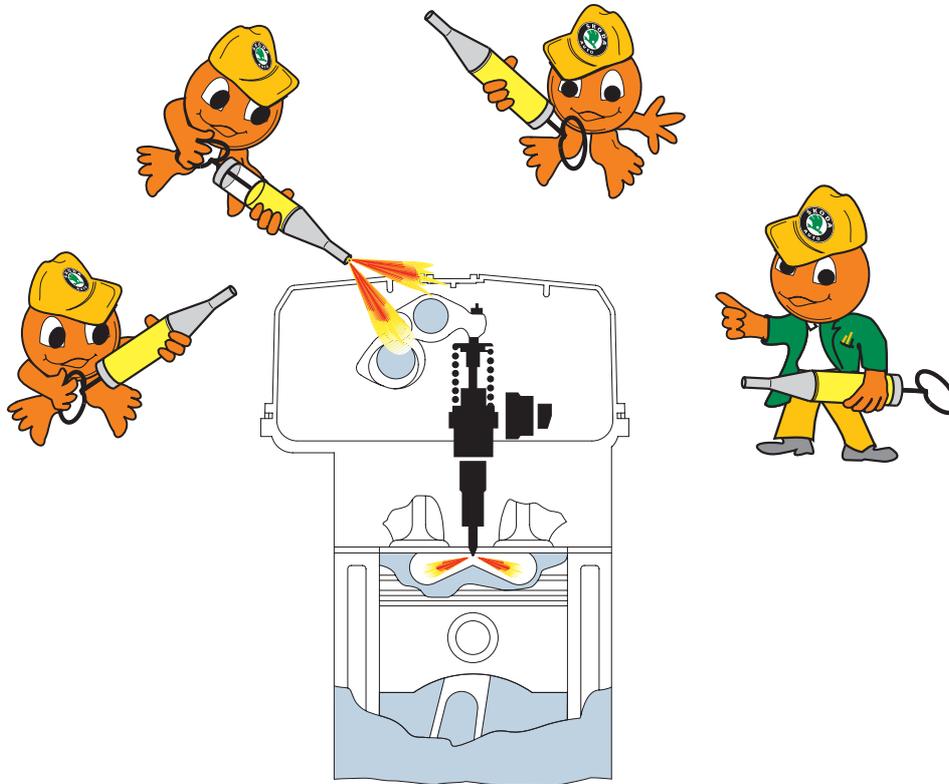


Nueva técnica de inyección Diesel



SP36_01

Cada vez son mayores los requerimientos formulados a los modernos motores Diesel con respecto a potencia, a consumo de combustible, así como a emisiones de gases de escape y de ruidos.

La condición previa para cumplir con estos requerimientos es una buena preparación de la mezcla.

Para ello, los motores necesitan sistemas de inyección eficaces que generen presiones de inyección elevadas para una pulverización muy fina del combustible y que regulen con suma precisión el comienzo y caudal de inyección.

Un método de trabajo que satisface estos altos requerimientos es el sistema de inyección bomba-inyector.

Volkswagen, en colaboración con Robert Bosch AG, ha logrado desarrollar por vez primera un motor Diesel con sistema de inyección bomba-inyector de mando por válvula electromagnética, con aplicación en un coche de turismo.

Este motor satisface los requerimientos con respecto a potencia elevada a la vez que bajo impacto medioambiental. El representa un paso hacia el futuro para conseguir gases de escape Diesel sin humo ni olor.

Esta nueva generación de motores encuentra una creciente aplicación también en los vehículos ŠKODA.

Índice

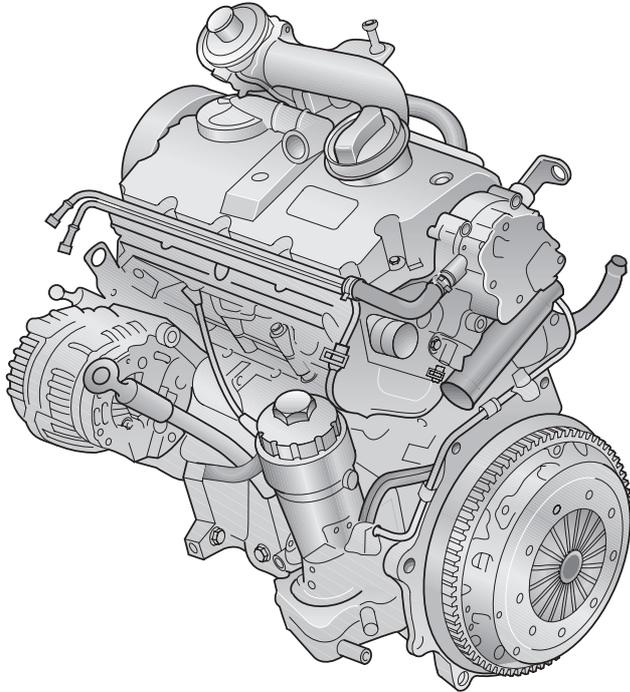
■	Introducción	4
■	Sistema de inyección bomba-inyector	6
■	Alimentación de combustible	18
■	Sistema de precalentamiento	25
■	Gestión del motor	26
■	Esquema de funcionamiento	38
■	Autodiagnóstico	41
■	Mecánica del motor	42
■	Compruebe Ud. sus conocimientos	46

El Manual de Reparaciones contiene indicaciones referentes a la inspección y mantenimiento, así como instrucciones para el ajuste y reparación.



Introducción

El motor TDI de 1,9 l con sistema de inyección bomba-inyector



SP36_05

El motor TDI 1,9 l con sistema de inyección bomba-inyector es un desarrollo sobre la base del motor TDI de 1,9 l con bomba de inyección rotativa.

Su diferencia de este motor radica principalmente en el tipo de inyección.

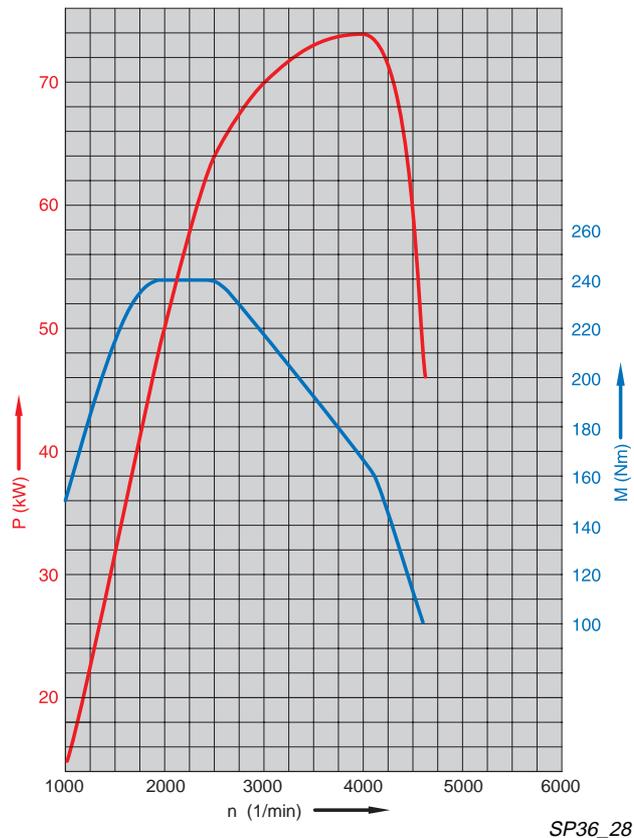
En este programa autodidáctico se presenta el diseño y funcionamiento de este nuevo sistema de inyección y se exponen las innovaciones relacionadas con el mismo que se han aplicado al sistema de combustible, a la gestión del motor y a la mecánica del motor.

Al comparar los sistemas de inyección de la bomba de inyección rotativa y de la bomba-inyector, se muestran para este último las siguientes ventajas:

- escasos residuos de combustión
- menor emisión de sustancias nocivas
- menor consumo de combustible
- alto aprovechamiento de la potencia

Las ventajas se consiguen mediante:

- una elevada presión de inyección de 205 MPa (2050 bares), como máximo
- una regulación exacta del proceso de inyección
- una inyección previa



La mecánica del motor

- Motor turbodiesel con refrigeración del aire de sobrealimentación.
- Bomba en tándem para alimentación de combustible y de depresión, bomba de suministro previo eléctrica.
- Carcasa de fundición gris.
- Taqués huecos con compensación hidráulica del juego de válvulas.
- Cada cilindro tiene un sistema de inyección bomba-inyector y una elevada presión de inyección de 205 MPa (2050 bares).
- Refrigeración del combustible refluente mediante un radiador bañado por aire en el piso del vehículo.

Datos técnicos

Letras distintivas de motor:	ATD
Gestión del motor:	Bosch EDC 15P
Tipo de construcción:	motor de 4 cil. en línea
Válvulas por cilindro:	2
Cilindrada:	1896 cm ³
Diámetro:	79,5 mm
Carrera:	95,5 mm
Relación de compresión:	19,0 : 1
Potencia nominal:	74 kW/4000 min ⁻¹
Par motor máx.:	240 Nm a 1900 ... 2400 min ⁻¹
Depuración de gases de escape:	recirculación de gases de escape, catalizador por oxidación
Norma sobre gases de escape:	EU3
Combustible:	gasóleo, mín. CN49 PME, mín. CN48

Sistema de inyección bomba-inyector

Generalidades

¿Qué es una unidad bomba-inyector?

Una unidad bomba-inyector es una bomba de inyección de un cilindro de mando por válvula electromagnética y con inyector, reunidos en un módulo.

Igual que una bomba de inyección rotativa, el sistema de inyección bomba-inyector tiene las siguientes tareas:

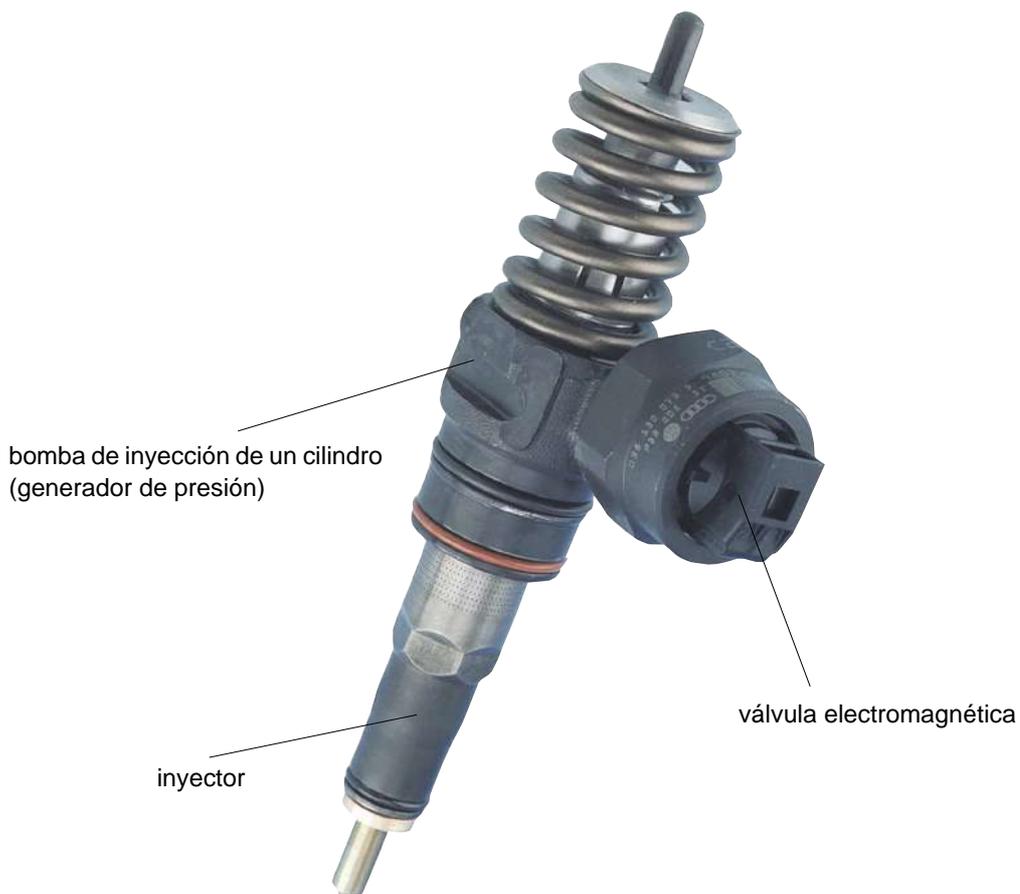
- generar la alta presión para la inyección,
- inyectar la cantidad adecuada de combustible en el momento preciso.



Nota:

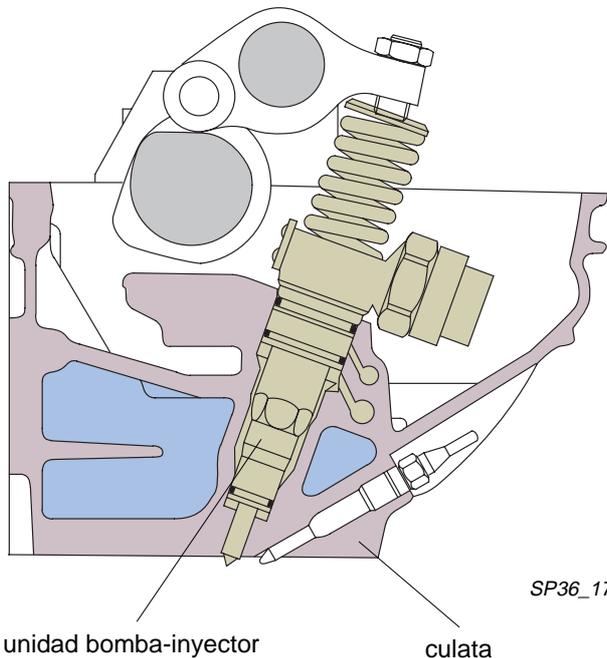
La unidad bomba-inyector se designa también como Unit-Injector-System UIS.

Cada cilindro tiene una unidad bomba-inyector. De este modo se requieren sólo pocos componentes generadores de alta presión.



SP36_06

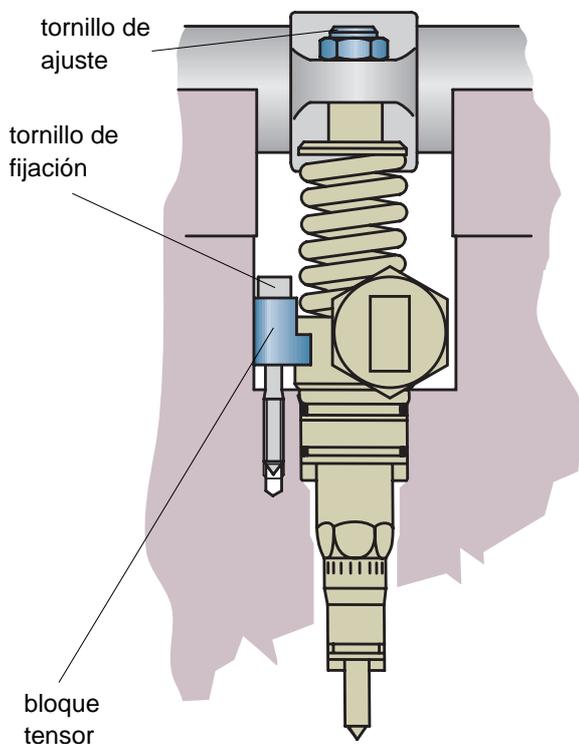
Lugar de montaje



La unidad bomba-inyector se encuentra directamente en la culata, encima de cada cilindro.

La unidad bomba-inyector está hermetizada hacia la culata mediante anillos toroidales.

Fijación/ajuste



La unidad bomba-inyector está fijada en la culata con un bloque tensor.

Se ajusta con un tornillo de ajuste tras el montaje del émbolo de bomba.

Al montar una unidad bomba-inyector, atender a una posición de montaje correcta y ajustarla. Si no se encuentra perpendicular al bloque tensor, podrá aflojarse el tornillo de fijación. Ello puede dañar la unidad bomba-inyector o la culata.

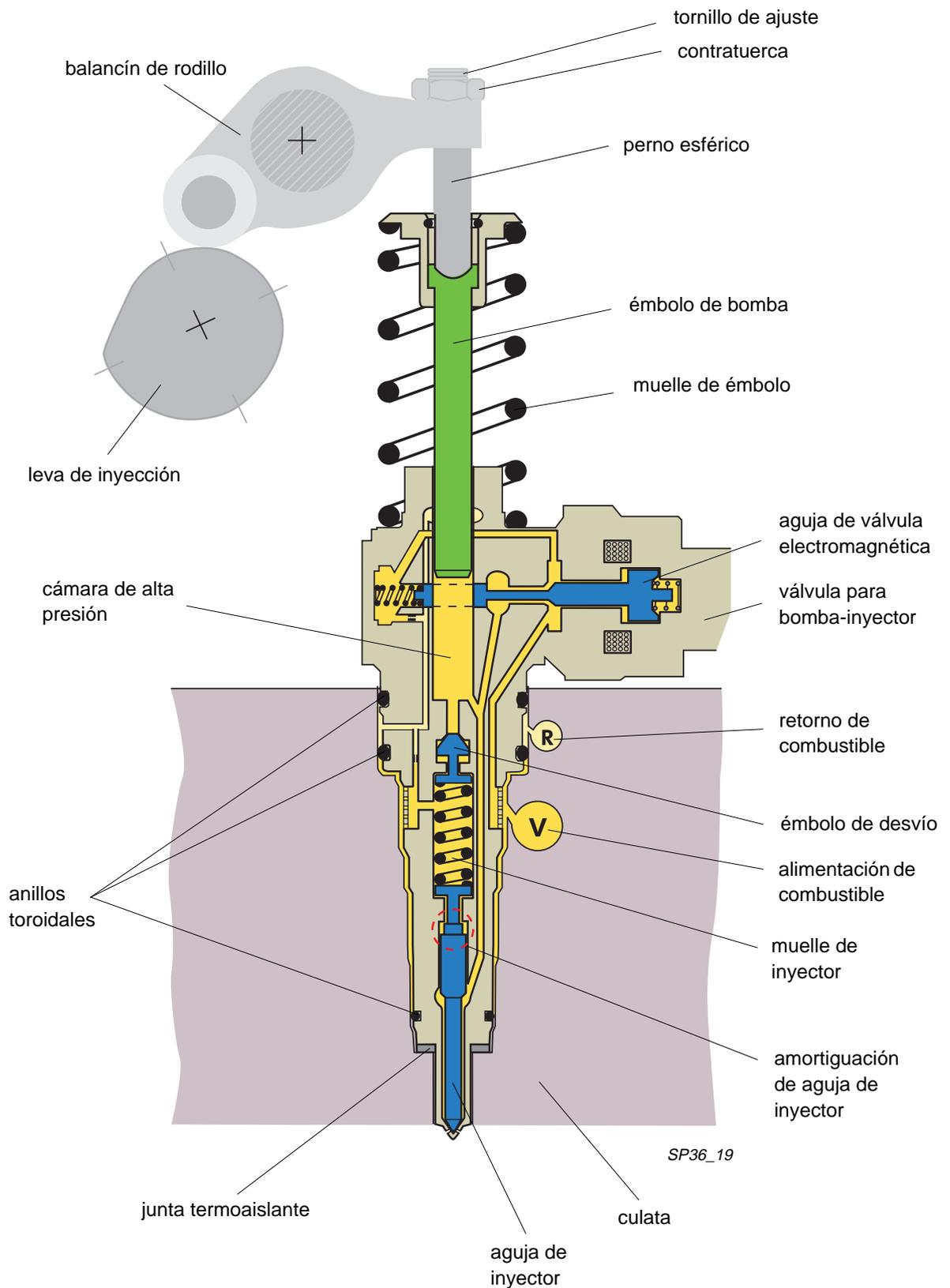
Con el ajuste, se ajusta una distancia mínima en el punto más bajo entre el fondo de la cámara de alta presión y el émbolo de la bomba (véase también la página 8). De este modo se impide que, en caso de calentamiento, el émbolo de bomba choque contra el fondo de la cámara de alta presión.



Nota:
¡Sírvase tener en cuenta al respecto las instrucciones del Manual de Reparaciones!

Sistema de inyección bomba-inyector

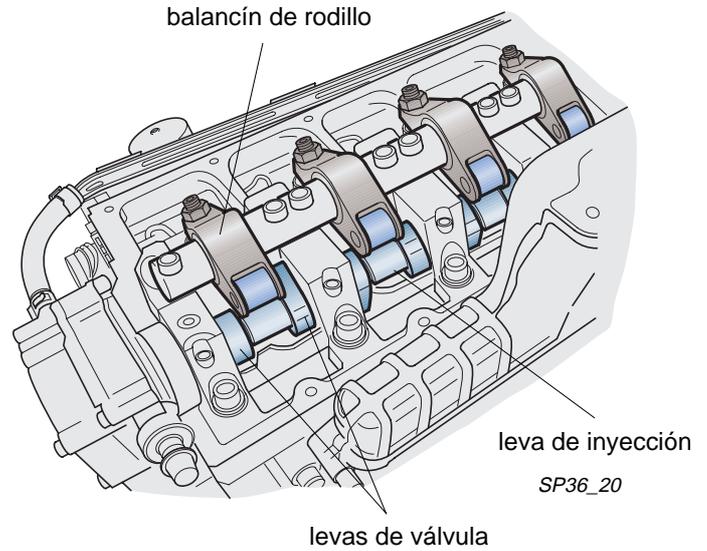
Estructura de diseño



Accionamiento

Cada unidad bomba-inyector por cilindro la acciona el árbol de levas mediante balancín de rodillo.

El árbol de levas tiene para ello cuatro levas adicionales, las levas de inyección, que se encuentran entre las levas de válvula. Estas accionan, mediante balancines de rodillo, los émbolos de bomba de las unidades bomba-inyector.

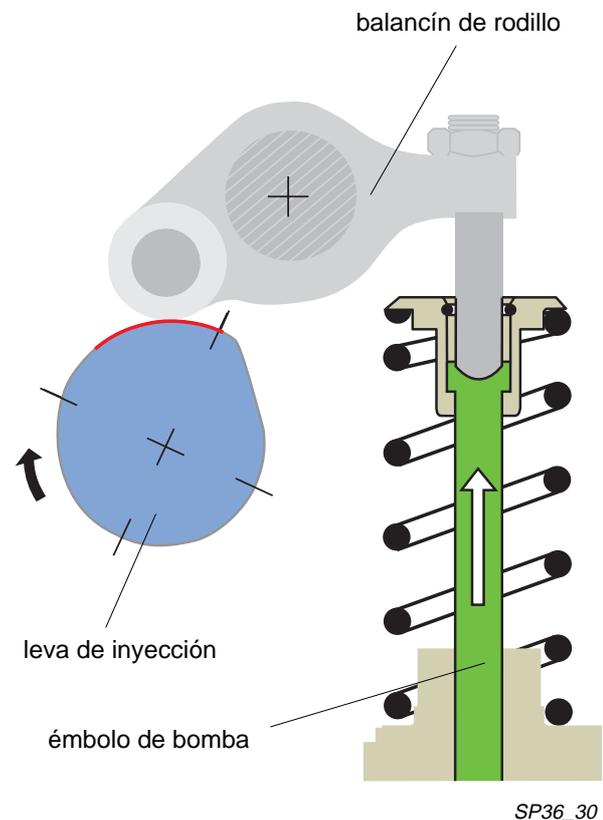
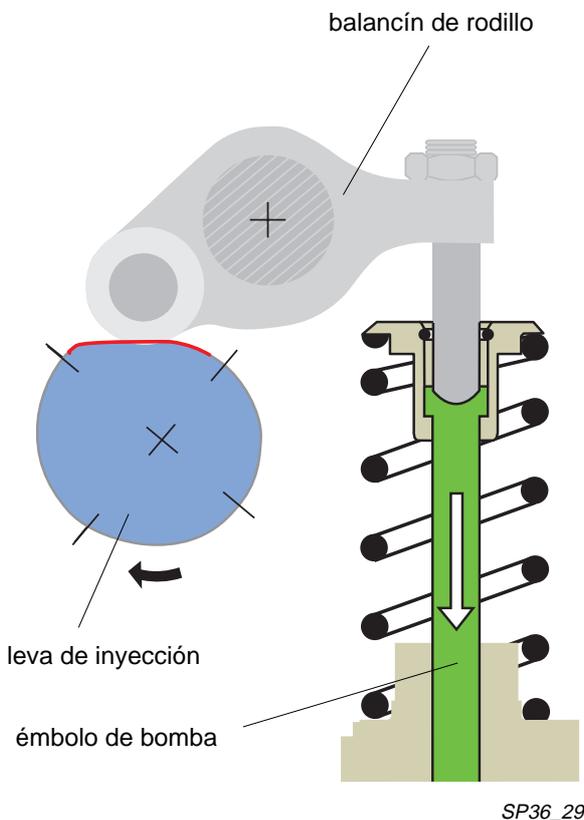


La leva de inyección tiene un flanco ascendente empinado ...

El émbolo de bomba es presionado hacia abajo a gran velocidad. De este modo, se alcanza muy rápidamente una presión de inyección elevada.

... y un flanco descendente plano.

Mediante éste, el émbolo de bomba se mueve lenta y uniformemente hacia arriba y el combustible puede seguir fluyendo exento de burbujas en la cámara de alta presión de la unidad bomba-inyector.



Sistema de inyección bomba-inyector

Requerimientos formulados a la formación de la mezcla y a la combustión

La condición previa para una combustión eficaz es una buena formación de la mezcla. Para ello hay que inyectar la cantidad adecuada de combustible en el momento preciso y a una presión elevada. Ya la menor divergencia puede ocasionar un aumento de las emisiones de sustancias nocivas, fuertes ruidos de combustión o un consumo elevado de combustible.

Inyección previa

A fin de conseguir un proceso de combustión con la máxima suavidad posible, antes de comenzar la inyección principal se inyecta una pequeña cantidad de combustible con poca presión - la inyección previa.

Mediante la combustión de esta pequeña cantidad de combustible aumentan la presión y la temperatura en la cámara de combustión.

Inyección principal

En la inyección principal se trata de conseguir una buena formación de mezcla a fin de que el combustible se quemara lo más totalmente posible. Con una presión de inyección elevada, el combustible se pulveriza muy finamente, de modo que pueda mezclarse bien con el aire. Una combustión completa reduce las emisiones de sustancias nocivas y proporciona un alto aprovechamiento de la potencia.

El curso de la inyección en el sistema de inyección bomba-inyector, con escasa presión en la inyección previa seguida de una "pausa de inyección", así como con creciente presión en la inyección principal y rápido fin de inyección, concuerda en gran medida con el requerimiento del motor.

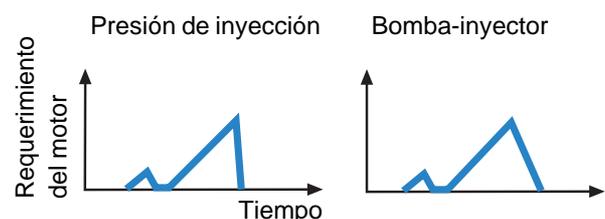
Para el proceso de combustión de un motor Diesel es importante un retardo muy breve del encendido. El retardo de encendido es el tiempo que transcurre entre el inicio de la inyección y el comienzo del aumento de la presión en la cámara de combustión. Si durante este tiempo se inyecta una cantidad grande de combustible, ello causará un brusco aumento de la presión y, por consiguiente, fuertes ruidos de combustión.

Esto crea la condición previa para un encendido rápido de la cantidad de inyección principal, con la consiguiente reducción del retardo de encendido. La inyección previa y una "pausa de inyección" entre las inyecciones previa y principal hacen que las presiones en la cámara de combustión no se originen bruscamente, sino que aumenten de modo plano.

De ello resultan escasos ruidos de combustión y menos emisiones de óxido de nitrógeno.

Fin de la inyección

Al final de la inyección es importante que la presión de la misma disminuya rápidamente y que la aguja del inyector se cierre rápidamente. Esto impide que el combustible llegue a la cámara de combustión con escasa presión de inyección y gotas de gran diámetro y sólo se quemara de modo incompleto, lo cual haría aumentar las emisiones de sustancias nocivas.



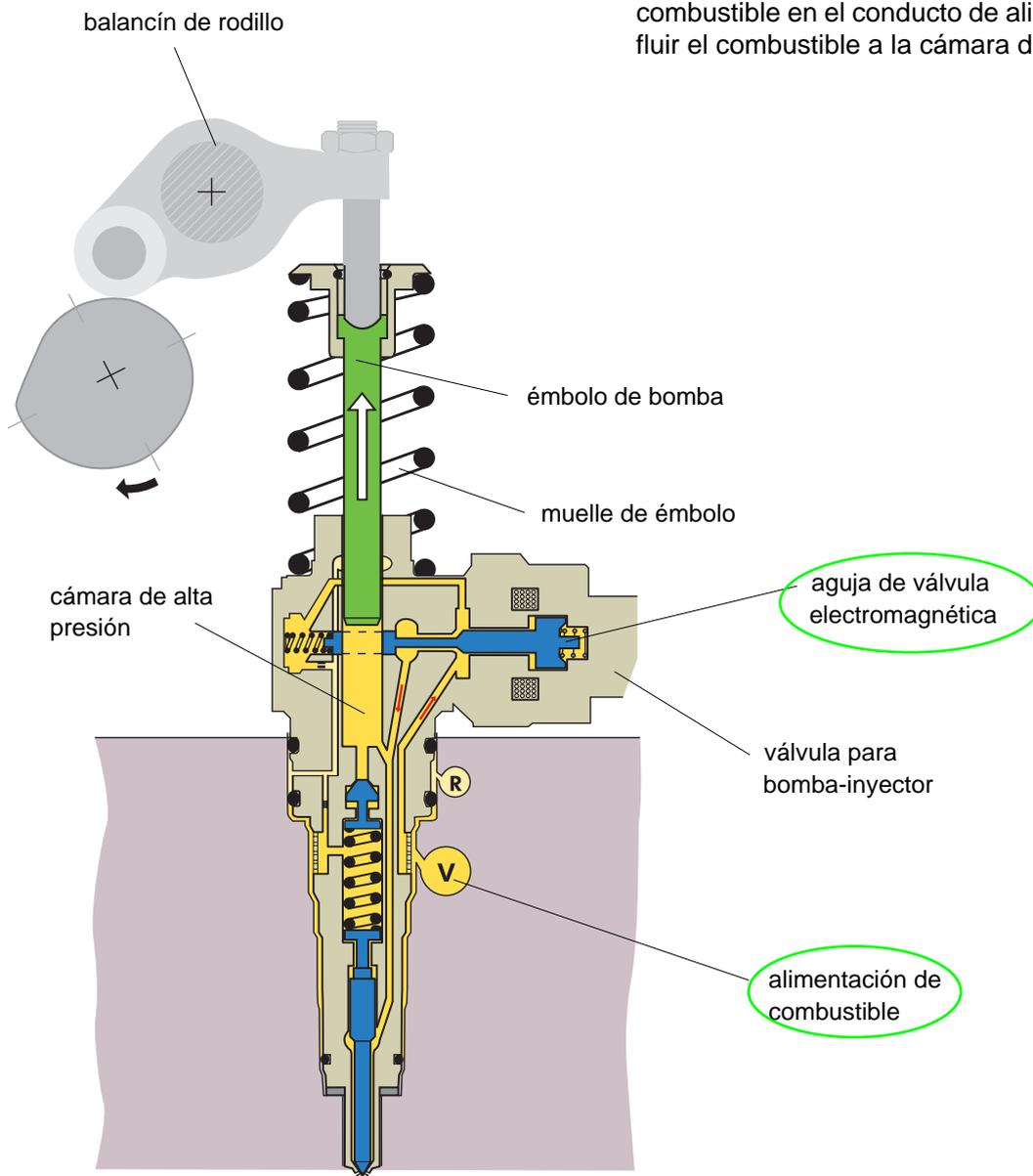
El proceso de inyección

Llenado de la cámara de alta presión

Durante el proceso de llenado, el émbolo de bomba se mueve hacia arriba por efecto del muelle del émbolo, con lo que aumenta el volumen de la cámara de alta presión. La válvula para la unidad bomba-inyector no está activada.

La aguja de válvula electromagnética se encuentra en posición de reposo y deja libre la vía de alimentación de combustible a la cámara de alta presión.

La presión generada por la bomba de combustible en el conducto de alimentación hace fluir el combustible a la cámara de alta presión.



SP36_21

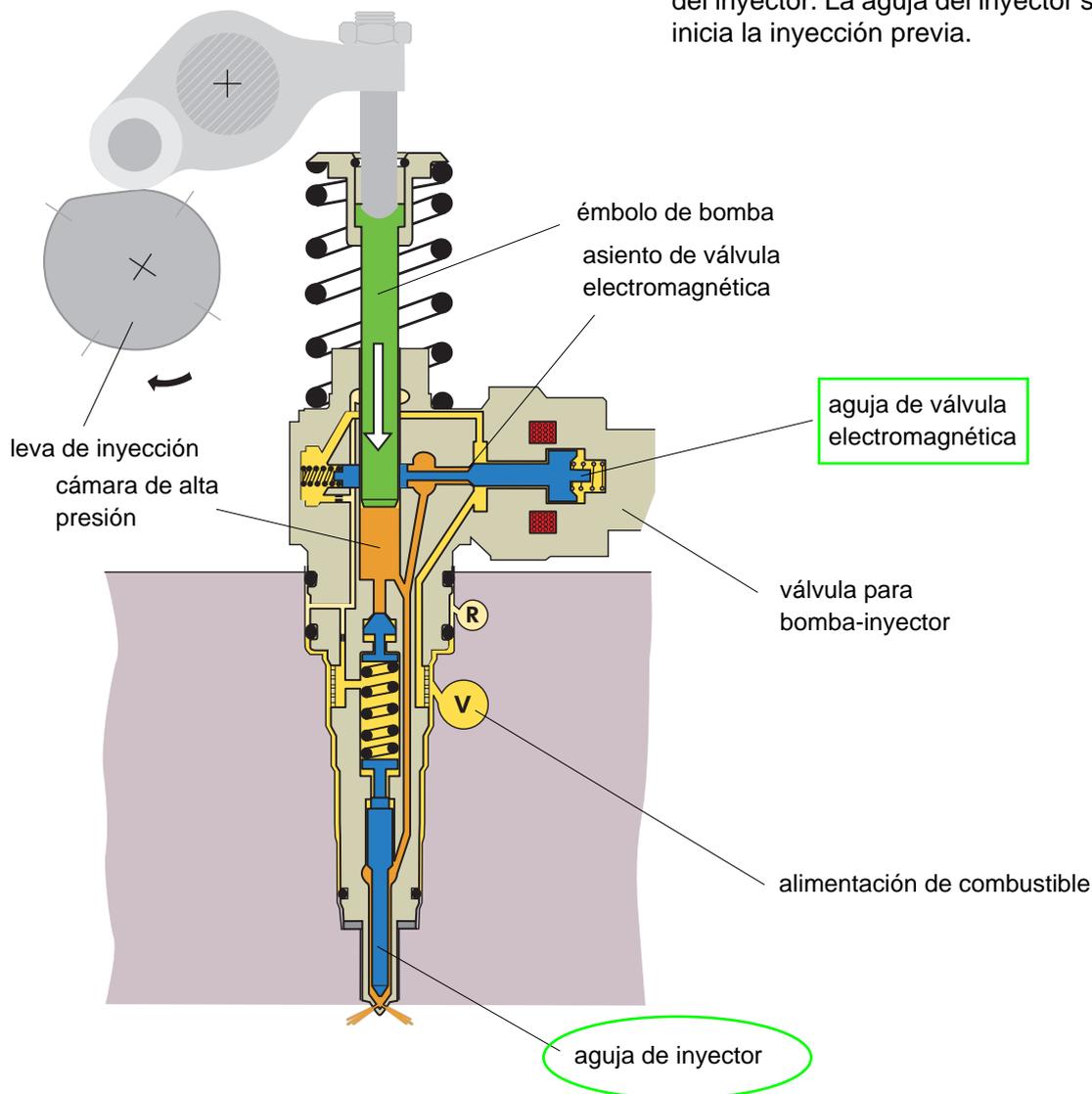
Sistema de inyección bomba-inyector

El proceso de inyección

Comienzo de la inyección previa

La leva de inyección empuja el émbolo de bomba hacia abajo mediante el balancín de rodillo, con lo que impele el combustible de la cámara de alta presión al conducto de alimentación de combustible.

El proceso de inyección lo inicia la unidad de control del motor. Para ello, ésta activa la válvula para la unidad bomba-inyector. Al hacerlo, la aguja de válvula electromagnética es presionada al asiento y cierra la vía de la cámara de alta presión al conducto de alimentación de combustible. Con ello se comienza a generar presión en la cámara de alta presión. Al alcanzarse una presión de 18 MPa (180 bares) se supera la fuerza de tensión previa del muelle del inyector. La aguja del inyector se levanta y se inicia la inyección previa.



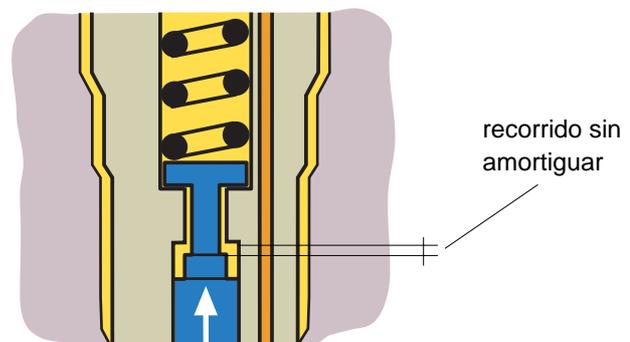
SP36_22

Amortiguación de la aguja de inyector

En la inyección previa se amortigua el recorrido de la aguja de inyector mediante un acolchado hidráulico. Ello hace posible dosificar con exactitud el combustible.

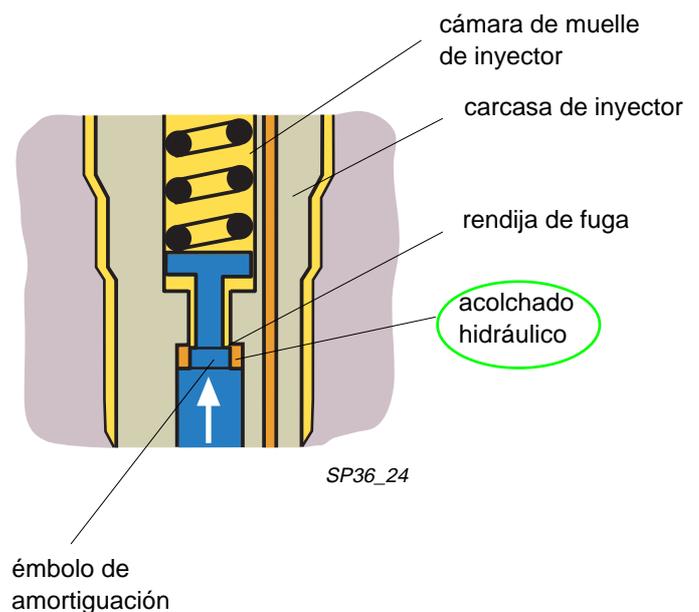
Proceso de funcionamiento

En el primer tercio del recorrido total, la aguja de inyector se abre sin estar amortiguada. Al hacerlo, se inyecta en la cámara de combustión la cantidad de inyección previa.



SP36_23

Tan pronto el émbolo de amortiguación se sumerge en el orificio de la carcasa del inyector, el combustible por encima de la aguja de inyector sólo se puede desplazar a través de una rendija de fuga a la cámara del muelle de inyector. De este modo se origina un acolchado hidráulico que limita la carrera de la aguja durante la inyección previa.



Sistema de inyección bomba-inyector

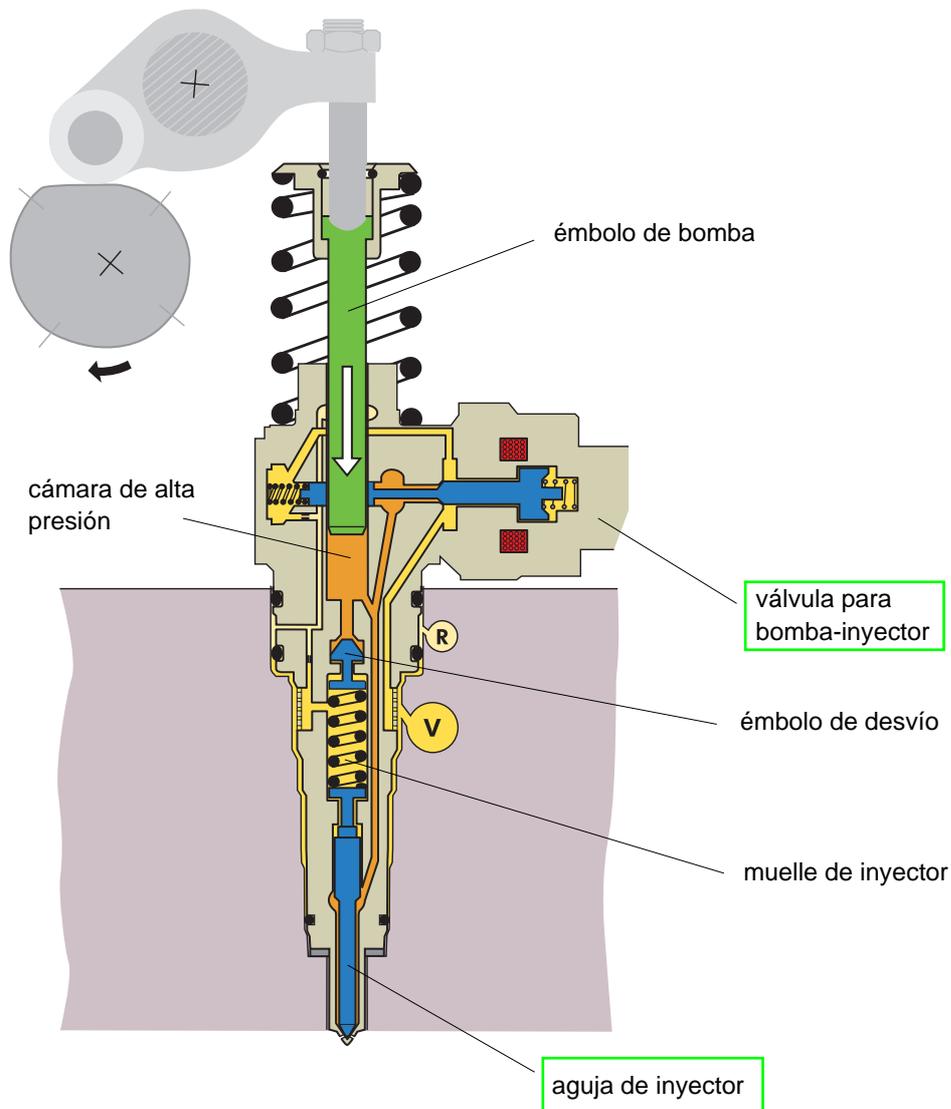
El proceso de inyección

Fin de la inyección previa

Inmediatamente después de abrirse la aguja de inyector, finaliza la inyección previa. Por efecto de la creciente presión, el émbolo de desvío se mueve hacia abajo, con lo que aumenta el volumen de la cámara de alta presión.

Ello hace disminuir la presión por un breve momento y la aguja del inyector se cierra. Ha finalizado la inyección previa.

El movimiento descendente del émbolo de desvío pretensa más fuertemente el muelle de inyector. Así que, para volver a abrir la aguja de inyector en la subsiguiente inyección principal, se requerirá mayor presión de combustible que en la inyección previa.



SP36_25

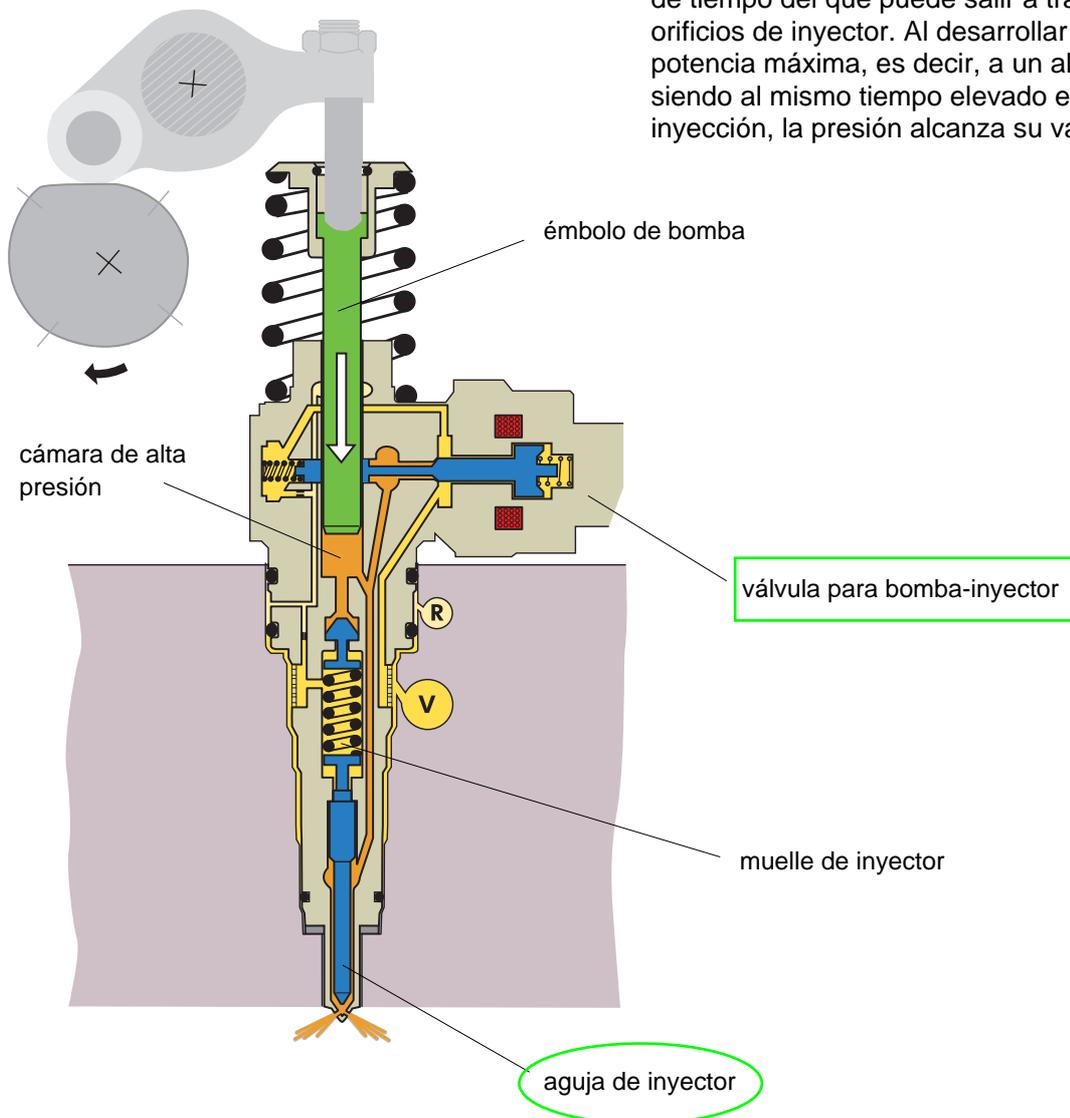
Comienzo de la inyección principal

Poco antes de cerrarse la aguja de inyector vuelve a aumentar la presión en la cámara de alta presión.

Al hacerlo, la válvula para bomba-inyector sigue cerrada y el émbolo de bomba se mueve hacia abajo.

A una presión de aprox. 30 MPa (300 bares), la fuerza resultante de la presión del combustible es mayor que la fuerza del muelle de inyector pretensado. La aguja de inyector vuelve a levantarse y se inyecta la cantidad de inyección principal.

Al hacerlo, la presión aumenta hasta 205 MPa (2050 bares) porque en la cámara de alta presión se ha de desplazar más combustible por unidad de tiempo del que puede salir a través de los orificios de inyector. Al desarrollar el motor su potencia máxima, es decir, a un alto régimen, siendo al mismo tiempo elevado el caudal de inyección, la presión alcanza su valor máximo.



SP36_26

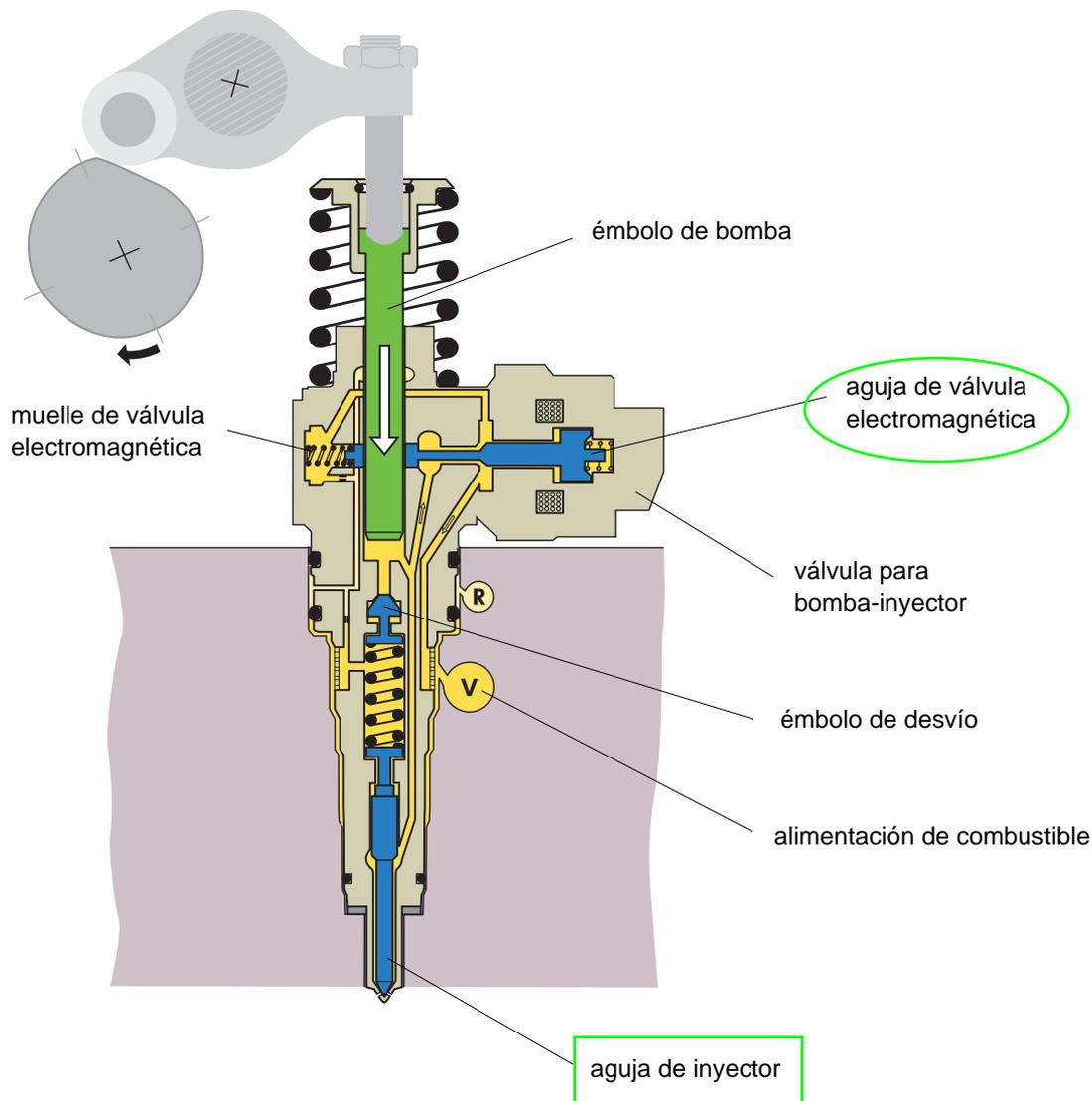
Sistema de inyección bomba-inyector

El proceso de inyección

Fin de la inyección principal

Se inicia el final de la inyección principal cuando la unidad de control del motor ya no activa la válvula de la unidad bomba-inyector.

En tal caso, el muelle de la válvula electromagnética abre la aguja de la misma. A continuación, el combustible desplazado por el émbolo de bomba puede entrar en el conducto de alimentación de combustible. La presión disminuye. La aguja de inyector se cierra y el émbolo de desvío, presionado por el muelle de inyector, vuelve a su posición inicial.

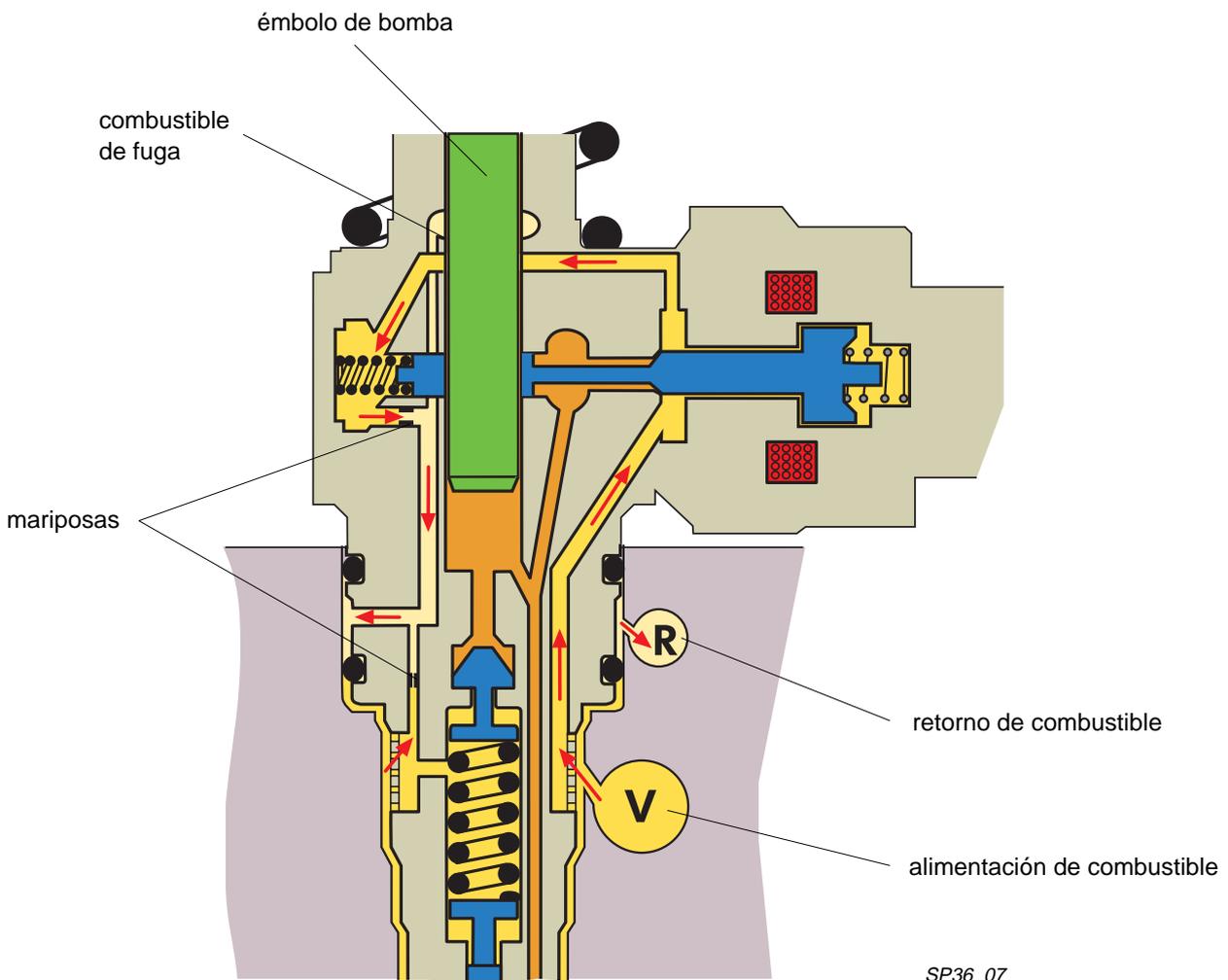


SP36_16

El retorno de combustible en la unidad bomba-inyector

El conducto de retorno de combustible en la unidad bomba-inyector realiza las siguientes tareas:

- Refrigeración de la unidad bomba-inyector. Para ello, a través de los canales de la unidad bomba-inyector se enjuaga el conducto de retorno con combustible procedente del conducto de alimentación.
- Evacuación del combustible de fuga en el émbolo de bomba.
- Separación de burbujas de vapor del conducto de alimentación de combustible, a través de las mariposas, al conducto de retorno de combustible.



SP36_07

Alimentación de combustible

Sistema de alimentación de combustible

Para la alimentación de combustible trabajan dos bombas:

- una bomba de combustible eléctrica*
- una bomba de combustible mecánica

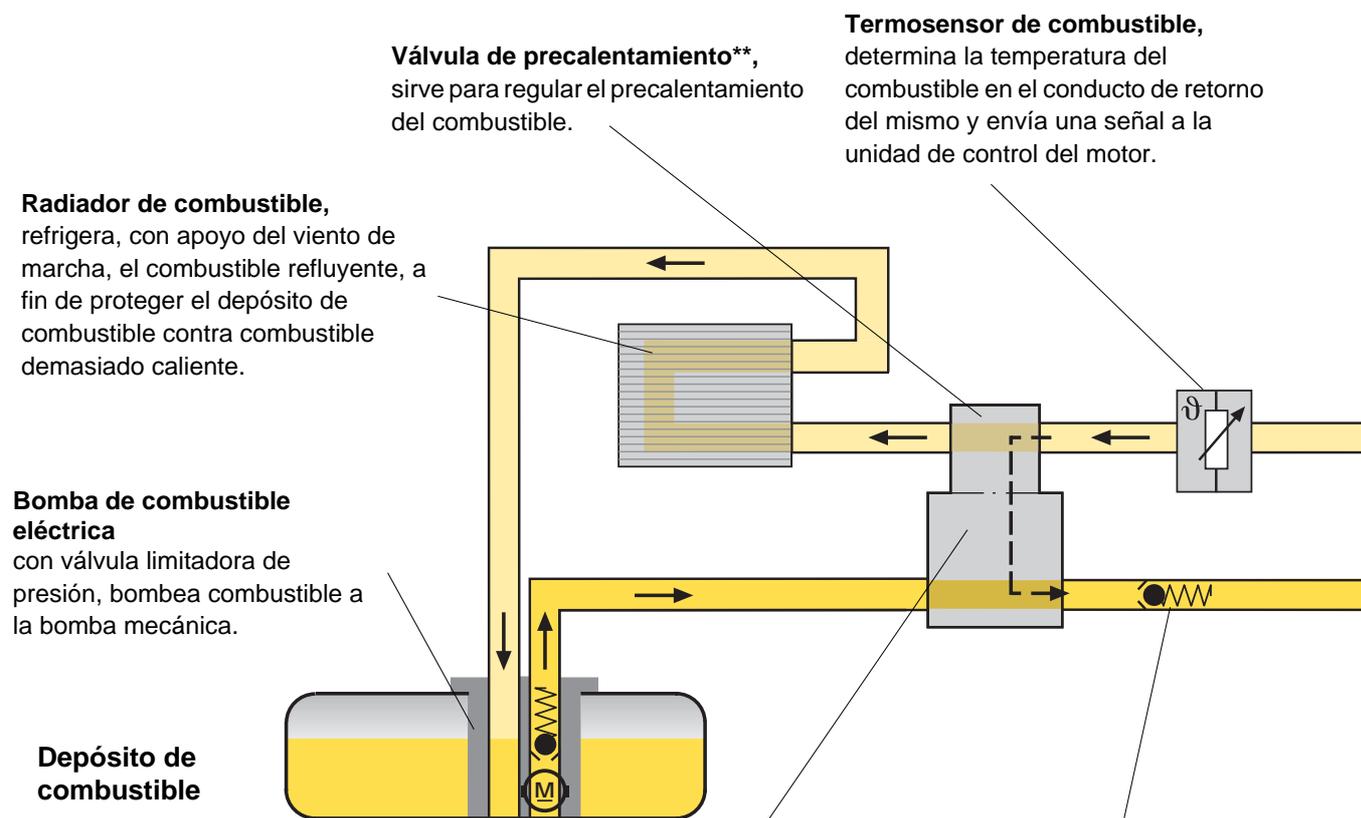
La bomba de combustible eléctrica trabaja como bomba de suministro previo y está emplazada en el depósito de combustible. Ella bombea combustible con una presión de 0,05 MPa (0,5 bares) a la bomba de combustible mecánica. Esta se encuentra abridada en el motor, directamente junto a la bomba de vacío en la culata.

Con el encendido "CON.", la bomba eléctrica bombea previamente durante 2 segundos y vuelve a pararse hasta que el motor gire al número de revoluciones de arranque.

A continuación, funciona constantemente y pone a disposición de la bomba de combustible mecánica el combustible directamente en el motor.

Una válvula limitadora de presión en la bomba de combustible eléctrica asegura que la presión del combustible en la bomba mecánica sea casi de 0 MPa (0 bares).

Seguidamente, a través del orificio de alimentación en la culata, la bomba mecánica suministra el combustible directamente a las unidades bomba-inyector.



* Algunos modelos se fabricaron al inicio de la serie sin bomba de combustible eléctrica.

** En función de la temperatura del combustible en la válvula de precalentamiento se conduce nuevamente a la tubería de alimentación combustible calentado de la tubería de retorno a través del filtro de combustible.

El combustible que no se necesita para la inyección refluye al depósito, a través del orificio de retorno en la culata, mediante la bomba de combustible mecánica.

En la tubería de retorno de combustible se encuentran un termosensor y un radiador de combustible.

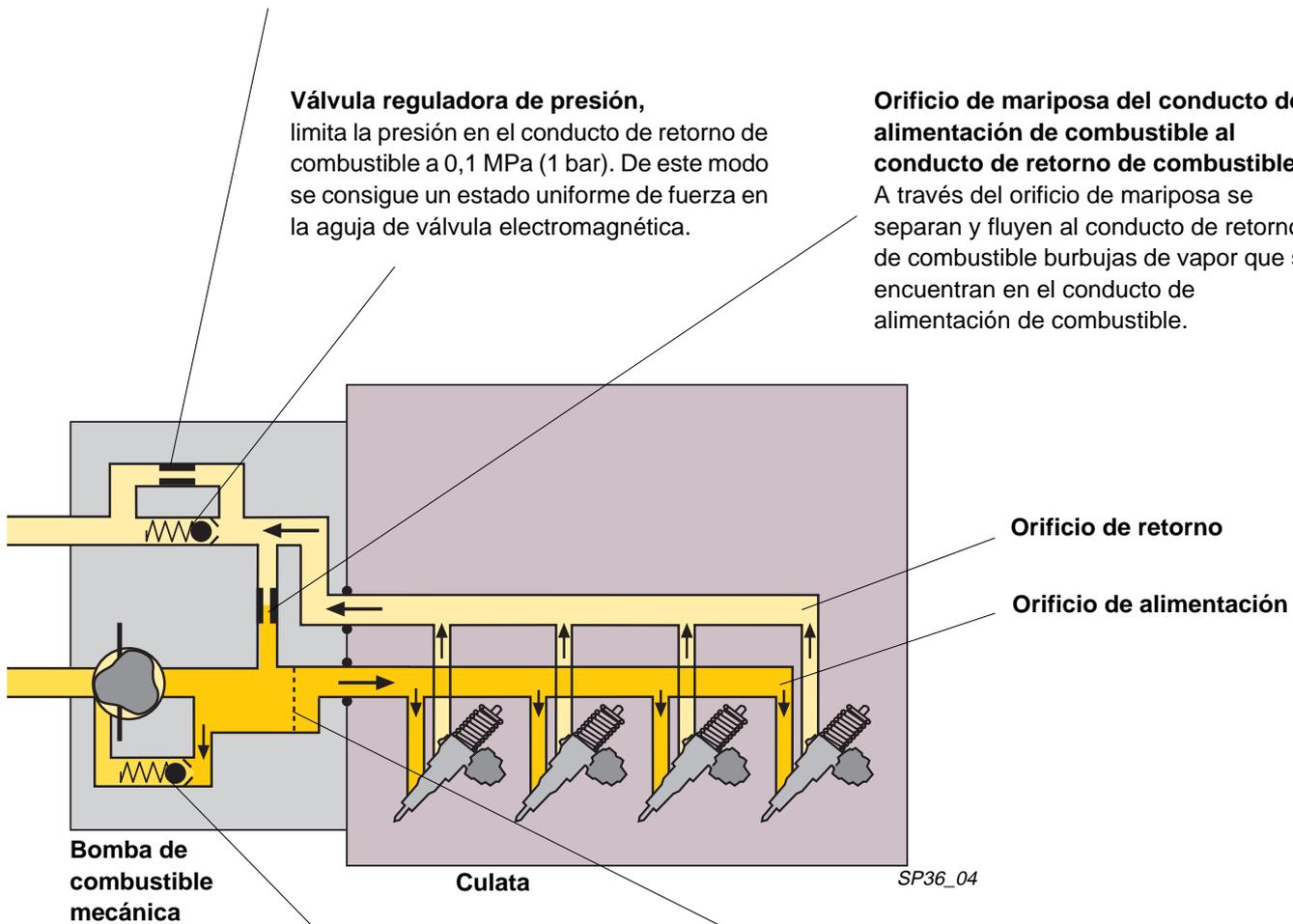
Bypass

Si hay aire en el sistema de combustible, por ejemplo en caso de vaciarse el depósito conduciendo, la válvula limitadora de presión permanecerá cerrada. El aire saldrá del sistema empujado por el combustible que fluye posteriormente.

Válvula reguladora de presión,
limita la presión en el conducto de retorno de combustible a 0,1 MPa (1 bar). De este modo se consigue un estado uniforme de fuerza en la aguja de válvula electromagnética.

Orificio de mariposa del conducto de alimentación de combustible al conducto de retorno de combustible

A través del orificio de mariposa se separan y fluyen al conducto de retorno de combustible burbujas de vapor que se encuentran en el conducto de alimentación de combustible.



Bomba de combustible mecánica

Culata

SP36_04

Orificio de retorno

Orificio de alimentación

Válvula reguladora de presión,
regula la presión de combustible en el conducto de alimentación de combustible. A una presión de combustible superior a 0,75 MPa (7,5 bares) se abre la válvula. El combustible se conduce nuevamente al lado de aspiración de la bomba de combustible.

Tamiz,
recoge burbujas de vapor del conducto de alimentación de combustible. A continuación, se separan las burbujas a través del orificio de mariposa y del conducto de retorno.

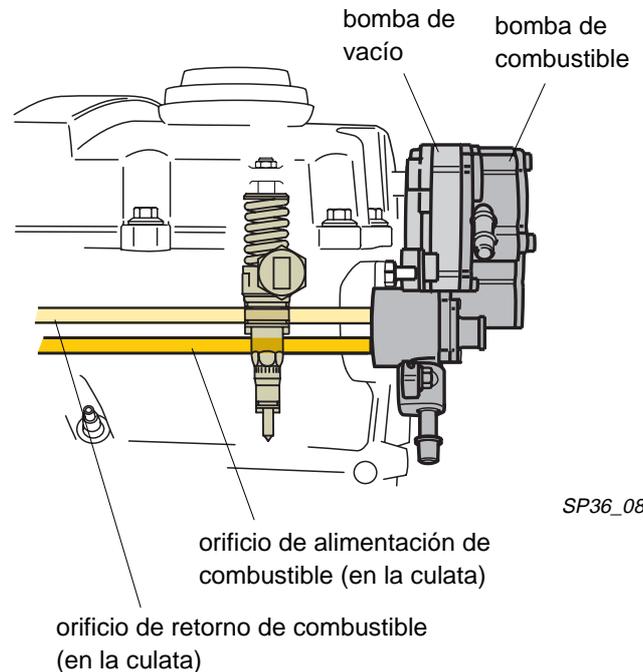
Alimentación de combustible

La bomba de combustible mecánica

Esta bomba se encuentra directamente detrás de la bomba de vacío, a un lado de la culata. Las dos bombas son accionadas conjuntamente por el árbol de levas. Esta unidad se designa también como bomba en tándem.

El combustible puesto a disposición en el motor por la bomba eléctrica lo suministra la bomba mecánica, a través del orificio de alimentación (en la culata) a las unidades bomba-inyector.

En la bomba de combustible se encuentra un tornillo de cierre para empalme de un manómetro. Allí se puede comprobar la presión del combustible en el conducto de alimentación.



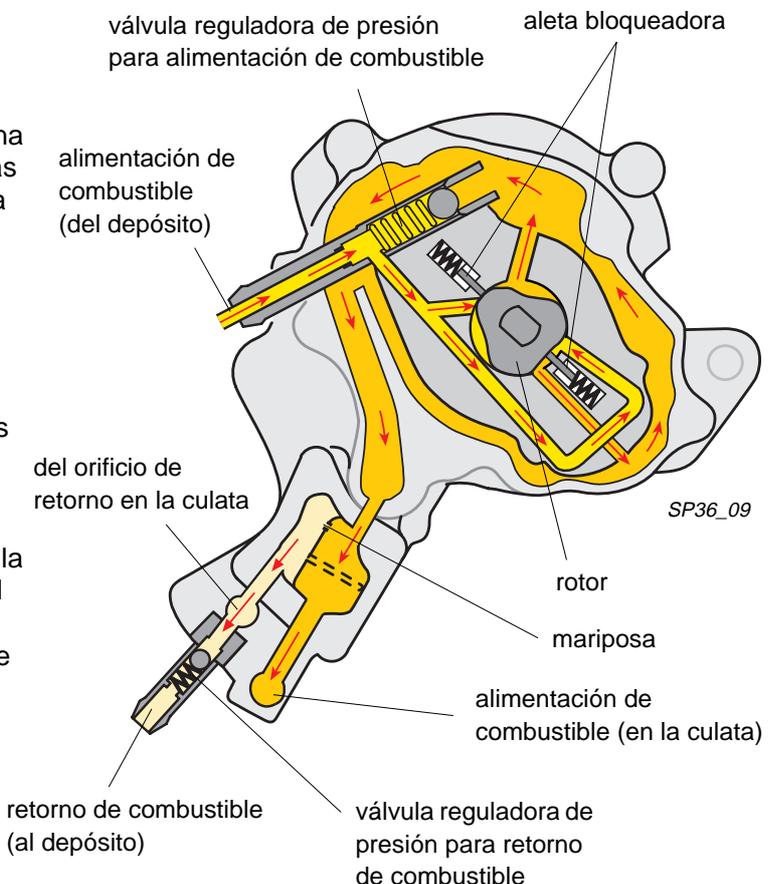
La bomba de combustible mecánica es una bomba de aletas bloqueadoras. Las aletas bloqueadoras son presionadas por fuerza de muelle contra el rotor.

Ventaja:

ya a números de revoluciones bajos se suministra combustible.

(Las bombas de aletas bloqueadoras aspiran sólo cuando el número de revoluciones es tal alto que los elementos de aleta quedan aplicados al estátor por efecto de la fuerza centrífuga.)

La conducción del combustible dentro de la bomba está realizada de tal modo, que el rotor esté siempre humedecido con combustible, también en caso de vaciarse el depósito. Se garantiza una aspiración automática.



Funcionamiento

La bomba de combustible trabaja según el principio:

- aspirar mediante aumento de volumen
- suministrar mediante disminución de volumen

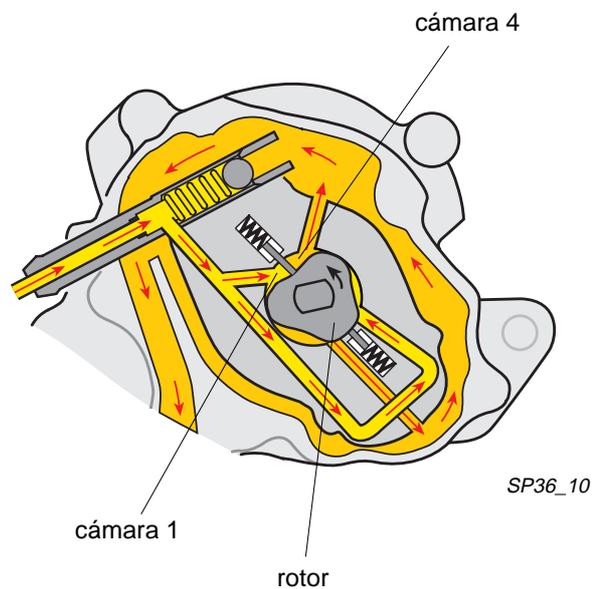
El combustible se aspira y se suministra siempre en dos cámaras.

Las cámaras de aspiración y las cámaras de suministro están separadas por las aletas bloqueadoras.

Representación del funcionamiento cámaras 1 y 4

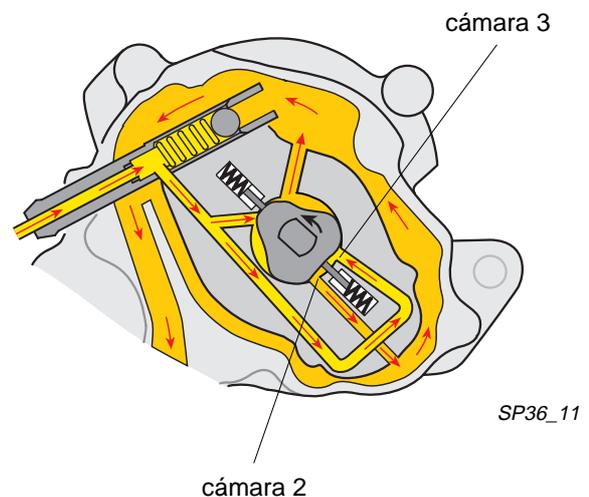
El combustible lo aspira la cámara 1 (cámara de aspiración) y lo suministra la cámara 4 (cámara de suministro).

Al girar el rotor, aumenta el volumen de la cámara 1, mientras que disminuye el volumen de la cámara 4.



Representación del funcionamiento cámaras 2 y 3

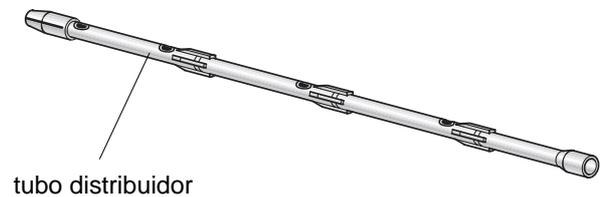
Aquí, las dos otras cámaras están en acción. El combustible es suministrado por la cámara 2 y por la cámara 3.



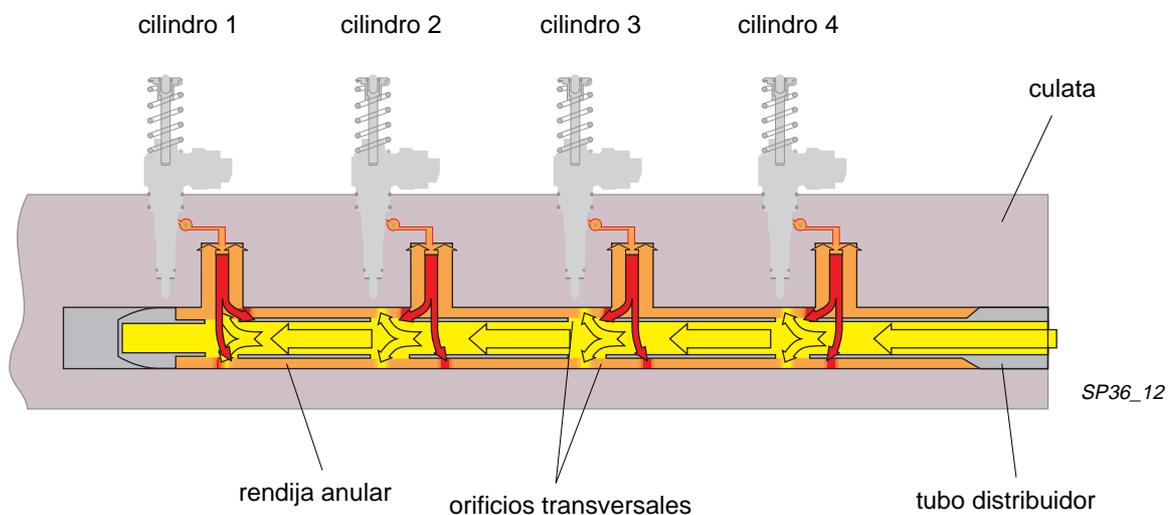
Alimentación de combustible

El tubo distribuidor

En el orificio de alimentación en la culata se encuentra un tubo distribuidor.
Su tarea: distribuir uniformemente el combustible a las unidades bomba-inyector y mantener en éstas el combustible a la misma temperatura.



SP36_15



SP36_12

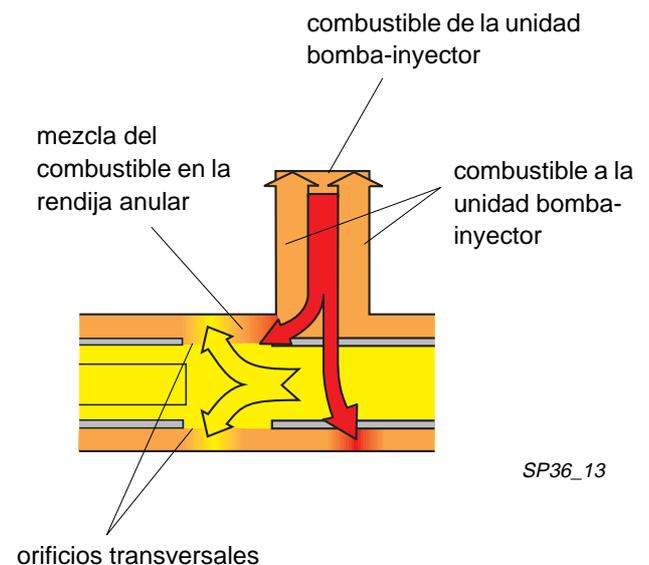
Principio de funcionamiento

La bomba suministra el combustible al tubo distribuidor en la culata.
En el interior del tubo distribuidor fluye el combustible hacia el cilindro 1.

A través de orificios transversales, el combustible llega a la rendija anular entre tubo distribuidor y pared. Aquí se mezcla el combustible con el combustible muy caliente que las unidades bomba-inyector hacen volver al orificio de alimentación.

El resultado es una temperatura uniforme del combustible en la alimentación de todos los cilindros.

Todas las unidades bomba-inyector reciben igual masa de combustible. De este modo se consigue una marcha equilibrada del motor.



SP36_13

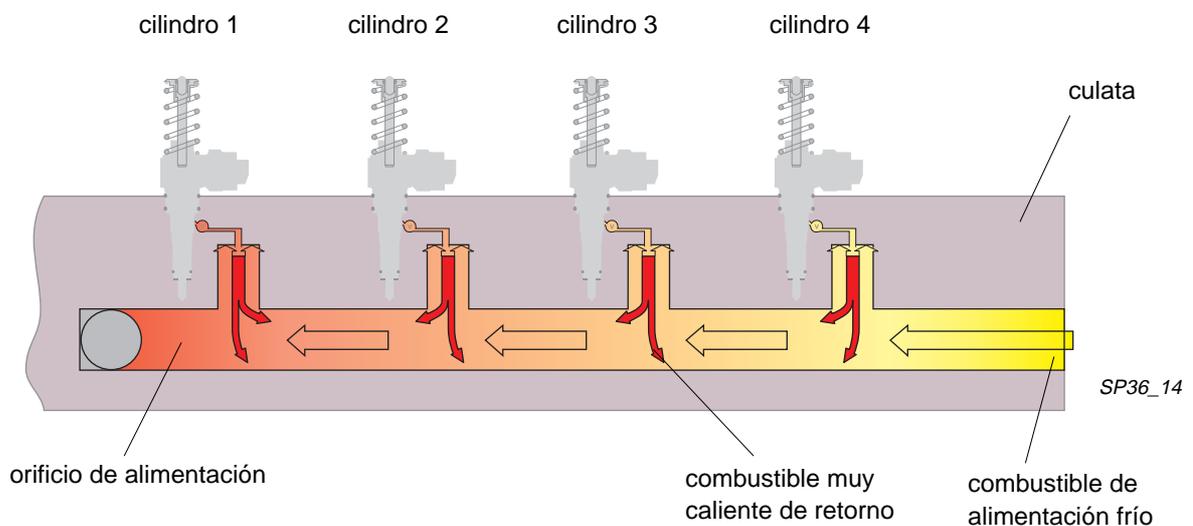
Sin el tubo distribuidor, la temperatura del combustible en las unidades bomba-inyector no sería uniforme.

En tal caso, el combustible muy caliente empujado de vuelta al orificio de alimentación por las unidades bomba-inyector sería desplazado por el combustible de alimentación frío que fluye del cilindro 4 hacia el cilindro 1.

La temperatura del combustible del cilindro 4 al cilindro 1 aumentaría y las unidades bomba-inyector recibirían diferentes masas de combustible.

Consecuencias:

- marcha desequilibrada del motor
- temperatura demasiado elevada en los cilindros delanteros



Comprobación de la presión del combustible

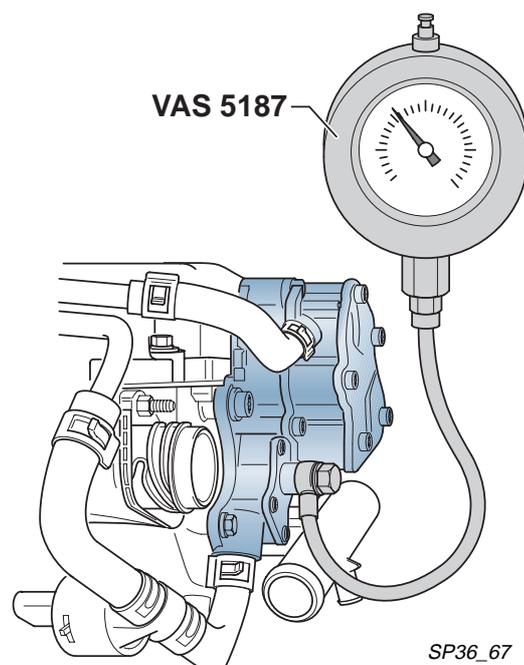
Para comprobar la presión del combustible, la bomba en tándem tiene extra un tornillo de cierre, el cual se extrae para empalmar el dispositivo manométrico VAS 5187.

Condición para la comprobación:

- temperatura del líquido refrigerante, como mín., 85 °C
- número de revoluciones incrementado de 1500 min⁻¹

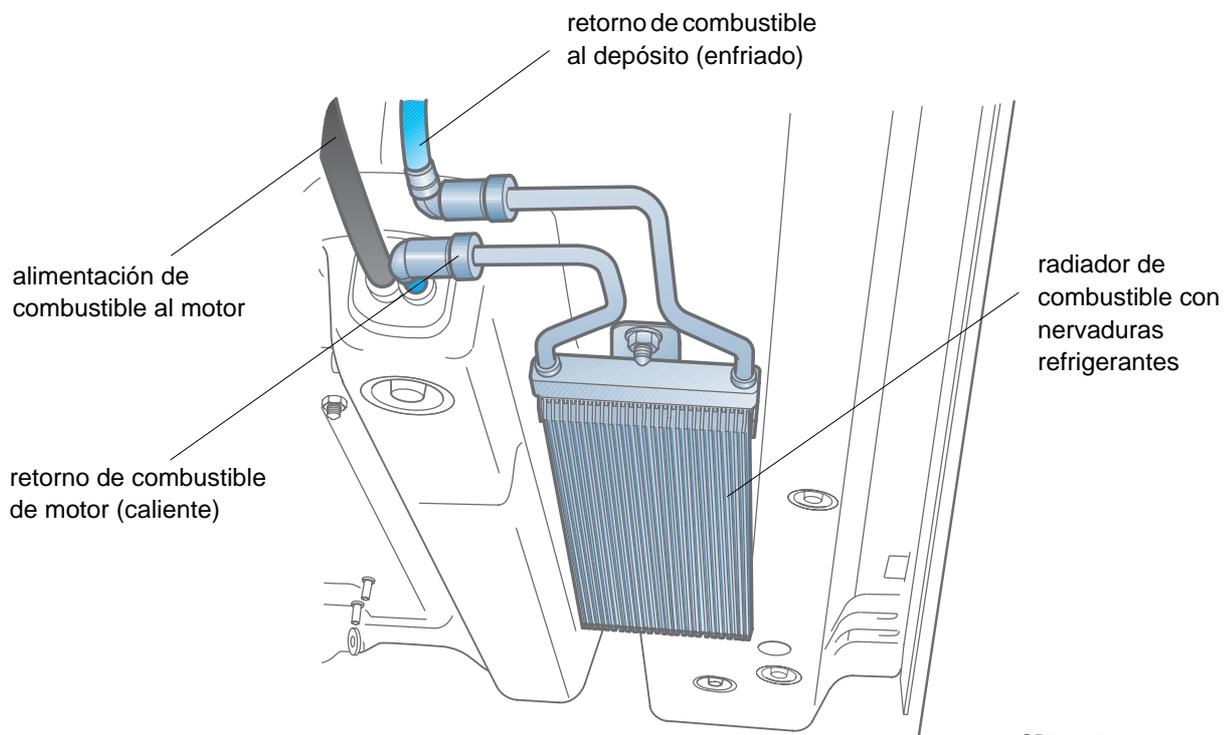
El valor teórico de la presión del combustible ha de ser de 0,35 MPa (3,5 bares), como mínimo.

La determinación del número de revoluciones se efectúa durante la comprobación de la presión con un lector de averías.



Alimentación de combustible

La refrigeración del combustible



SP36_27

Mediante la presión elevada en las unidades bomba-inyector, el combustible se calienta tan fuertemente que se ha de enfriar antes de que refluya al depósito.

Por ello, a la tubería de retorno de combustible hay incorporado adicionalmente un radiador de combustible.

El combustible que las unidades bomba-inyector hacen retornar a través de la bomba fluye a través del radiador, el cual está provisto de nervaduras refrigerantes y se calienta por el combustible.

En este punto, el aire que fluye (viento de marcha) absorbe calor del combustible muy caliente.

Ahora, el combustible que refluye enfriado no tiene ningún efecto negativo sobre el depósito, la bomba ni el transmisor de nivel de combustible.

El radiador de combustible se encuentra en la parte izquierda de los bajos del vehículo, en la tubería de retorno al depósito de combustible.

En caso necesario, las tuberías de combustible se pueden soltar fácilmente (cierres rápidos).

Sistema de precalentamiento

Sistema de precalentamiento

Con el sistema de precalentamiento se facilita el arranque del motor en caso de reinar temperaturas bajas.

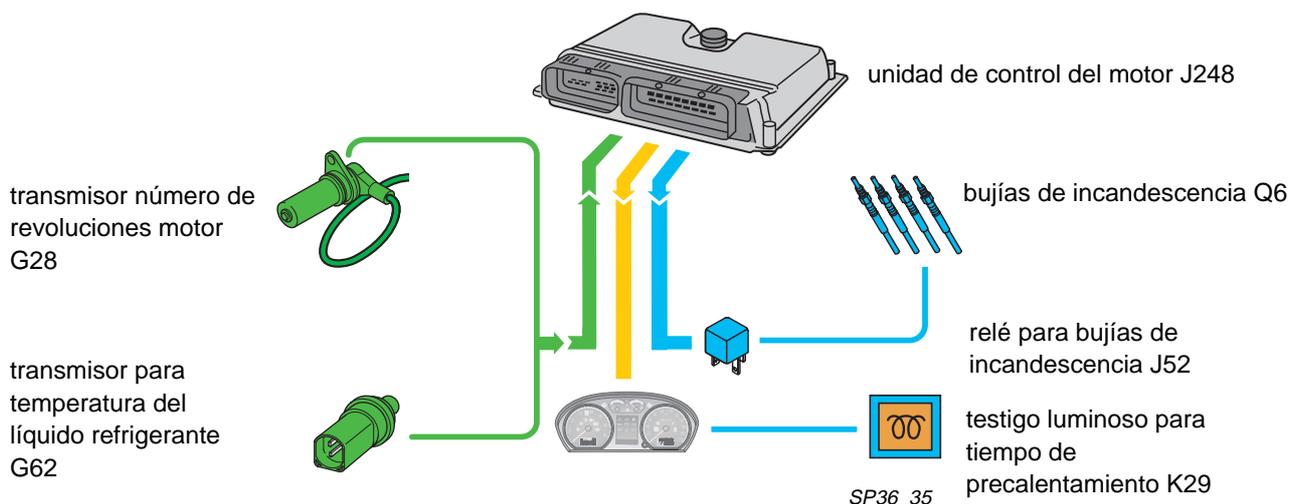
Este sistema lo conecta la unidad de control del motor a una temperatura del líquido refrigerante por debajo de +9°C.

El relé para bujías de incandescencia lo activa la unidad de control del motor. A continuación, se conecta la corriente de trabajo para las bujías de encendido.

La sinopsis del sistema muestra qué señales de sensor se utilizan y qué actores se activan.

La activación del testigo luminoso para tiempo de precalentamiento se efectúa mediante el BUS CAN propulsión, de la unidad de control del motor al cuadro de instrumentos.

Sinopsis del sistema de precalentamiento



Precalentamiento

Tras haber conectado el encendido, se conectan las bujías de encendido a una temperatura por debajo de +9°C.

Se enciende el testigo luminoso para tiempo de precalentamiento.

Una vez finalizado el proceso de precalentamiento, se apagará el testigo luminoso y se podrá hacer arrancar el motor.

Postcalentamiento

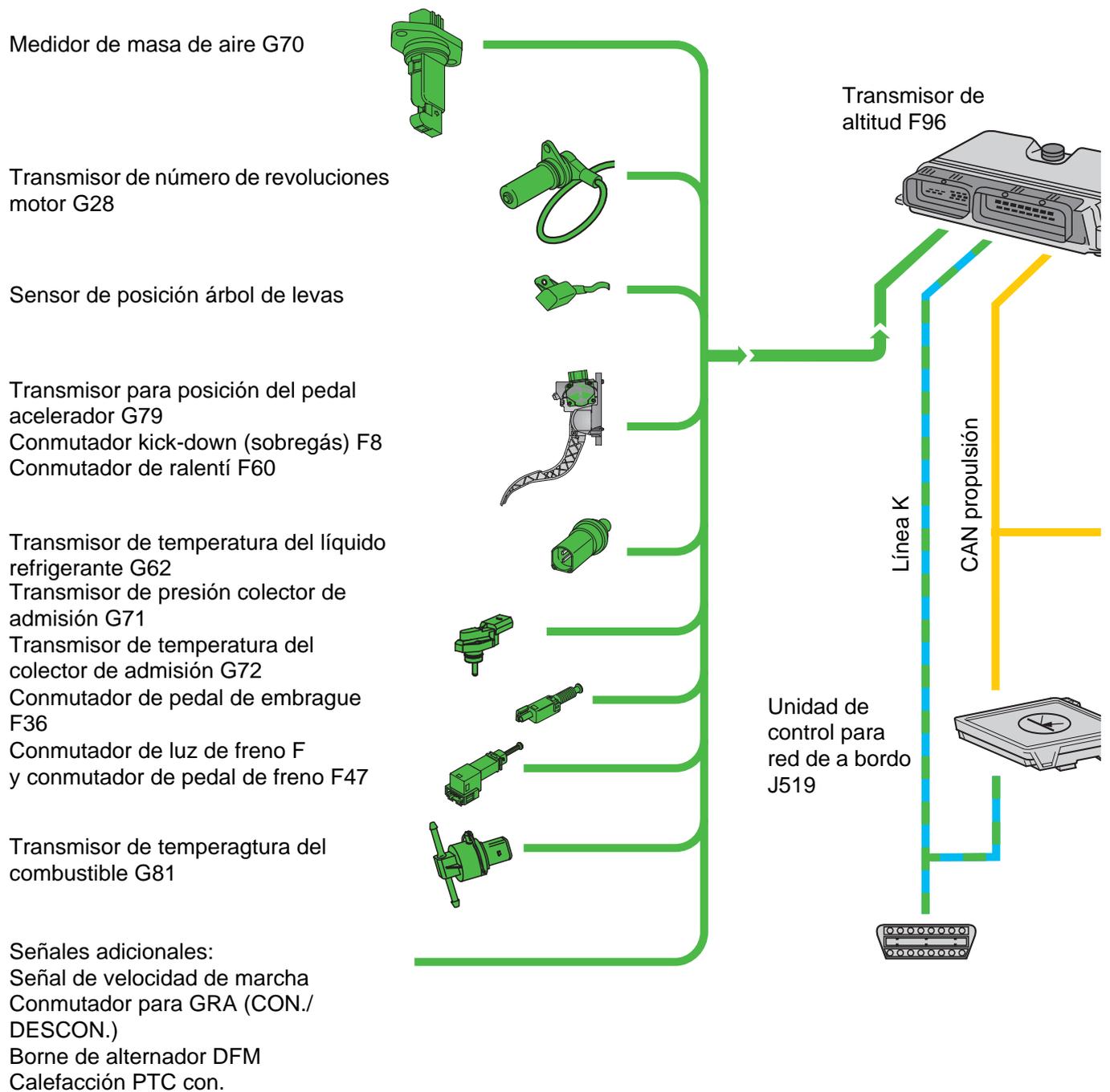
Después de cada arranque del motor, se postcalienta independientemente de que se haya precalentado.

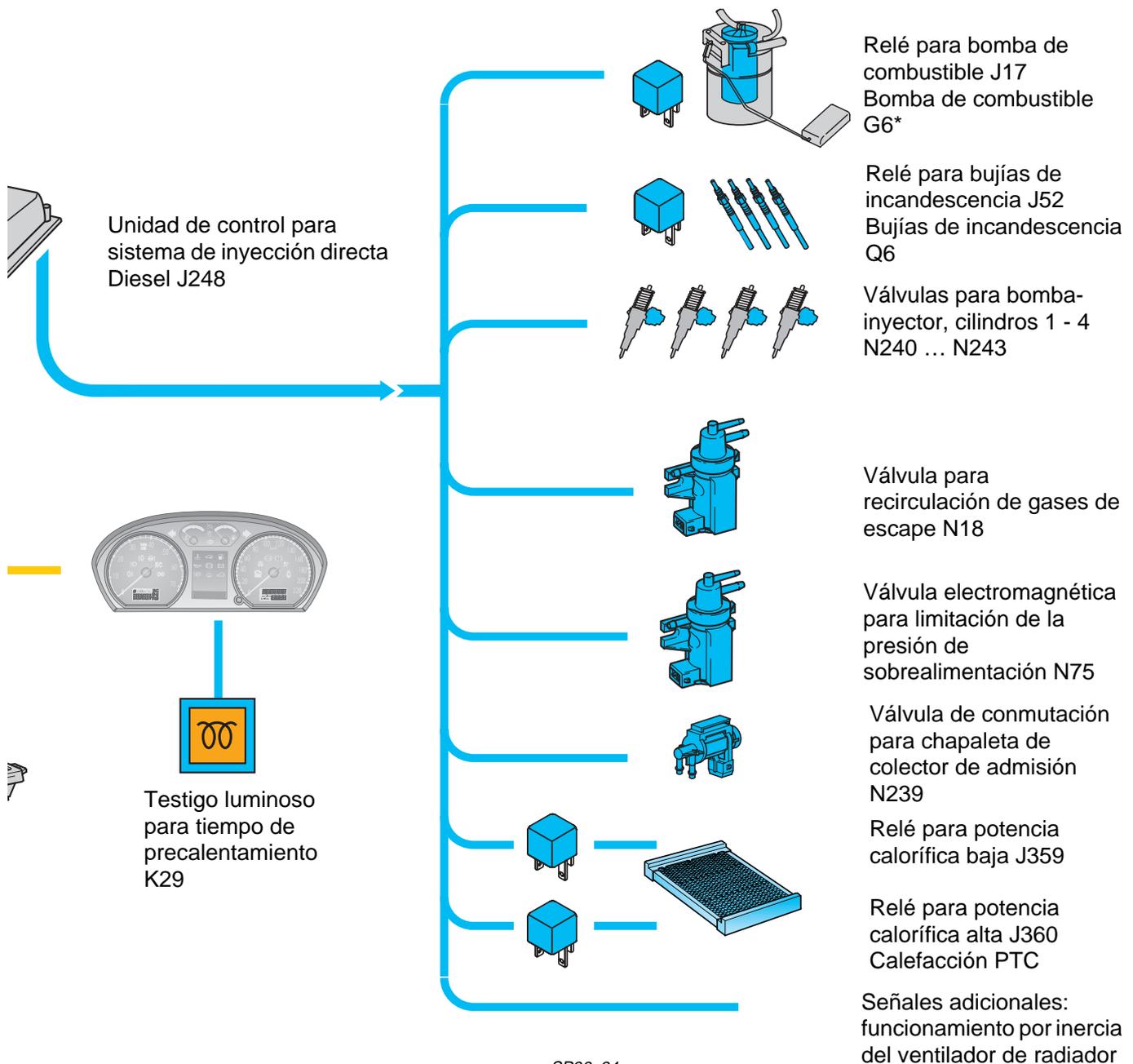
De este modo se reducen los ruidos de combustión, se mejora la calidad del ralentí y se reducen las emisiones de hidrocarburos.

La fase de postcalentamiento dura, como máx., cuatro minutos y se interrumpe a un régimen del motor superior a 2500 min⁻¹.

Gestión del motor

Sinopsis del sistema

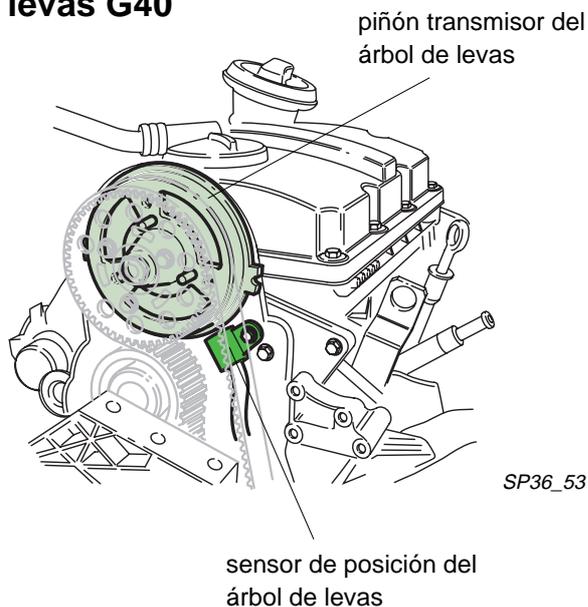




*** Nota:**
Algunos modelos se han fabricado al comienzo de la serie sin la bomba de combustible eléctrica G6.

Gestión del motor

El sensor de posición del árbol de levas G40



El sensor de posición del árbol de levas trabaja según el principio del transmisor Hall. El sensor está fijado a la protección de la correa dentada, debajo del piñón del árbol de levas. El explora los dientes en el piñón transmisor del árbol de levas (7 dientes emplazados diferentemente).

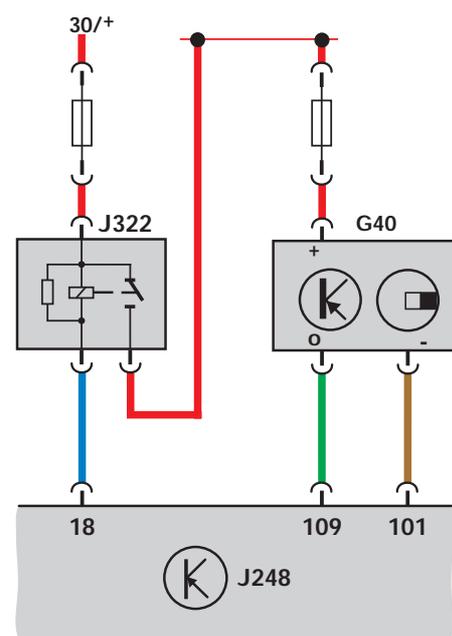
Utilización de la señal

La señal del sensor de posición del árbol de levas le sirve a la unidad de control del motor, al arrancar éste, para la identificación de los cilindros.

Efecto en caso de fallar la señal

En caso de fallar la señal, la unidad de control utilizará la señal del transmisor de número de revoluciones del motor G28.

Conexión eléctrica



SP36_52

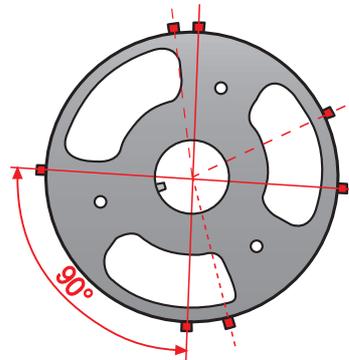
La identificación de cilindros al arrancar el motor

Al arrancar el motor, la unidad de control del mismo ha de identificar qué cilindro se encuentra en el tiempo de compresión, a fin de activar la correspondiente válvula para unidad bomba-inyector. Para ello, la unidad de control del motor procesa la señal del sensor de posición del árbol de levas, el cual palpa los dientes del piñón transmisor del árbol de levas y determina así la posición del árbol de levas.

El piñón transmisor del árbol de levas

Como el árbol de levas da una vuelta de 360° por ciclo de trabajo, en el piñón transmisor hay para cada cilindro un diente a una distancia de 90° .

A fin de asignar los dientes a los correspondientes cilindros, el piñón transmisor tiene un diente adicional para cada uno de los cilindros 1, 2 y 3, con diferentes distancias en cada uno de ellos.



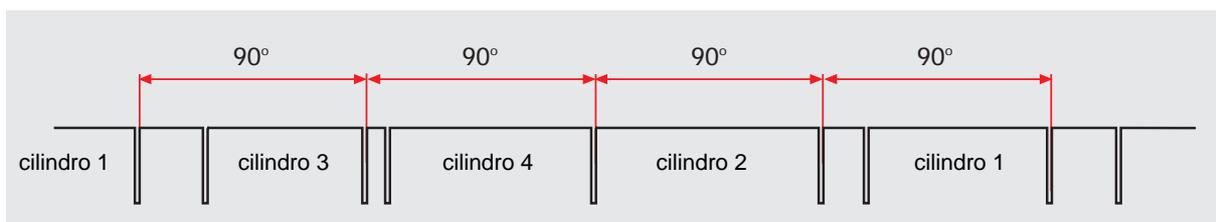
SP36_54

Funciona del siguiente modo:

Cada vez que un diente pasa por delante del sensor de posición del árbol de levas, se genera una tensión Hall que se transmite a la unidad de control del motor. Por razón de las diferentes distancias de los dientes, las tensiones Hall se presentan en diferentes períodos de tiempo.

Partiendo de ello, la unidad de control del motor identifica el cilindro en cuestión y así puede activar la correspondiente válvula para unidad bomba-inyector.

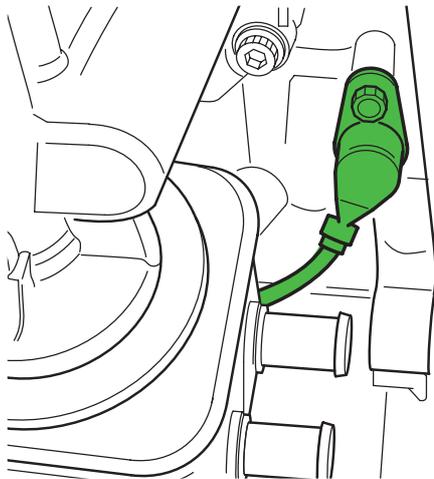
Imagen de la señal del transmisor Hall



SP36_55

Gestión del motor

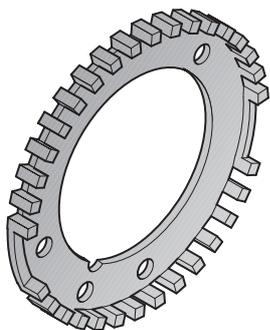
Transmisor de número de revoluciones del motor G28



SP36_46

El transmisor de número de revoluciones del motor es un transmisor inductivo. Se encuentra fijado al bloque de cilindros en el lado del volante.

Piñón transmisor de número de revoluciones del motor



SP36_46

El transmisor de número de revoluciones del motor explora un piñón transmisor que está fijado al cigüeñal. El piñón transmisor tiene en su perímetro 56 dientes y 2 huecos de 2 dientes cada uno. Los huecos están desplazados en 180° y sirven como marcas de referencia para determinar la posición del cigüeñal.

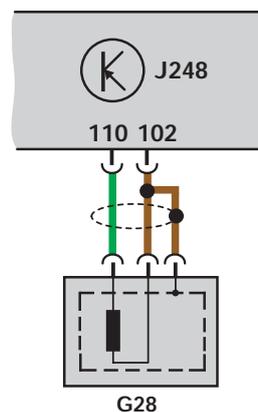
Utilización de la señal

Mediante la señal del transmisor del número de revoluciones del motor se registra el régimen del mismo y la posición exacta del cigüeñal. Con estas informaciones se calcula el momento de la inyección y el caudal de la misma.

Efecto en caso de fallar la señal

Si falla la señal del transmisor del número de revoluciones del motor, **éste se parará** y no se podrá hacer arrancar de nuevo.

Conexión eléctrica



SP36_48

Funcionamiento de la identificación del arranque rápido

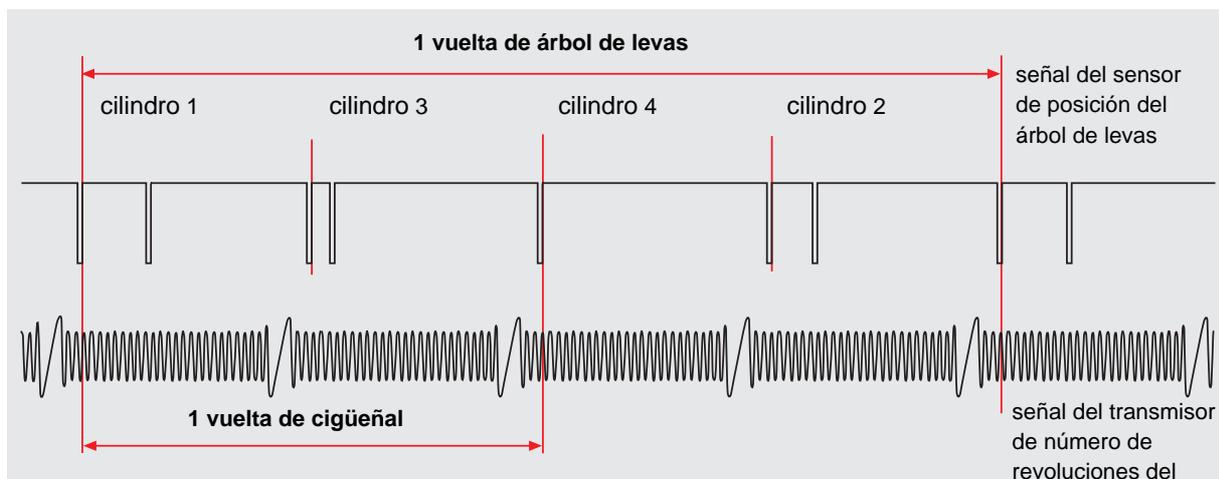
En el arranque, la unidad de control del motor procesa inmediatamente las señales del sensor de posición del árbol de levas y del transmisor de número de revoluciones del motor.

Con la señal del sensor de posición del árbol de levas, que explora el piñón transmisor del árbol de levas, la unidad de control del motor identifica los cilindros.

Mediante los 2 huecos en el piñón transmisor del cigüeñal, la unidad de control del motor recibe ya después de media vuelta del cigüeñal una señal de referencia.

De este modo, la unidad de control del motor identifica anticipadamente la posición del cigüeñal y puede activar la correspondiente válvula electromagnética, a fin de iniciar el proceso de la inyección.

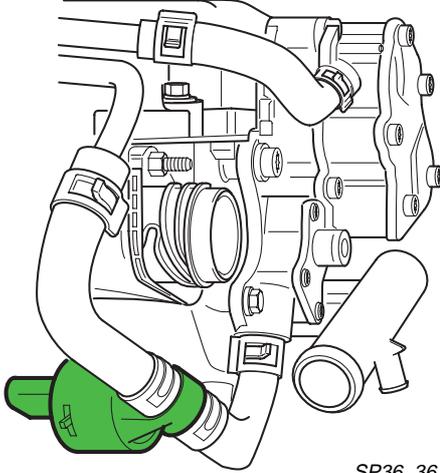
Imagen de la señal del sensor de posición del árbol de levas y del transmisor de número de revoluciones del motor



SP36_49

Gestión del motor

Transmisor de la temperatura del combustible G81



SP36_36

Utilización de la señal

El transmisor se encuentra en la tubería de retorno de combustible después de la bomba de combustible. Se determina la temperatura del combustible en un momento dado.

El transmisor es un termosensor con coeficientes negativos de temperatura (NTC).

La resistencia del sensor disminuye a medida que aumenta la temperatura del combustible.

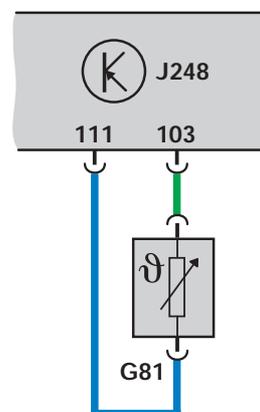
La señal sirve para identificar la temperatura del combustible.

La unidad de control del motor la necesita para calcular el comienzo del suministro y el caudal de inyección, a fin de tener en cuenta la densidad del combustible a diferentes temperaturas.

Efecto en caso de fallar la señal

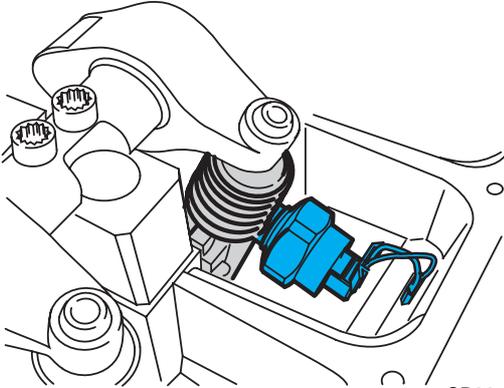
En caso de fallar la señal, la unidad de control del motor calculará un valor sustitutivo a partir de la señal del transmisor de temperatura del líquido refrigerante G62.

Conexión eléctrica



SP36_37

Válvula para bomba-inyector N240, N241, N242, N243



SP36_33

Comienzo del suministro

Cada unidad bomba-inyector posee una válvula, que está directamente fijada a dicha unidad. Las válvulas son electromagnéticas y están activadas por la unidad de control del motor.

Mediante estas válvulas, la unidad de control del motor regula el comienzo de suministro y el caudal de inyección.

Si se activa la válvula, se presionará la aguja de la válvula electromagnética en el asiento de ésta. Se cerrará la vía del conducto de alimentación de combustible a la cámara de alta presión de la unidad bomba-inyector. A continuación, comenzará la inyección.

Caudal de inyección

El caudal de inyección lo determina el tiempo de activación. Si la válvula está cerrada, se inyectará combustible en la cámara de combustión.

Efecto en caso de fallo

Si falla una válvula, la marcha del motor estará desequilibrada y disminuirá la potencia.

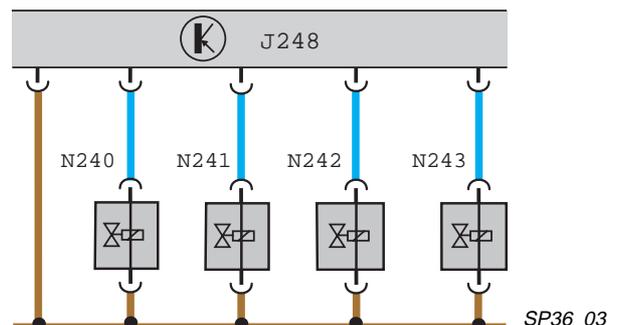
La válvula para bomba-inyector tiene una doble función de seguridad:

- Si la válvula permanece abierta, no se podrá generar presión en la unidad bomba-inyector.
- Si la válvula permanece cerrada, ya no se podrá llenar la cámara de alta presión de la unidad bomba-inyector.

En ambos casos, no se inyectará combustible en el cilindro.

Conexión eléctrica

J248	Unidad de control para sistema de inyección directa Diesel
N240	Válvula para bomba-inyector para cilindro 1 ... 4
... N243	



SP36_03

Gestión del motor

El control de la válvula para bomba-inyector

La unidad de control del motor controla el curso de la corriente de la válvula para bomba-inyector.

Para la regulación del comienzo del suministro, la unidad de control del motor recibe un acuse sobre el comienzo real del suministro. Se pueden detectar perturbaciones de funcionamiento de la válvula.

Proceso de funcionamiento

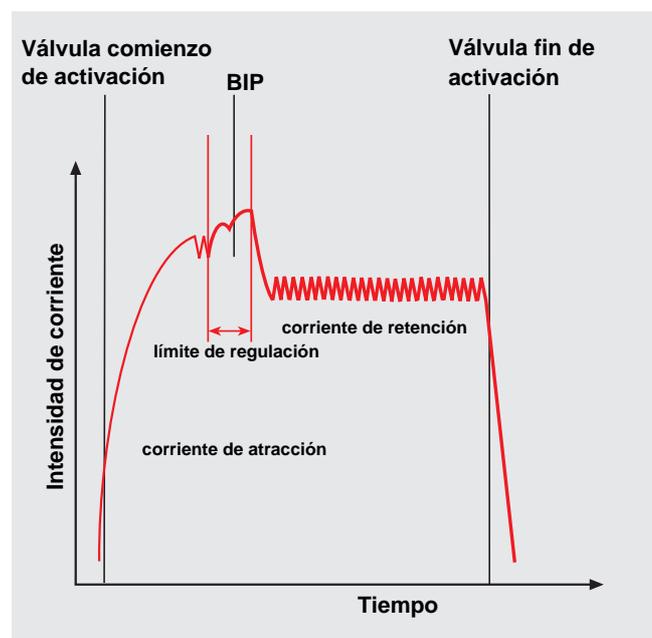
El proceso de inyección se inicia con la activación de la válvula para bomba-inyector. Al hacerlo, se genera un campo magnético, la intensidad de la corriente aumenta y la válvula se cierra.

Al chocar la aguja de la válvula electromagnética contra el asiento de la misma, llama la atención una inflexión en el curso de la corriente.

Esta inflexión se designa como **BIP** (abreviatura de "**B**eginning of **I**njection **P**eriod"; inglés = comienzo del período de inyección).

El BIP señala a la unidad de control del motor el cierre completo de la válvula para bomba-inyector y, de este modo, el momento de comenzar el suministro.

Curso de la corriente, válvula para bomba-inyector



SP36_50

Si la válvula está cerrada, la intensidad de la corriente disminuirá a una corriente de retención constante. Si se ha alcanzado la duración deseada de suministro, finalizará la activación y se abrirá la válvula.

El momento real de cierre de válvula lo registra la unidad de control del motor, a fin de calcular el momento de activación para la subsiguiente activación. Si el comienzo del suministro difiere del valor teórico memorizado en la unidad de control del motor, se corregirá el comienzo de activación de la válvula.

A fin de detectar perturbaciones de funcionamiento de la válvula, se explora y evalúa el sector en el que la unidad de control del motor espera el BIP. Este sector caracteriza el límite de regulación del comienzo de suministro. En caso de un funcionamiento exento de perturbaciones, el BIP aparece dentro del límite de regulación.

Si hay una perturbación de funcionamiento, el BIP aparecerá fuera del límite de regulación. En tal caso, se regulará el comienzo de suministro según valores fijos del diagrama característico; no será posible una regulación.

Ejemplo de una perturbación de funcionamiento

Si se encuentra aire en la unidad bomba-inyector, la aguja de válvula electromagnética tendrá una pequeña resistencia al cerrarse. La válvula se cerrará más rápidamente y el BIP aparecerá antes de lo esperado.

En este caso, el autodiagnóstico dará el aviso de avería:



Límite de regulación traspasado por debajo

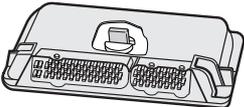
Gestión del motor

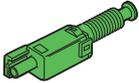
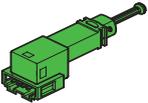
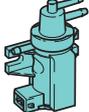
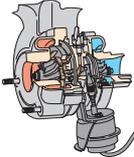


Nota:

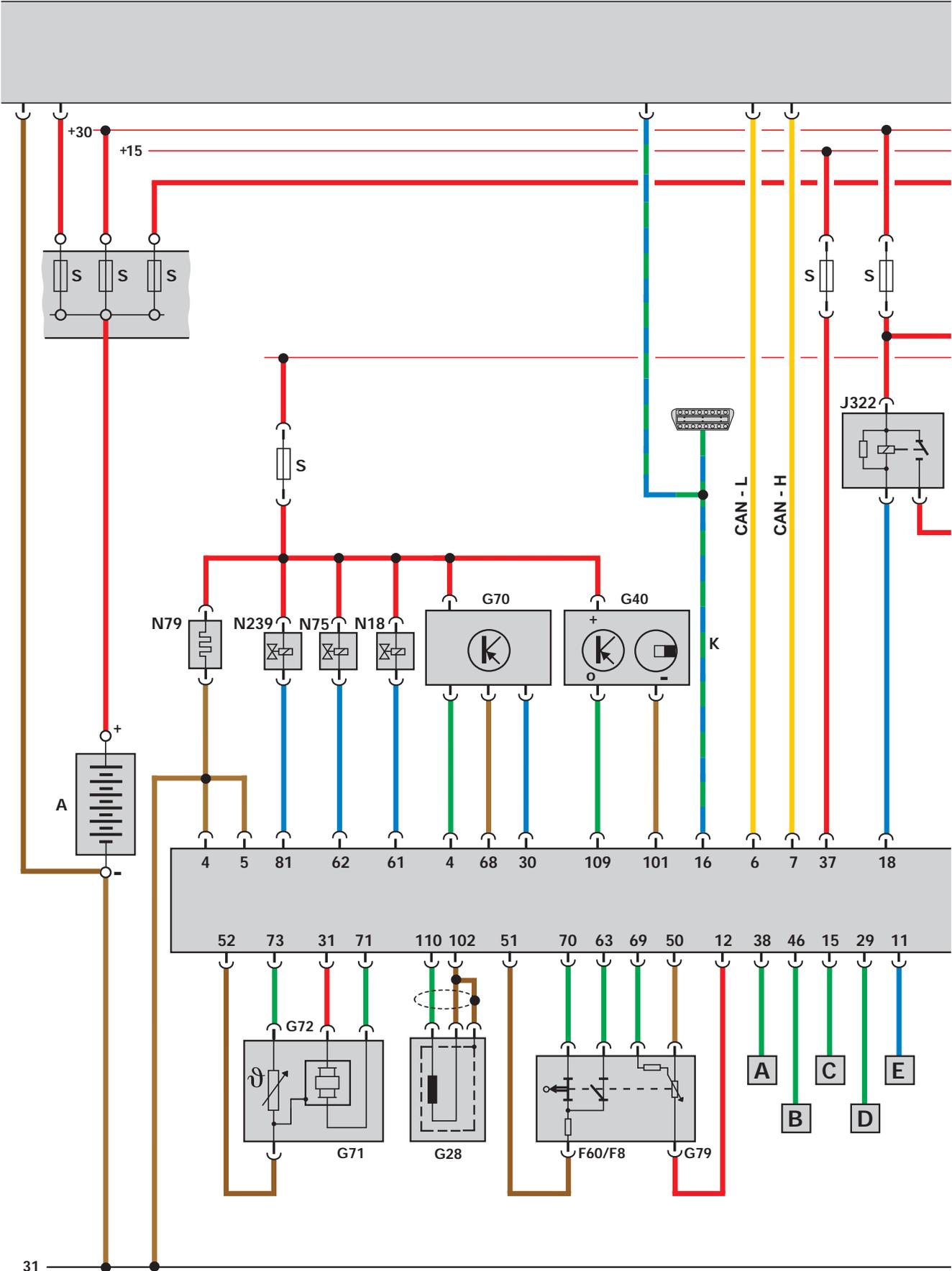
Para la regulación del motor de 1,9 l con el sistema de inyección bomba-inyector se siguen utilizando componentes de funcionamiento que también son similares a los existentes en el TDI de 1,9 l y 81 kW o 50 kW.

Sírvase utilizar para ello como información los programas autodidácticos ya existentes.

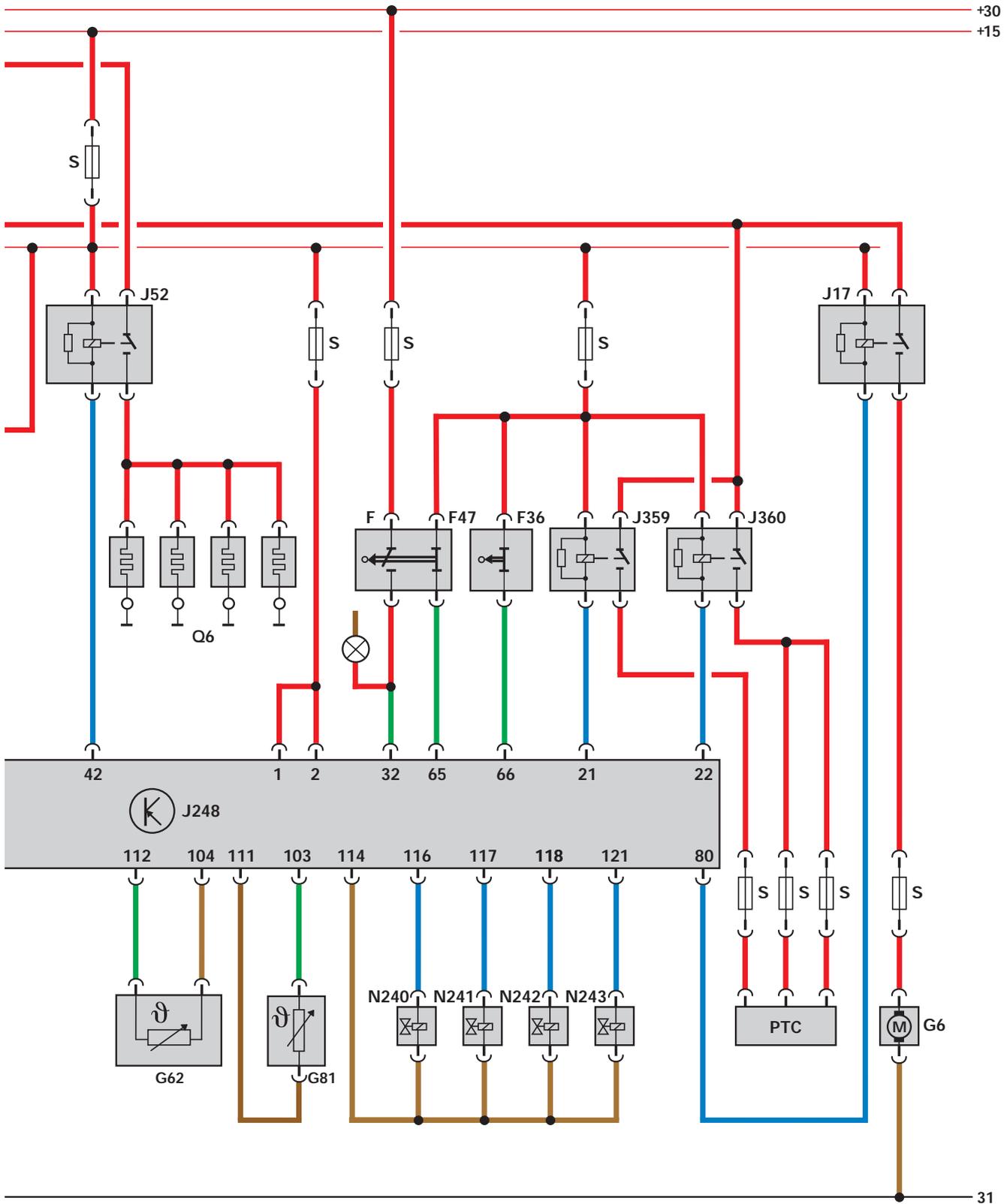
Componente de funcionamiento		Descripción de funcionamiento
 <p>SP36_38</p>	<p>Medidor de masa de aire G70 Determina la masa de aire aspirado en el colector de admisión.</p>	<p>SSP 16 SSP 23</p>
 <p>SP36_39</p>	<p>Transmisor de temperatura del líquido refrigerante G62 Información a la unidad de control del motor sobre la temperatura del líquido refrigerante en un momento dado.</p>	<p>SSP 16</p>
 <p>SP27_27</p>	<p>Transmisor de posición del pedal acelerador G79, F8, F60 Información (eléctrica) a la unidad de control del motor sobre la posición del pedal acelerador en un momento dado.</p>	<p>SSP 16 SSP 27</p>
 <p>SP36_40</p>	<p>Transmisor de presión G71 y temperatura G72 del colector de admisión Las señales sirven para limitar la presión de sobrealimentación.</p>	<p>SSP 16</p>
 <p>SP16_04</p>	<p>Transmisor de altitud F96 La señal le sirve a la unidad de control del motor para corrección en altitud de la regulación de la presión de sobrealimentación.</p>	<p>SSP 16</p>

Componente de funcionamiento		Descripción de funcionamiento
 <p>SP36_41</p>	<p>Conmutador de pedal de embrague F36 Influye sobre la regulación del caudal de inyección en el cambio de marcha (suavidad de funcionamiento).</p>	SSP 16
 <p>SP36_42</p>	<p>Conmutador de pedal de freno F y F47 Conecta las luces de freno y envía a la unidad de control el aviso "Freno accionado".</p>	SSP 16
 <p>SP36_58</p>	<p>Recirculación de gases de escape Al aire aspirado se le agregan contingentes de gases de escape. Disminuye el porcentaje de sustancias nocivas en los gases de escape.</p>	SSP 16
 <p>SP36_45</p>	<p>Válvula para recirculación de gases de escape N18 Regula la cantidad de gases de escape agregada al aire del exterior.</p>	SSP 16 SSP 22
 <p>SP36_59</p>	<p>Turbocompresor por gases de escape con álabes guía regulables. El aire precomprimido se impele en el cilindro.</p>	SSP 16 SSP 22
 <p>SP27_44</p>	<p>Válvula electromagnética para limitación de la presión de sobrealimentación N75 Limita la presión de sobrealimentación conforme al diagrama característico de presión de sobrealimentación.</p>	SSP 16 SSP 22
 <p>SP36_43</p>	<p>Chapaleta de colector de admisión N239 Impide, cerrando el colector de admisión, sacudidas al desconectar el motor.</p>	SSP 22

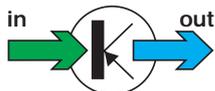
Esquema de funcionamiento



(K) J519



(E)



SP36_56

Esquema de funcionamiento

Leyenda del esquema de funcionamiento

Componentes

A	Batería
F	Conmutador de luz de freno
F8	Conmutador de kick-down (sobregás)
F36	Conmutador de pedal de embrague
F47	Conmutador de pedal de freno para GRA/sistema de inyección directa Diesel
F60	Conmutador de ralentí
G6	Bomba de combustible (bomba de suministro previo)*
G28	Transmisor de n° de revoluciones motor
G40	Sensor de posición del árbol de levas
G62	Transmisor de temp. líquido refrigerante
G70	Medidor de masa de aire
G71	Transmisor presión colector de admisión
G72	Transmisor temp. colector de admisión
G79	Transmisor posición pedal acelerador
G81	Transmisor de temp. del combustible
J17	Relé de bomba de combustible
J52	Relé para bujías de incandescencia
J248	Unidad de control para sistema de inyección directa Diesel
J322	Relé para sistema de inyección directa Diesel
J359	Relé para potencia calorífica baja
J360	Relé para potencia calorífica alta
J519	Unidad de control para red de a bordo
N18	Válvula para recirculación de gases de escape
N75	Válvula electromagnética para presión de sobrealimentación
N79	Reóstato de calefacción (respiradero del cárter cigüeñal)
N239	Válvula de conmutación para chapaleta de colector de admisión
N240	Válvula para bomba-inyector, cilindro 1
N241	Válvula para bomba-inyector, cilindro 2
N242	Válvula para bomba-inyector, cilindro 3
N243	Válvula para bomba-inyector, cilindro 4
Q6	Bujías de incandescencia (motor)
S	Fusibles

Señales adicionales

-  Alternador DFM
-  Conmutador para GRA con./descon.
-  Calefacción PTC con.
-  Señal de velocidad de marcha
-  Funcionamiento por inercia del ventilador del radiador

Codificación de colores/leyenda

-  = señal de entrada
-  = señal de salida
-  = polo positivo de batería
-  = masa
-  = bus de datos CAN
-  = conexión para diagnóstico



*** Nota:**
Algunos modelos se han fabricado al comienzo de la serie sin bomba de suministro previo.

El esquema de funcionamiento representa un esquema de circuitos eléctricos simplificado. Muestra todos los enlaces de la gestión de motor EPC 15 P.

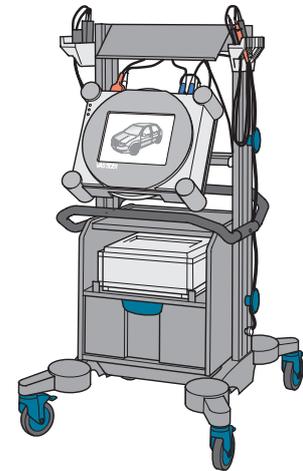
Autodiagnóstico

La unidad de control para el sistema de inyección directa Diesel está provista de una memoria de averías.

Código de dirección 01 - Electrónica del motor

Las siguientes funciones se pueden leer con el sistema de diagnóstico del vehículo, medición e información VAS 5051 o con el comprobador de sistemas del vehículo V.A.G 1552:

- 01 - Consultar versión de unidad control
- 02 - Consultar la memoria de averías
- 03 - Diagnóstico de elementos actuadores
- 04 - Iniciar el ajuste básico
- 05 - Borrar la memoria de averías
- 06 - Finalizar la emisión
- 07 - Codificar la unidad de control
- 08 - Leer el bloque valores de medición



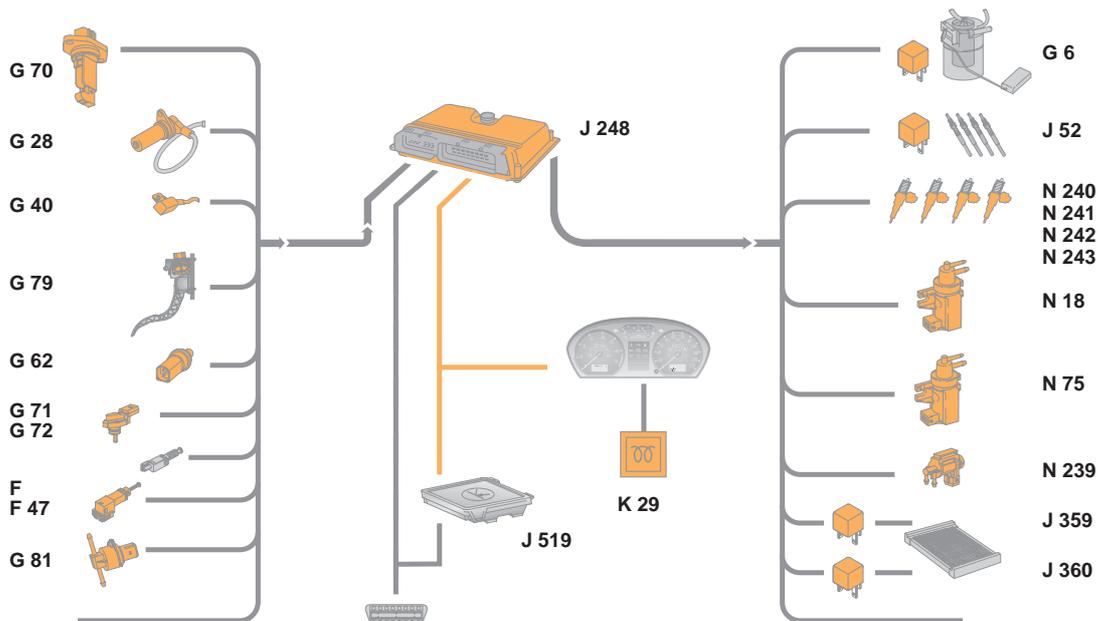
SP33_73

En la función 02 - Consultar memoria de averías - tienen salida eventuales averías de todos los componentes marcados en color.



Nota:
El motor ha de funcionar en ralentí.

Leyendas de los componentes: véase bajo el esquema de funcionamiento.



SP36_57

Mecánica del motor

En el sistema de inyección bomba-inyector se originan mayores presiones de combustión que en el motor Diesel convencional.

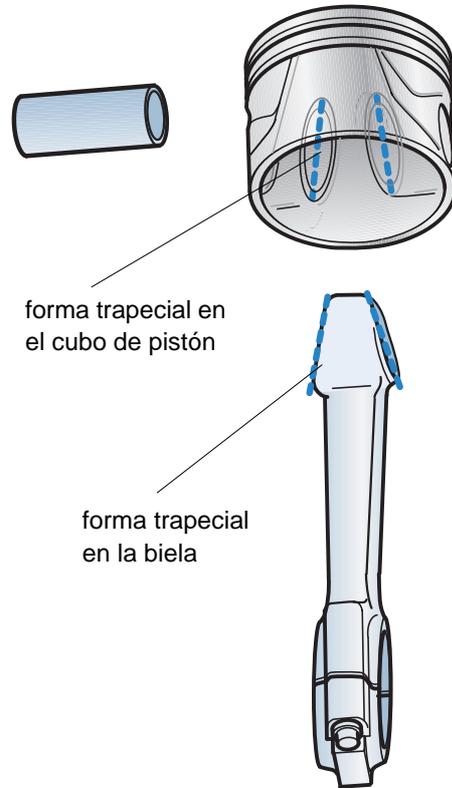
Esta circunstancia trae consigo una modificación de la geometría en el pistón y biela:

Pistón trapecial y biela trapecial

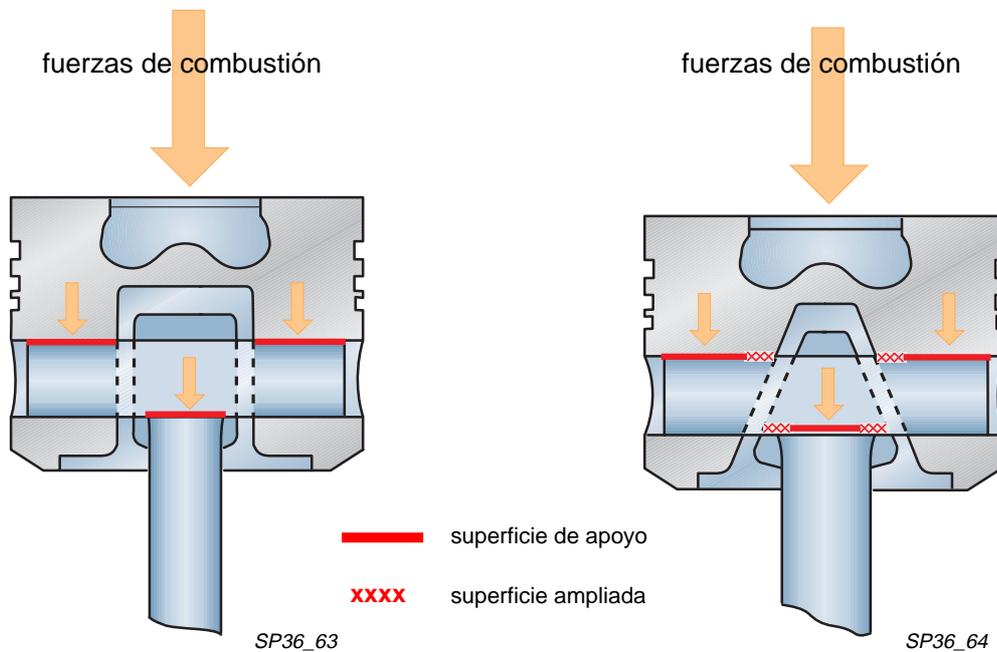
El cubo de pistón y el ojo de biela tienen forma trapecial.

En comparación con la unión convencional entre pistón y biela, mediante la forma trapecial aumenta la superficie de apoyo del ojo de biela y cubo de pistón en el bulón de pistón.

Gracias a la distribución de las fuerzas de combustión en una superficie mayor, el bulón de pistón y la biela están sometidos a menor carga.



SP36_65



Distribución de fuerzas en un pistón y biela de forma paralela

Distribución de fuerzas en un pistón y biela de forma trapecial

Refrigeración del pistón

Para la refrigeración del pistón se desvía, como ya se conoce, una pequeña parte del aceite lubricante del circuito de aceite y se rocía con él directamente el interior del pistón.

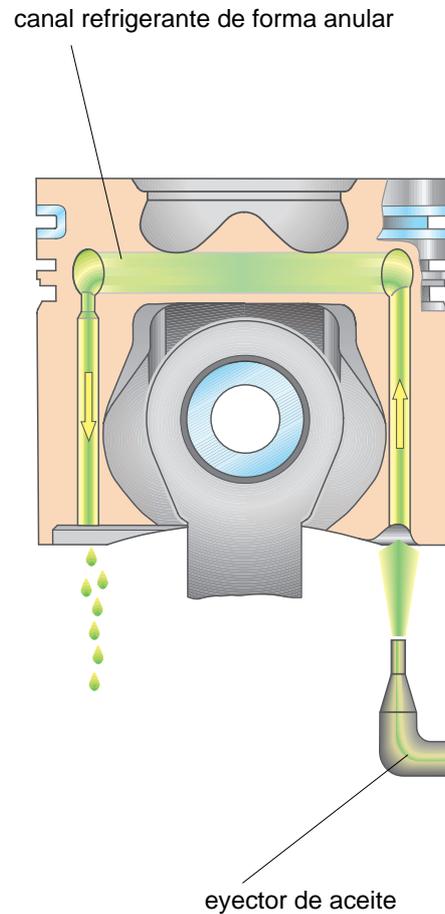
Para ello, en la zona debajo de cada pistón en el cilindro existe un eyector de aceite de firme carcasa que recibe a través de un canal el aceite directamente de la bomba.

A fin de reducir la temperatura del pistón en la zona de los aros y en el borde de la cavidad, el pistón está provisto ahora adicionalmente en esta zona de un canal refrigerante de forma anular.

Ahora el aceite ya no se proyecta hacia la pared interior del pistón, sino que, en el punto muerto inferior, el eyector se sumerge en la ampliación en forma de embudo del orificio de alimentación.

En el pistón se hace entrar por fuerza el aceite en un pequeño circuito y vuelve a gotear del pistón hacia abajo.

A través del canal refrigerante, el aceite de rociado enfría el pistón de dentro hacia fuera.



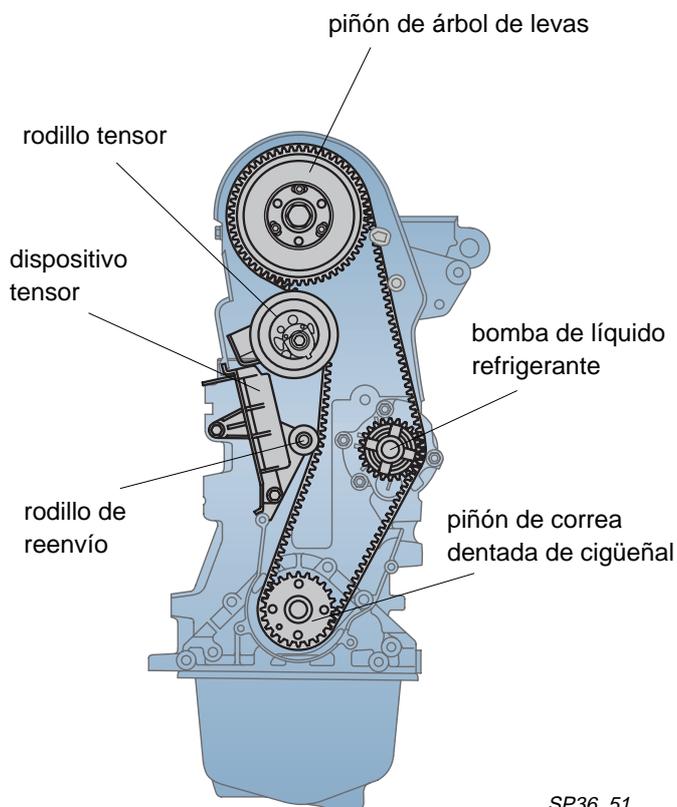
Mecánica del motor

El accionamiento de la correa dentada

Para generar una presión de inyección de hasta 205 MPa (2050 bares) se requieren elevadas fuerzas de bombeo, las cuales constituyen una fuerte carga a soportar por los componentes que accionan la correa dentada.

A fin de aliviar el esfuerzo de la correa dentada, se han aplicado unas eficaces medidas de diseño:

- En el piñón del árbol de levas se encuentra un antivibrador que reduce las vibraciones en el accionamiento de la correa dentada.
- Se ha aumentado en 5 mm la anchura de la correa dentada, con lo que se pueden transmitir fuerzas más elevadas.
- Un dispositivo tensor para correa dentada proporciona una tensión uniforme en caso de diferentes estados de carga.
- El piñón de correa dentada del cigüeñal tiene 2 pares de huecos de diente aumentados, a fin de reducir el desgaste de la correa dentada.



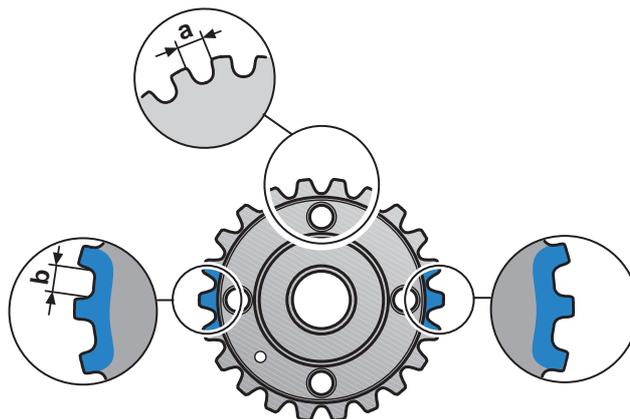
SP36_51

Al generar elevadas altas presiones de inyección, la correa dentada sufre una pequeña dilatación a consecuencia del elevado esfuerzo a soportar.

A fin de aliviar la correa dentada de este esfuerzo durante el proceso de la inyección, el piñón de correa dentada del cigüeñal tiene en dos puntos de su perímetro, desplazados en 180°, 2 huecos de diente sucesivos en cada punto, los cuales son de mayor tamaño en comparación con los demás huecos.

De este modo, los dientes de la correa dentada dilatada engranan en el hueco más grande y no golpean ningún diente del piñón de correa dentada del cigüeñal.

- a - anchura normal de hueco
- b - anchura aumentada de hueco



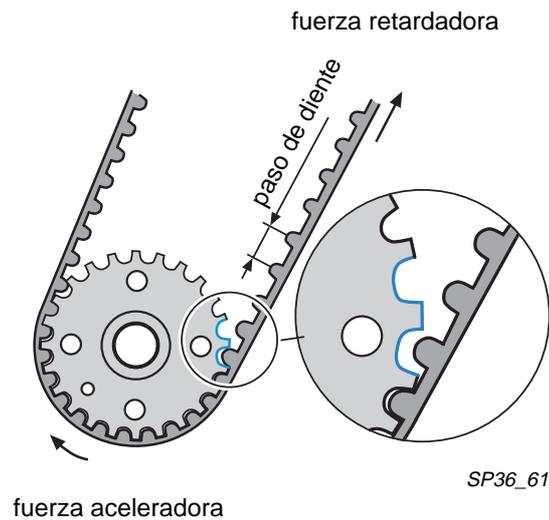
SP36_50

Proceso de funcionamiento

Durante el proceso de la inyección, la correa dentada está sometida a grandes esfuerzos a causa de las elevadas fuerzas de bombeo. El piñón del árbol de levas sufre un retardo ocasionado por las fuerzas de bombeo; al mismo tiempo, la combustión iniciada acelera el piñón de correa dentada del cigüeñal. Con ello se alarga la correa dentada y el paso de los dientes es mayor temporalmente.

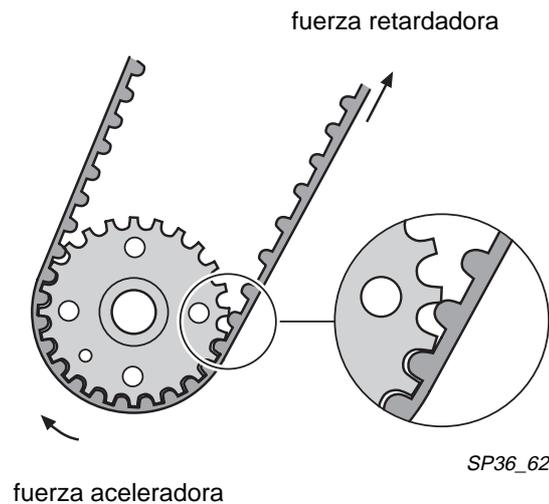
Por razón del orden de encendido, este proceso se presenta periódicamente, de modo que cada vez engranan los mismos dientes en la correa dentada.

En estos puntos, el piñón de correa dentada del cigüeñal tiene huecos de diente aumentados y, por tanto, también mayor juego entre correa dentada y piñón. De este modo se compensa el paso modificado de los dientes y se reduce el desgaste de la correa dentada.



En un piñón de correa dentada del cigüeñal con huecos de diente uniformes, los dientes de la correa dentada golpearían los cantos de diente del piñón de correa dentada del cigüeñal en caso de estar la correa dentada sometida a elevadas fuerzas de bombeo.

Consecuencia de ello sería mayor desgaste y menor vida útil de la correa dentada.



Compruebe Ud. sus conocimientos

¿Qué respuestas son correctas?
A veces, sólo una.
Pero quizás también más de una - ¡o todas!



SP36_68

1. Un motor con sistema de inyección bomba-inyector
 - A. tiene en cada cilindro una unidad bomba-inyector,
 - B. trabaja con elevada presión de inyección, lo que proporciona una buena combustión,
 - C. tiene, en comparación con un motor con bomba de inyección rotativa, un aprovechamiento más elevado de la potencia y menor emisión de sustancias nocivas.

2. Cada unidad bomba-inyector posee una válvula,
 - A. es una válvula accionada electromagnéticamente y activada por la unidad de control del motor,
 - B. que se abre para la inyección principal,
 - C. que se cierra para la inyección principal.

3. El émbolo de bomba en la unidad bomba-inyector
 - A. lo acciona directamente la leva de bomba,
 - B. lo acciona el árbol de levas mediante balancín de rodillo,
 - C. lo regula la válvula electromagnética.

4. La alimentación de combustible del depósito al motor se efectúa mediante
 - A. los émbolos de bomba,
 - B. una bomba de combustible eléctrica,
 - C. una bomba de suministro previo eléctrica y una bomba de combustible mecánica.

5. La inyección previa finaliza mediante
- A. la válvula para bomba-inyector,
 - B. el émbolo de desvío,
 - C. la amortiguación de la aguja de inyector.
6. ¿Qué tareas tiene la refrigeración de combustible?
- A. Se impide que el depósito de combustible, la bomba de combustible eléctrica y el transmisor indicador del nivel de combustible se dañen a causa de un combustible demasiado caliente.
 - B. Mediante el combustible enfriado, disminuye la temperatura de combustión.
 - C. Mediante la refrigeración del combustible, éste se reparte uniformemente en el tubo distribuidor a los cilindros.
7. El sensor de posición del árbol de levas G40 ...
- A. ... determina el número de revoluciones del motor,
 - B. ... sirve para la identificación de los diferentes cilindros,
 - C. ... sirve exclusivamente para la identificación del 1er cilindro.
8. En caso de fallar la señal del
- A. transmisor de número de revoluciones G28
 - B. sensor de posición del árbol de levas G40
 - C. transmisor de la temperatura del combustible G81

el motor se queda parado y no se puede hacer arrancar de nuevo.

Soluciones
1. A, B, C; 2. A, C; 3. B; 4. C; 5. B; 6. A; 7. B; 8. A