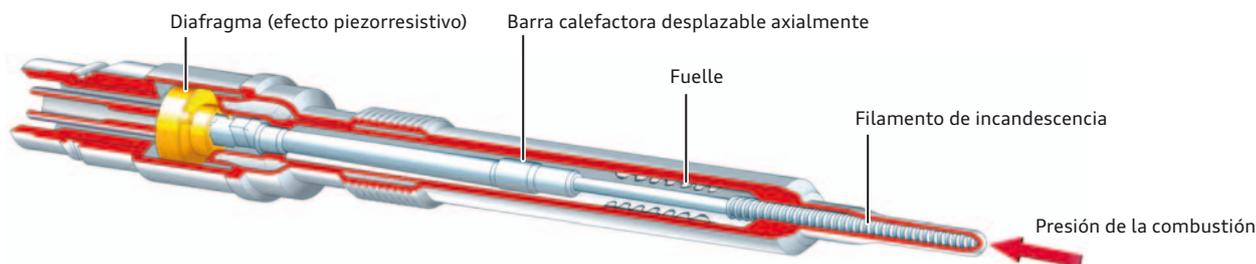


626_216

Regulación de la combustión gestionada por la presión de los cilindros

Para una regulación precisa de la inyección de combustible y del sistema de regulación del aire, la gestión del motor considera las características de la presión en el cilindro durante la combustión. La unidad de control recibe la información acerca de las características efectivas de la presión en el cilindro a través del sensor de presión de la cámara de combustión para cilindro 3 G679. Este sensor va integrado en la carcasa de la bujía de precalentamiento en el cilindro 3. La regulación de la combustión controlada en función de la presión del cilindro está en condiciones de adaptar el momento de la inyección y, con ello, también las características de la presión de la combustión, a los diferentes porcentajes de recirculación de gases de escape, calidades de combustible y tolerancias de componentes, a lo largo de la vida útil del motor.

A partir de la señal procedente del sensor de presión de la cámara de combustión para cilindro 3 y de la señal del sensor del régimen del motor G28, un modelo matemático de software implementado en la unidad de control del motor calcula el desarrollo de la presión en cada cilindro. De acuerdo con las diferencias que resultan de la comparación de los estados teórico y efectivo se calculan valores de corrección para el momento del encendido y la duración de la excitación.



626_215

Sistema de combustible

Motor de gasolina

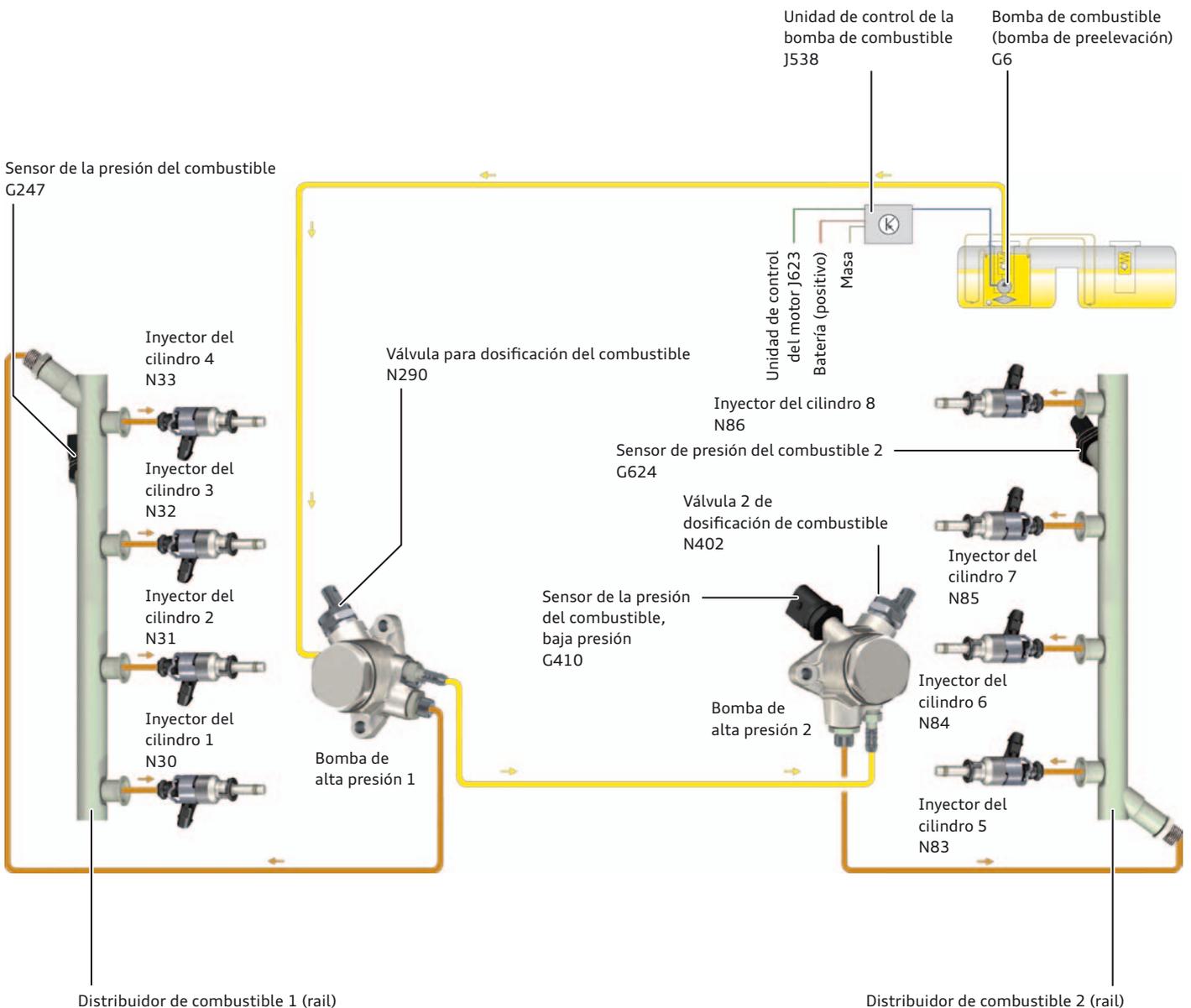
La mayor parte de los motores de gasolina modernos trabaja con un sistema de inyección directa de combustible. En algunos motores se combina con un sistema adicional de inyección en los conductos de admisión.

El sistema de combustible se divide en las zonas de baja y alta presiones. Ambas zonas trabajan en función de las necesidades y sin retorno.

La bomba de combustible (bomba de preelevación) G6 en el depósito es excitada por la unidad de control de la bomba de combustible J538. El filtro, en versión exenta de mantenimiento, va instalado en la unidad de alimentación de combustible que se encuentra en el depósito.

La alimentación de combustible para la bomba de alta presión de la bancada de cilindros 2 se establece a partir de la bomba de alta presión para la bancada de cilindros 1. La zona de baja presión trabaja con presiones variables comprendidas entre los 5 y 6,5 bares relativos. Siempre se tiende a mantener la presión lo más baja posible. La zona de alta presión trabaja entre 20 y 120 bares. La válvula limitadora de presión, en versión mecánica, abre a una presión de 145 bares.

Ambas bancadas de cilindros tienen su propio circuito de alta presión.



Alta presión de combustible (de 20 a 120 bares)

Baja presión de combustible (de 5 a 6,5 bares, relativos)

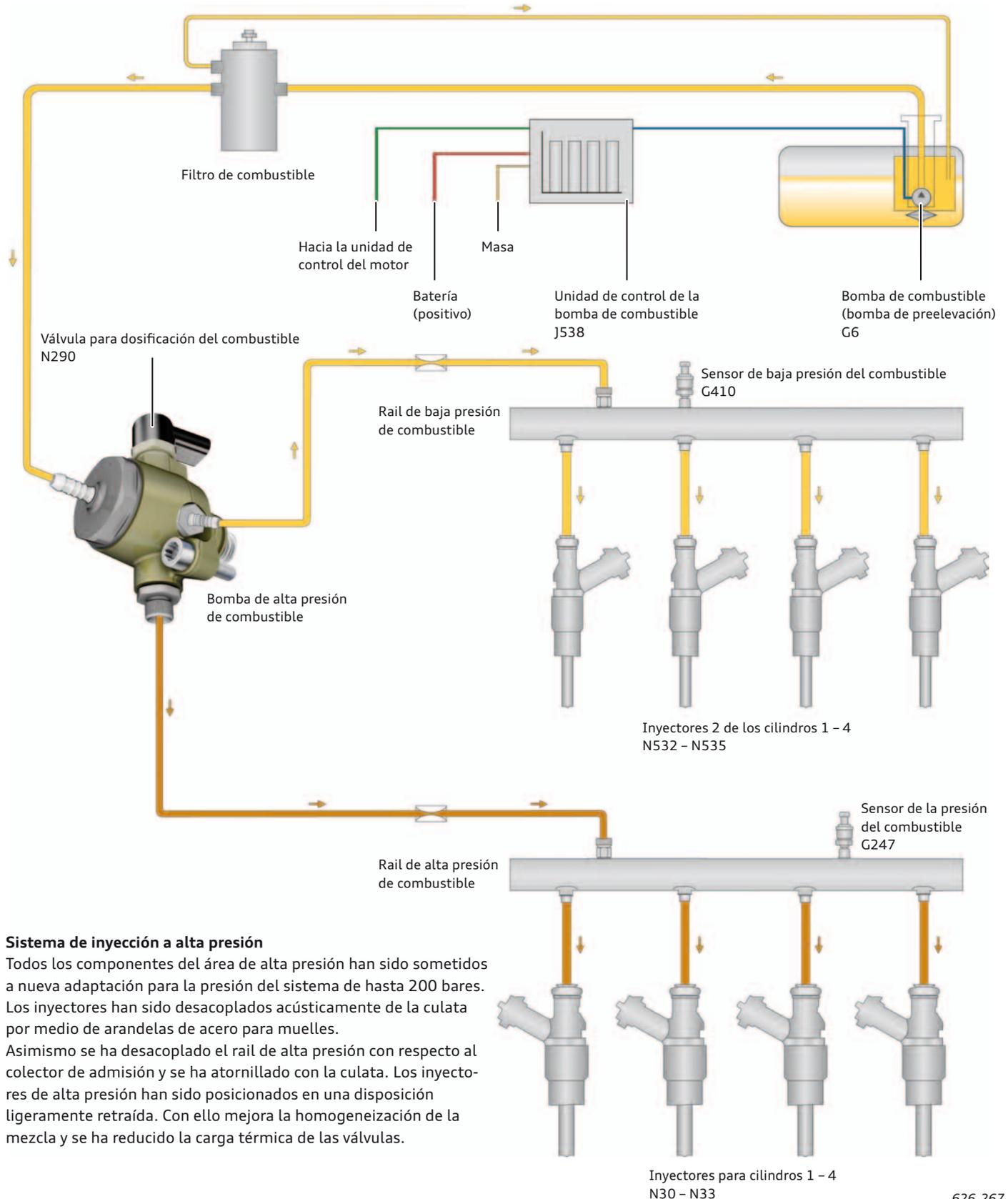
Sistema de inyección dual

Haciendo referencia a las discusiones cada vez más intensas que se sostienen afirmando que los motores con inyección directa de gasolina tienen unas emisiones 10 veces más intensas de partículas de hollín muy refinadas en comparación con los actuales motores Diesel, se ha procedido a desarrollar el sistema de inyección dual.

Sistema de inyección MPI

El sistema MPI dispone de un sensor de presión propio, el Sensor de baja presión del combustible G410.

La alimentación de presión en función de las necesidades corre a cargo de la bomba de preelevación de combustible G6 instalada en el depósito. La bomba de preelevación de combustible G6 es excitada por la unidad de control de la bomba de combustible J538 a través de la unidad de control del motor. El rail MPI está fabricado en material plástico. Los inyectores MPI (N532 - N535) van instalados en el colector de admisión de material plástico y dispuestos de forma óptima en lo que respecta a la orientación del chorro proyectado.



Sistema de inyección a alta presión

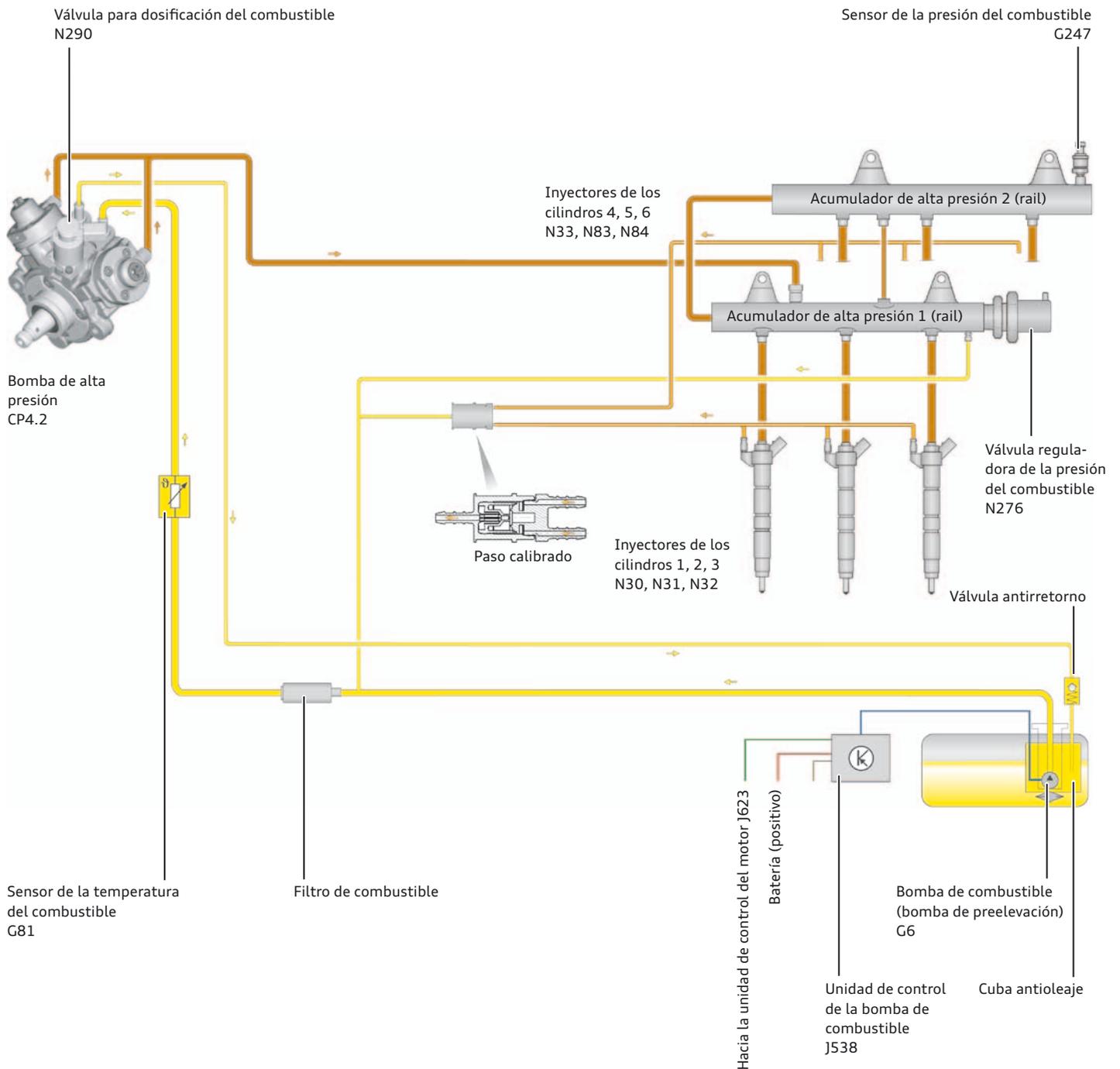
Todos los componentes del área de alta presión han sido sometidos a nueva adaptación para la presión del sistema de hasta 200 bares. Los inyectores han sido desacoplados acústicamente de la culata por medio de arandelas de acero para muelles. Asimismo se ha desacoplado el rail de alta presión con respecto al colector de admisión y se ha atornillado con la culata. Los inyectores de alta presión han sido posicionados en una disposición ligeramente retraída. Con ello mejora la homogeneización de la mezcla y se ha reducido la carga térmica de las válvulas.

Inyectores para cilindros 1 - 4
N30 - N33

Motor Diesel

El sistema de inyección Common Rail es un sistema de inyección a alta presión con acumulador de combustible para motores Diesel. El término "Common Rail" significa "conducto común" y describe un acumulador de alta presión del combustible compartido para todos los inyectores. La generación de la presión y la inyección del combustible son funciones separadas en este sistema de inyección. Una bomba de alta presión por separado se encarga de generar la presión del combustible necesaria para la inyección. Esta presión del combustible se almacena en un acumulador de alta presión (Rail) y se pone a disposición de los inyectores a través de tuberías de inyección cortas.

Los inyectores son versiones piezoeléctricas o de válvula electro-magnética. El sistema de inyección Common Rail se regula por medio del sistema de gestión de motores Bosch EDC 17. Según la motorización y arquitectura, la presión máxima del Rail se cifra entre los 1.800 y 2.000 bares y se combina con la correspondiente configuración de orificios en los inyectores. Esta presión se genera con una bomba dotada de carcasa de aluminio, que dispone de 1 ó 2 émbolos. Se trata de las bombas CP4.1 o bien CP4.2.



Alta presión del combustible (hasta 2.000 bares)

Baja presión del combustible (regulada en función de las necesidades con hasta 5 bares)

Apéndice

Información sobre los códigos QR

Este SSP ha sido revalorizado con medios electrónicos (secuencias animadas, vídeos y Mini-WBTs) para hacerlo más ilustrativo. Las remisiones a los eMedia se ocultan en las páginas detrás de los códigos QR, es decir, en esquemas de píxeles de 2 dimensiones. Estos códigos pueden ser escaneados con la tableta o el smartphone y traducirse en una dirección de web. Para ello se necesita una conexión a internet.

Haga el favor de instalarse para ello un escáner adecuado para QR en su aparato móvil, bajándolo de las tiendas públicas de aplicaciones de Apple® o bien Google®. Para algunos medios puede ser necesario utilizar otros reproductores.

En PCs y ordenadores portátiles puede hacerse un clic en los eMedia del SSP PDF y se puede acceder asimismo online después del "GTO Login".

Todos los eMedia se administran en la plataforma didáctica Group Training Online (GTO). Para GTO necesita usted una cuenta de usuario y, después de escanear el código QR, tiene que inscribirse antes de consultar el primer medio en GTO. En iPhone, iPad y en numerosos otros aparatos con sistema Android puede usted guardar sus datos de acceso en el browser (hojeador) móvil. Eso facilita la próxima inscripción. Proteja su aparato móvil con un PIN contra el uso no autorizado.

Haga el favor de tener en cuenta que el uso de los eMedia a través de las redes de telefonía móvil puede causar costes considerables, sobre todo con motivo de la itinerancia (roaming) de los datos en el extranjero. La responsabilidad al respecto queda en manos de usted. Lo ideal es el uso conectado a WIFI.

Apple® es una marca registrada de Apple® Inc.

Google® es una marca registrada de Google® Inc.

Reservados todos los derechos.
Sujeto a modificaciones.

Copyright
AUDI AG
I/VK-35
service.training@audi.de

AUDI AG
D-85045 Ingolstadt
Estado técnico: 08/14

Printed in Germany
A14.5S01.11.60